

– РОЗДІЛ 3 ВОДНІ ТА ГРУНТОВІ ЕКОСИСТЕМИ –

УДК 574:556.631.437

**МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ ДОННИХ ОСАДКІВ ЯК  
КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА  
ГІДРОЕКОСИСТЕМИ**

*Альохіна Т.М.*

*ДНУ «Відділення морської геології та осадового  
рудотворення» НАН України*

*Alohkina@gmail.com*

В статті представлені результати досліджень содержания магнитных частиц и определения магнитных свойств донных осадков, которые рассматриваются в контексте оценки антропогенно-техногенного загрязнения гидроэкосистем.

Украина относится к государствам с наибольшей добычей железной руды, а Криворожский железорудный бассейн – характерный пример длительной и масштабной разработки железорудных месторождений, где на протяжении последних 125 лет было добыто 2,2–2,8 млрд. т химически чистого железа. Длительная и широкомасштабная техногенная деятельность человека в этом регионе резко отразилась на гидросфере: в составе отложений рек, протекающих по данной территории, содержатся частички металлургических шлаков, шламов, хвостов обогащения и других отходов, для которых характерны четко выраженные магнитные свойства.

На основании многочисленных литературных данных показано, что определение магнитных свойств является удобным, дешевым, быстрым и информативным методом изучения техногенного загрязнения речных и морских отложений.

*Гидроэкосистемы, донные осадки, магнитные свойства, техногенное влияние.*

Існування в біосфері антропогенних об'єктів та явищ, аналогів яких не завжди можна знайти у природі, є реальністю сьогодення. Інструментом, за допомогою якого людство здійснює вплив на процеси, що відбуваються в біосфері, є технологічний спосіб виробництва, сукупність технологій [21].

Визначення ступеню впливу діяльності людини на формування донних осадків, безумовно, складне питання, вирішенню якого присвячено чимало робіт [1, 12, 21, 22, 34]. Існують регіони, де вплив антропогенно-техногенного фактору надзвичайно високий, що детермінує формування нового типу донних осадків – техногенних, які суттєво відрізняються від природних. Так, Є.П. Янін зазначає: «Можна вважати, що техногенні відкладення, які формуються в річищах річок

промислово-урбанізованих районів, являють собою специфічний техногенний вид руслового алювію і є новим типом сучасних осадочних утворень» [40].

Донні осадки річок, які є елементом верхньої частини розрізу літосфери та нижньою частиною гідросфери, несуть інформацію про будову, склад, умови формування річкових долин та водозбірної території. У зонах значного антропогенного впливу, на територіях промислових та, особливо, гірничо-видобувних центрів, до природних джерел седиментаційного матеріалу у великих обсягах додається техногенний, який надходить із стічними водами, поверхневим стоком, шляхом безпосереднього переміщення до річкового русла матеріалу, складованого у береговій зоні. При цьому техногенна складова включається у загальні цикли міграції та седиментації осадочної речовини. Алювіальні осадки у зонах техногенного впливу та нижче за течією – це сукупність часток природного та неприродного походження [1, 6, 21, 22, 24, 27].

Найбільш широко розповсюдженими типами техногенних компонентів осадку є уламки будівельних матеріалів, шлакові частки, штучні матеріали (полімери, скло, гума), вугілля, металеві частки та кульки. Останні відіграють особливу роль серед часток антропогенного походження, оскільки є найбільш розповсюдженим штучним компонентом донних відкладень [6, 7, 24, 27, 28]. Крім того, даний тип техногенного матеріалу донних осадків не тільки легко ідентифікується завдяки своїм магнітним властивостям, але й дозволяє районувати та стратифікувати відкладення у водних об'єктах [4, 16, 17, 31].

### **Результати та їх обговорення**

Джерелами техногенних магнітних кульок є переважно підприємства металургійного, коксохімічного виробництва, металообробки. Крім того, вони є компонентами попелу теплових електростанцій, що використовують тверде паливо (вугілля, торф), можуть утворюватися при зварювальних роботах та інших технологічних процесах. Магнітні кульки широко представлені у сучасних алювіальних осадках регіону Уралу, відомому розвинутою гірничо-видобувною та метало-переробною промисловістю. Значну кількість магнітних часток виділено з донних осадків річок Пермі, Єкатеринбургу, Нижнього Тагілу, Чусового, Губахи [7, 24, 27, 28]. Хімічний склад магнітних кульок має відмінності в залежності від типу виробництва, продуктом якого вони є, та подальшого перетворення їх в умовах

гідроекосистем. Зокрема, певна частка токсичних хімічних елементів (Pb, Mn, Zn, Sb, As, Cd) здатна переходити в іонну форму, забруднюючи, таким чином, природні води [6–8, 11, 12, 14, 22, 34, 40, 41].

Визначення інтенсивності антропогенного впливу, просторового районування та моніторингу рівня забруднень, використовуючи визначення вмісту магнітних часток та магнітних властивостей донних осадків, стає широко вживаним методом екологічних досліджень.

Бурхливий розвиток промисловості Китаю, що відбувається протягом останніх десятиріч, привертає все більше уваги в аспекті забруднення гідроекосистем найбільших річок та прибережних районів. Китай постачає величезну масу теригенних осадків до окраїнних морів Східної Азії та північно-західної частини Тихого океану, що обумовлює значний вплив на морське осадконакопичення, первинну продукцію та, загалом, біогеохімічні цикли [5, 8, 25, 33, 41]. Із метою визначення та порівняння магнітних властивостей у різних середовищах седиментогенезу була проведена низка досліджень, що охопила річкові системи – Янцзи та Хуанхе, верхній шар ґрунту лесових плато, піски пилових буревіїв та пустелі Такла-Макан [5]. Встановлено, що осадок річки Янцзи характеризується найбільшим вмістом магнітних мінералів, осадок річки Хуанхе містить їх значно меншу кількість, тоді як пісок пустелі має найнижчі концентрації магнітних часток та крупний розмір зерен. Магнітні властивості осадку Янцзи, у першу чергу, обумовлюються різноманіттям літології в її величезному водозбірному басейні, у той час як поступове збільшення магнітних параметрів осадку Хуанхе обумовлюється розміром зерен, які зменшуються на шляху до пониззя. Точкове дослідження у гирловій ділянці річки Янцзи у 2008 році [8] визначило вміст магнітних часток та геохімічний склад субаквальних осадків і їх зміни протягом понад останні 50 років. Керн, довжиною 236 см, датований за рівнем активності  $Cs^{137}$ , в діапазоні від 140 см і вище, визначив середню швидкість осадження у 3,11 см/рік. Вміст важких металів та часток із магнітними властивостями збільшувався із підйомом вздовж керну, демонструючи збагачення в верхніх шарах осадку. Геохімічні та гранулометричні аналізи демонструють, що джерела та розмір осадку відіграють не надто важливі ролі у змінах магнітних властивостей. Діагенез, який може призводити до селективного видалення магнітних компонентів, був відзначений у нижній частині керну (140–236 см).

Континентальний шельф Східно-Китайського моря, у районі гирла Янцзи, є складною осадовою системою, що характеризується специфічними гідродинамічними умовами та значною мінливістю текстури осадків. Вивчалися гранулометричні, геохімічні та екологічні магнітні властивості поверхневого шару осадків задля визначення просторових варіацій складу наносів. У результаті досліджень було виділено 4 зони: внутрішня частина гирла р. Янцзи, район із реліктовими пісками, перехідна зона та північна зона. Внутрішня зона субаквальних осадків відзначається найбільшим вмістом феромагнітних часток та найбільшим ступенем їх обкатаності, що відповідає сортуванню наносів під час транспортування їх рікою. Сильно виражені магнітні властивості осадків північної зони найвірогідніше обумовлюються сильним впливом р. Хуанхе. Отримані результати дають змогу оцінити ступінь впливу Янцзи на склад та характеристики осадків шельфу Східно-Китайського моря та закладають підвалини довгострокового моніторингу цього важливого окраїнного регіону [33].

На підставі вивчень магнітних та хімічних параметрів донних осадків водосховищ, що розташовані в районі м. Лінфень (Китай, провінція Шаньсі), було успішно реконструйовано історію забруднень атмосферного повітря великого промислового регіону Китаю. Для цього аналізувалися керни донних осадків, які порівнювалися із наявними даними щодо атмосферних забруднень. Рівняння регресії між магнітними властивостями осадків, їх хімічними параметрами та даними моніторингу атмосфери дали змогу максимально повно реконструювати історію забруднень повітря цього регіону [25].

Дослідження магнітних властивостей та вмісту вуглеводнів у кернах, що були добуті із північно-східного узбережжя Тамілнаду (Бенгальський залив, Індія), виявили на глибинах вище 35 та 50 см (в залежності від керну) статистично вірогідне збільшення вмісту магнітних часток, що вказує на надлишок антропогенного навантаження в недалекому минулому. Поступове збільшення вмісту магнітних часток у верхніх частинах осадочних кернів є результатом наявності феромагнітних мінералів техногенного походження. Дане дослідження свідчить, що замість високовартісних хімічних методів, визначення магнітних властивостей є зручним, дешевим, швидким та інформативним методом вивчення техногенного забруднення морських відкладень [36, 37].

Магнітні властивості осадків гирлової ділянки річки Мандові (західна Індія) досліджували із 7 кернів. Максимальні значення досліджуваних показників реєструвалися у верхньо-середній частині гирлової ділянки і були у 6 разів вищими, ніж у нижній частині гирла ріки. Мінералогічні дослідження визначили домінування у верхньо-середній частині гирла гематиту та гетиту, тоді як у нижній – переважає магнетит. Коефіцієнт збагачення та індекс накопичення металів означили значне забруднення Fe та Mn у відкладеннях [30].

У пробах донних осадків, відібраних на Малайському півострові, Суматрі, Борнео, Лусоні та Тайвані, було досліджено низку магнітних властивостей: низькопольову магнітну сприйнятливість, ізотермічну та залишкову намагніченість та інші, а також здійснено мінералогічний аналіз. Магнітна фракція осадку представляє собою суміш гематиту, магнетиту та піротину у різних пропорціях в залежності від регіону. Зазначено, що в теперішній час магнітна фракція основних річкових осадків, що надходять із теригенним стоком до Південно-Китайського моря, достатньо повно охарактеризована та може використовуватись у якості індикатора техногенних забруднень [3].

На основі великої кількості зразків (216) сучасних відкладень було проаналізовано зміни магнітних властивостей у 6-ти чітко датованих (за Cs<sup>137</sup>) кернах, відібраних із середньої та північної частини Тайванської протоки. Відмінності у літології Тайваню (переважання піротину та магнетиту) та південно-східного Китаю призводять до утворення різних за мінералогічним складом осадків, що отримані з двох берегів Тайванської протоки. Було підраховано, що надходження теригенних осадків з Тайваню значно збільшилося за останні 5 десятиліть, що чітко корелює із екстенсивним землекористування [9].

Проби із 25 заплавлених профілів донних відкладень 7-ми річок східної Чехії та 3-х річок на північному заході Англії були відібрані задля аналізу гіпотези стосовно посилення магнітних властивостей в сучасних донних осадках переважно антропогенного походження, а також можливості їх застосування для вивчення довгострокових екологічних змін. Магнітні кульки в донних осадках, що частіше за все, утворюються за рахунок згорання викопних видів палива (рис. 1), фіксували за допомогою скануючої електронної мікроскопії.

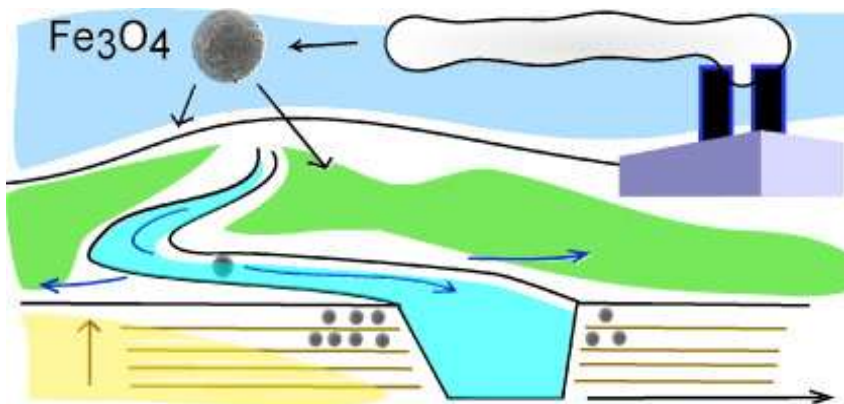


Рисунок 1 – Схематичне зображення антропогенного надходження магнітних кульок до гідроекосистем [10]

Figure 1 – The schematic representation of anthropogenic emission of magnetic spherules to hydroecosystem [10]

Для оцінки можливості магнітних властивостей осадків виступати у якості хронометру, їх порівнювали із іншими вживаними методами датування: концентрацією важких металів та  $Cs^{137}$ . Досліджені заплавні профілі було поділено на 3 групи: перша група, до якої надійшла більша кількість профілів, найбільш повно віддзеркалювала виробничу історію регіонів і корелювала із іншими методами датування. До другої групи надійшли профілі, що не давали чіткої картини ні за глибиною, ні за показниками. Всі профілі із Англії були включені до третьої групи, тому що їх магнітні властивості знаходились під впливом природних джерел магнітних часток, а також більш довгої промислової історії регіону. Загалом, було визначено, що магнітні параметри є ефективними та достовірними критеріями оцінки річкових наносів та осадків [10, 31, 34].

Екологічне дослідження р. Сіна та її приток (Франція) за допомогою методів, що успішно себе зарекомендували (визначення магнітних параметрів алювіальних відкладень), проводили із метою простежити геологічні та антропогенні процеси та ідентифікувати сліди денудації, регіонального розподілу зважених часток у порівнянні із антропогенним впливом. Була здійснена хімічна класифікація кожного типу магнітних часток та визначено основні тенденції їх накопичення, місцеві особливості внеску окремих приток Сіни у загальний теригенний винос. Застосований міждисциплінарний підхід дає

можливість кращого розуміння гідрологічних та седиментаційних процесів у крупних річкових системах, що в свою чергу має вирішальне значення для нашого розуміння взаємозв'язку між геологією, гідрологією та екологією річкових систем [12, 13, 16].

Визначення ступеню впливу антропогенної діяльності людини на гідро- та геосистеми за допомогою показників вмісту магнітних часток, кульок та їх властивостей сьогодні вважається достовірним методом екологічних досліджень як з метою моніторингу забруднень, так і просторового їх районування.

Особливим місцем серед територій, у яких донні осадки значно «збагачені» магнітними компонентами є гірничо-видобувні регіони. Варто зауважити, що природні сильні магнітні властивості притаманні, у першу чергу, мінералам, у яких міститься залізо. Серед останніх є мінерали, що мають сильні магнітні властивості (магнетит, титаномагнетит) та слабкомагнітні властивості (гематит, лімоніт, сидерит, піротин та інш.); більшість силікатів заліза не мають чітко виражених магнітних властивостей. У природних умовах мінерали заліза можуть надходити до гідросистем з кори вивітрювання, де переважають слабко- та немагнітні мінерали. Значне збільшення мінералів з сильними магнітними властивостями з горизонтів, розташованих нижче кори вивітрювання, або постійне їх надходження у гідросистему свідчить про їх техногенне походження, оскільки потрапити до річкової системи вони можуть лише внаслідок технологічних процесів видобутку та збагачення залізних руд [2, 12, 22, 23, 27, 34, 38].

Залізна руда видобувається майже в 50 державах. Найбільший видобуток припадає на 10 держав, серед яких Китай, Австралія, Бразилія, Російська Федерація, Індія, Україна та інші. У 2001 році Україна посідала шосте місце, випередивши за видобутком США [35]. Виробництво залізорудної сировини в Україні складало 55 млн. т або 6 % від світового виробництва. На кінець 2014 року Україна зайняла 5-ту сходинку у рейтингу видобувачів залізної руди, утримуючи видобуток протягом 2013 та 2014 років на рівні 82 млн. т [26].

Специфікою України є різке домінування відходів, що утворюються при розробці родовищ корисних копалин (до 75 % загального обсягу) та збагаченні (13–14 %) [18–21, 29]. На поверхні Землі у відвалах та шламосховищах утворилися техногенні геохімічні аномалії, що складаються з відходів збагачення природної мінеральної або некондиційної сировини, порід верхньої частини земної кори, які поки що не знаходять

застосування в економіці. Подрібнені гірські породи, що були видобуті із надр і розташовані на поверхні, піддаються гіпергенним змінам під впливом різних природних чинників. Техногенні геохімічні аномалії, створені таким чином, характеризуються збільшеними, у порівнянні з фоновими, концентраціями хімічних елементів, в тому числі – небезпечних полютантів [19–23, 29]. Наведені оцінки об’ємів видобутку лише тільки залізної руди дають змогу зрозуміти, чому відбувається настільки стрімке зростання площ як на поверхні Землі, так і на морському шельфі, на яких розташовані полігони відходів, шламосховища, хвостосховища, відвали та інші техногенні утворення. У 60-ті роки їх площа складала 4,5 млн. км<sup>2</sup> (біля 3 % суші) [19], а у 2000 році, за даними «Гірничого бюро США», вже перевищувала 6,0 млн км<sup>2</sup> (біля 4 % суші) [35].

До характерних місць масштабної розробки залізних руд належить Криворізький залізорудний басейн – найбільший центр видобутку та переробки залізної руди в Україні. Територія, на якій із вузької меридіональної смуги, завширшки 1,0–3,0 км та довжиною 100–150 км, протягом останніх 125 років було видобуто 2,2–2,8 млрд. т хімічно чистого заліза [32].

Безумовно, тривала та широкомасштабна техногенна діяльність людини у цьому регіоні не могла не позначитись на усіх складових біосфери: літосфері, атмосфері, гідросфері. У складі осадку річок, що протікають даною територією, постійно зустрічаються продукти техногенного походження: часточки металургійних шлаків (рис. 2 А), шлаків (рис. 2 Б), хвостів збагачення та інших відходів. На півдні Криворізького залізорудного басейну алювій річки Інгулець перетворений на рудну граувакку – середньо-дрібнозернисті піски від темно-сірого до чорного кольору, що складаються з уламків магнетитових кварцитів і сланців. На відміну від часточок гематитових кварцитів та бурих залізників, що надходять з кори вивітрювання, в даних породах магнетит переважає над гематитом і гетитом, і вони мають чітко виражені магнітні властивості.

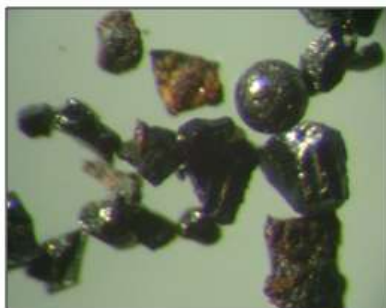
Мінерали заліза дуже поширені у сучасному осадку р. Інгулець. Дослідження останніх років виявили наявність і постійне зростання неприродних джерел постачання залізовмісних мінералів до річкових відкладів: відвалів, хвостосховищ, карт-відстійників, а також території промислових підприємств [2, 21–23]. Зерна техногенноперетворених (подрібнених, збагачених і переміщених) залізистих кварцитів – магнітні. Завдяки цьому на окремих ділянках річища до 57 % осадку потрапляє у магнітну



фракцію (рис. 3). Крім цього, донні осадки містять перемиті річкою продукти діяльності гірничих і металургійних комбінатів, що крім заліза, містять вюстит, магнетит, гематит, металургійне скло. Їх супроводжують металевий графіт, частинки шламів і шлаків, а також – мідь, бронза, сплави свинцю і олова, вогнетрива та інші промислові матеріали [15, 39]. Лише на відстані 30–40 км вниз за течією від Криворізького залізорудного басейну вірогідно знижується вміст магнітних часток, а на відстані  $\geq 50$  км – техногенні компоненти донного осадку починають набувати «природного» обкатаного вигляду.



А



Б

Рисунок 2 – Техногенні компоненти річкового осадку: А – частково обкатане пористе зерно металургійного шлаку, р. Інгулець, збільшення  $2^{\times}$ ; Б – магнетит, гематит, гетит і кулька металургійного шламу, р. Інгулець [22]

Figure 2 – Technogenic components of river's sediment: A – partly rounded porous grain of steel slag, r. Inhulets, magnification  $2^{\times}$ ; B – magnetite, hematite, goethite and spherule of steel slag, r. Inhulets [22]

Таким чином, результати масштабної індустріальної та аграрної діяльності людини докорінно змінили джерела живлення і характер твердого стоку вод на водозбірній площі багатьох річок. Природні системи «кора вивітрювання – річка» частково, а місцями – повністю, замінені потужними системами транспортування техногенно-змінених і техногенних матеріалів: «відвал–річка», «хвостосховище–річка», «шламсховище–річка», «промисловий пил–річка», «місто–річка» та іншими. Вони докорінно змінили стан довкілля взагалі і, зокрема, склад донних

річкових осадків, а подекуди – і прибережних шельфових ділянок. На окремих ділянках річищ відбулося збагачення алювію природними і техногенними мінералами заліза, а їх концентрація місцями перевершила кондиції низки залізородних родовищ [22, 39].



Рисунок 3 – Магнітна фракція осаду. Лівий берег р. Інгулець. Бінокуляр. Збільшення  $5^x$  [23]

Figure 3 – Magnetic fraction of sediment. The left bank of r. Inhulets. Binocular. Magnification  $5^x$  [23]

Ідентифікація антропогенної і, зокрема, техногенної складової у сучасних донних осадах та екологічні закономірності їх розповсюдження, певною мірою, дозволяють окреслити їх роль у сучасній геологічній історії. Це закладає підвалини залучення донних осадків як інтегральної складової до широкомасштабного моніторингу гідроекосистем, а визначення вмісту та властивостей магнітних часток використовувати як критерій оцінки техногенного впливу на екосистеми.

### **Висновки**

1. Технологічний спосіб виробництва призвів до формування нового типу донних осадків – техногенних, що суттєво відрізняються від природних. Широко розповсюдженими компонентами техногенних осадків є металеві частки та металеві

кульки, які легко ідентифікуються завдяки своїм магнітним властивостям.

2. Визначення ступеню впливу антропогенної діяльності людини на гідро- та геосистеми за допомогою показників вмісту магнітних часток, кульок та їх властивостей на сучасному науковому поступі вважається достовірним методом екологічних досліджень як з метою моніторингу забруднень у просторі, так і їх ідентифікації у часі.

3. Тривала та широкомасштабна техногенна діяльність людини у Криворізькому залізорудному регіоні істотно позначилась на гідросфері: на окремих ділянках річища Інгульця до 57 % осадку складає магнітна фракція.

4. На підставі даних численних літературних джерел показано, що визначення вмісту магнітних часток та магнітних властивостей є зручним, дешевим, швидким та інформативним методом вивчення техногенного забруднення річкових та морських відкладень, просторового масштабування забруднень, а також віддзеркаленням індустриальної історії регіонів.

#### *Література:*

1. Альохіна Т.М. Техногенні донні осадки як компонент сучасних гідроєкосистем / Т.М. Альохіна, А.О. Бобко // *Питання біоіндикації та екології.* – 2011. – Вип. 16(2). – С. 64–71.

*Alokhina T.M. Tekhnogeni donni osadki yak component suchasnikh gidroekosystem / T.M. Alokhina, A.O. Bobko // Problems of bioindications and ecology* – 2011. – Vol. 16(2). – P. 64–71.

2. Альохіна Т.М. Магнітна складова донних осадків як критерій техногенної трансформації гідроєкосистем гірничо-видобувних регіонів: мат. III Міжнародної науч. конф. 17–19 травня 2012 р. Херсон / Т.М. Альохіна, А.О. Бобко // *редкол.: С.В. Овечко (відп.ред.). – Херсон, вид-во: ПП Вишемирський В.С., 2012. – С. 192–195.*

*Alokhina T.M. Magnitna skladova donnikh osadkiv yak kriteriy tekhnogennoi transformatsii gidroekosistem girnicho-vidobuvnikh regioniv: mat.III Mejdunarodnoy nauch. konf. 17–19 travnya 2012 r. Herson / T.M. Alokhina, A.O. Bobko // Herson. – 2012. – P. 192–195.*

3. Cissel C. Magnetic signature of river sediments drained into the southern and eastern part of the South China Sea (Malay Peninsula, Sumatra, Borneo, Luzon and Taiwan) / Cissel C., Liu Z., Li J., Wandres C. // *Sedimentary Geology.* – 2017. – Vol. 347. – P. 10–20.

4. Chaparro M.A. Magnetic studies applied to different

*environments (soils and stream sediments) from a relatively polluted area in Buenos Aires Province, Argentina / [Chaparro M.A., Bidegain J.C., Sinito A.M., Jurado S.S., Gogorza C.S.] // Environ. Geol. – 2004. Vol. 45. – P. 654–664.*

5. Chao Li. *Magnetic properties of sediments from major rivers, aeolian dust, loess soil and desert in China / Chao Li, Shouye Yang, Weiguo Zhang // Journal of Asian Earth Sciences. – 2012. – Vol. 45(2). – P.190–200.*

6. Чекренов С.А. *Исследование донных отложений поверхностных водоемов и обезвреживание их от тяжелых металлов: автореф. дис. канд. хим. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 16 с.*

*Chekrenev S.A. Isledovanie donnikh otlojeniy poverkhnosnikh vodoyemov i obezvrezhivanie ikh ot tyajolikh metalov: autorepherat disertatsii kand. khim. nauk. – Sankt-Peterburg, 2009. – 16 p.*

7. Чекулаев В.В. *Исследование распространения тяжелых металлов в донных отложениях реки Уна: мат. Всероссийской науч.-тех. интернет-конференции «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов» / Чекулаев В.В., Симанкин А.Ф., Пискунов О.М. – 2010. – С. 28–32.*

*Chekulaev V.V. Isledovanie rasprostraneniya tyajolikh metalov v donnikh otlojeniyakh reki Ura: mat. Vserossiyskoy nauch.-tekh. konferentsii / Chekulaev V.V., Simankin A.F., Piskunov O.M. – 2010. – P. 28–32.*

8. Chenyin D. *A magnetic record of heavy metal pollution in the Yangtze River subaqueous delta / Chenyin D., Weiguo Z., Honglei M. // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 476–477. – P.368–377.*

9. Chorng-Shern Horng. *Magnetic properties as tracers for source-to-sink dispersal of sediments: A case study in the Taiwan Strait / Chorng-Shern Horng, Chih-An Huh // Earth and Planetary Science Letters. – 2011. – Vol. 309(1–2). – P. 141–152.*

10. Chudanicova M. *Environmental magnetism as a dating proxy for recent overbank sediments of (peri-)industrial regions in the Czech Republic and UK / Chudanicova M., Simon M. // Catena. – 2016. – Vol. 142. – P. 21–35.*

11. Desenfant F. *Magnetic signature of industrial pollution of stream sediments and correlation with heavy metals: Case study from south France / Desenfant F., Petrovsky E., Rochette P. // Water Air Soil Pollut. – 2004. – Volume 152. – P. 297–312.*

12. Evans M.E. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics / Evans M.E., Heller F. – Paris:*

*Academic*, 2003. – 365 p.

13. Franke C. *Magnetic particle characterization in the Seine river system: implications for the determination of natural versus anthropogenic input* / [Franke C., Kissel C., Robin E., Bonté P., Lagroix F.] // *Geochem. Geophys. Geosyst.* – 2009. – Vol. 10(8). – P. 234–244.

14. Georgeaud V.M. *Relationship between heavy metals and magnetic properties in a large polluted catchment: The Etang de Berre (south of France)* / [Georgeaud V.M., Rochette P., Ambrosi J.P., Vandamme D., Williamson D.] // *Phys. Chem. Earth.* – 1997. – Vol. 22(1–2). – P. 211–214.

15. Hrasna M. *Environmental Geology – the new branch of geologic sciences* / Hrasna M. // *Acta Geologica Univ.* – 1999. – № 54. – P. 66–68.

16. Jean Nizou. *Monitoring of dredged-dumped sediment dispersal off the Bay of the Seine (northern France) using environmental magnetism* / Jean Nizou, François Demory, Carole Dubrulle-Brunaud // *Comptes Rendus Geoscience.* – 2016. – Vol. 348(6). – P. 451–461.

17. Jordanova D. *Mineral magnetic characterization of anthropogenic magnetic phases in the Danube river sediments (Bulgarian part)* / Jordanova D., Hoffmann V., Fehr K. // *Earth Planet Sci. Lett.* – 2004. – Volume 221. – P. 71–89.

18. Колосов В.А. *Состояние и перспективы развития горнодобывающей промышленности Украины. Разработка рудных месторождений* / В.А. Колосов. – Кривой Рог, 2004. – С. 37–41.

Kolosov V.A. *Sostoyanie i perspektivi rozvitya gornodobivayushey promishlenosti Ukraini. Razrobotka rudnykh mestorozhdeniy* / V.A. Kolosov. – Krivoy Rog, 2004. – P. 37–41.

19. Котлов Ф.В. *Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека* / Ф.В. Котлов. – М.: Недра, 1978. – 264 с.

Kotlov F.V. *Izmenenie geologicheskoy sredi pod vliyaniem deyatelnosti cheloveka* / F.V. Kotlov. – M.: Nedra, 1978. – 264 p.

20. Крючков А.В. *Совершенствование технологии обогащения железистых кварцитов* / А.В. Крючков // *Горн. журнал.* – 2002. – № 12. – С. 9–10.

Kruchkov A.V. *Sovershenstvovanie technologii obogascheniya jelezistikh kvartsitov* / A.V. Kruchkov // *Main journal.* – 2002. – № 12. – P. 9–10.

21. Малахов И.Н. *Новая геологическая сила* / И.Н. Малахов. – Кривой Рог: *Видавничий дім «Україна»*, 2009. – 312 с.

*Malakhov I.N. Novaya geologicheskaya sila / I.N. Malakhov. – Krivoy Rog: Vidavniчий dim «Ukraina», 2009. – 312 p.*

22. Малахов І.М. *Методологічні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах / [Малахов І.М., Альохіна Т.М., Іванченко В.В., Бобко А.О.]. – Кривий Ріг: «Октан Принт», 2011. – 170 с.*

*Malakhov I.M. Metodologichni pitannya vivchennya transphormatsii geologichnogo seredovischa u girnicho-vidobuvnikh regionakh / [Malakhov I.M., Alokhina T.M., Ivanchenko V.V., Bobko A.O.]. – Krivoy Rog: «Oktant Print», 2011. – 170 p.*

23. Малахов І.М. *Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізорудного басейну / [Малахов І.М., Альохіна Т.М., Бобко А.О., Іванченко В.В.]. – Кривий Ріг: Октан-принт, 2008. – 110 с.*

*Malakhov I.N. Litologiya suchasnikh donnikh osadkov poverkhnevikh vodoym Krivorizskogo zalizorudnogo baseynu / [Malakhov I.M., Alokhina T.M., Bobko A.O., Ivanchenko V.V.]. – Krivoy Rog: «Oktant Print», 2008. – 110 p.*

24. *Меньшикова Е.А. Речные осадки в условиях техногенного воздействия / Е.А. Меньшикова // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 183–185.*

*Menshikova E.A. Rechnie osadki v usloviyakh tekhnogennoho vozdeystviya / E.A. Menshikova // Modern high technology. – 2010. – № 7. – P. 183–185.*

25. *Mingming Ma. Atmospheric pollution history at Linfen (China) uncovered by magnetic and chemical parameters of sediments from a water reservoir / Mingming Ma, Shouyun Hu, Liwan Cao, Erwin Appel, Longsheng Wang // Environmental Pollution. – Vol. 204. – 2015. – P. 161–172.*

26. *Mineral Commodity Summaries, 2015. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2015.*

27. *Осовецкий Б.М. Природно-техногенные осадки / Б.М. Осовецкий, Е.А. Меньшикова. – Пермь: Пермский университет, 2006. – 208 с.*

*Osovetskiy B.M. Prirodno-tekhnogennie sadki / B.M. Osovetskiy, E.A. Menshikova. – Perm: Permskiy universitet, 2006. – 208 p.*

28. *Osovetskiy B.M. Technogenic sphaerules in alluvial sediments of the Urals / B.M. Osovetskiy, E.A. Menshikova // Impact and extraterrestrial spherules: new tools for global correlation. – Tallinn, 1997. – 41 p.*

29. Плотников О.В. Структура світових запасів заліза і тенденції розвитку залізорудної мінерально-сировинної бази України / О.В. Плотников, І.Ю. Петрусенко // *Металлургическая и горнорудная промышленность: Науч.-техн. и производ. журнал.* – 2003. – № 1. – С. 79–83.

Plotnikov A.V. Struktura svitovikh zasavis zaliza i tendentsii rozvitku zalizorudnoi mineralno-sirovinnoi bazi Ukraini / A.V. Plotnikov, I.Yu. Petrusenko // *Metallurgical and main production.* – 2003. – № 1. – P. 79–83.

30. Prajith A. Magnetic properties of sediments in cores from the Mandovi estuary, western India: Inferences on provenance and pollution / [Prajith A., Rao V., Pratima M., Kessarkar M.] // *Marine Pollution Bulletin.* – 2015. – Vol. 99(1–2). – P. 338–345.

31. Robertson D.J. Geochemical and mineral magnetic characterization of urban sediment particulates, Manchester, UK / Robertson D.J., Taylor K.G., Hoon S.R. // *Appl. Geochem.* – 2003. – Vol. 18. – P. 269–282.

32. Шнюков Е.Ф. Минералы и мир / Е.Ф. Шнюков. – К.: ВМГОР НАНУ, 2008. – 521 с.

Shnyukov E.F. Minerali i mir / E.F. Shnyukov. – K.: VMGOR NASU, 2008. – 521 p.

33. Simin Liu Magnetic properties of East China Sea shelf sediments off the Yangtze Estuary: Influence of provenance and particle size / Simin Liu, Weiguo Zhang, Qing He, Daoji Li, Hong Liu, Lizhong Yu // *Geomorphologie.* – Vol. 119(3–4). – 2010. – P. 212–220.

34. Thompson R. Environmental Magnetism / R. Thompson, F. Oldfield. – London: Allen and Unwin, 1986. – 227 p.

35. U.S. Bureau of Mines. 2000. Mineral Commodity Summaries, 2001. – Washington, D.C.: Government Printing Office.

36. Venkatachalapathy R. Environmental magnetic and petroleum hydrocarbons records in sediment cores from the north east coast of Tamilnadu, Bay of Bengal, India / [Venkatachalapathy R., Veerasingam S., Basavaiah N., Ramkumar T., Deenadayalan K.] // *Marine Pollution Bulletin.* – 2011. – Vol. 62(4). – P. 681–690.

37. Venkatachalapathy R. Comparison between petroleum hydrocarbon concentrations and magnetic properties in Chennai coastal sediments, Bay of Bengal, INDIA / Venkatachalapathy R., Veerasingam S., Basavaiah N., Ramkumar T. // *Marine and Petroleum Geology.* – 2010. – Vol. 27(9). – P. 1927–1935.

38. Винчелл А.Н. Оптическая минералогия / А.Н. Винчелл. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1949. – 657 с.

Vinchel A.N. *Opticheskaya mineralogiya* / A.N. Vinchel. – M.: Izdatelstvo inostrannoy literaturi, 1949. – 657 p.

39. Випна М.В. Літологія і можливості використання алювію річок України: мат. Між. науково-технічна конференція, 22–25 жовтня 2014 р. Кривий Ріг // М.В. Випна, В.В. Іванченко. – Кривий Ріг. – 2014. – С. 77.

Vipna M.V. *Litologiya i mozhlivosti vikoristannya aluviu richok Ukraini: mat. Mij. nauk.-tekhn. konf.*, 2014 r. Kriviy Rig // M.V. Vipna, V.V. Ivanchenko. – Kriviy Rig. – 2014. – P. 77.

40. Янин Е.П. Осадки городских сточных вод как источник поступления ртути в окружающую среду / Е.П. Янин. – М., 2004. – 26 с.

Yanin E.P. *Osadki gorodskikh stochnikh vod kak isochnik postupleniya rtuti v okrujayuschuyu sredu* / E.P. Yanin. – M., 2004. – 26 p.

41. Yang T.L. *Magnetic signature of heavy metal pollution of sediments: Case study from the East Lake in Wuhan, China* / Yang T., Qingsheng L., Lungsang C., Zhendong L. // *Environ. Geol.* – 2007. – Vol. 52. – P. 1639–1650.

## **MAGNETIC PROPERTIES OF BOTTOM SEDIMENT AS THE EVALUATION CRITERIA OF THE TECHNOGENIC IMPACT ON HYDROECOSYSTEM**

*Alokhina T.M.*

*State Scientific Institution «Department of Marine Geology and Sedimentary Ore Formation of NAS of Ukraine»*

*Alokhina@gmail.com*

The existence of anthropogenic objects and phenomena in the biosphere, the analogues of which are not always to be found in nature is a reality nowadays. The instrument, by which humanity influences the processes occurring in the biosphere, is a technological method of production. There are areas where the impact of human activity is extremely high, this suggests complex, anthropogenic and technogenic impact on the environment and a new type of bottom sediments formation – technogenic, that differs significantly from the natural. This technogenic component is included in the total cycles of migration and sedimentation of sedimentary material. The most widespread types of technogenic components of the sediment are fragments of construction materials, slag particles, artificial materials (polymers, glass, rubber), coal, metal particles and spherules. The latter are the most common technogenic component of bottom sediments, easily identified due to its magnetic properties.



The sources of the technogenic magnetic spherules are mainly enterprises of metallurgical, coke production and municipal facilities. They are associated with the processes of metalwork and are accumulated in the industrial waste. They are also components of ashes of thermal power plants that use solid fuels (coal, peat), formed during welding work and other industrial processes.

A particular place among the regions in which the bottom sediments contain significantly «concentrated» magnetic components are mining regions. In vivo iron minerals can come to hydrosystems from crust of weathering where weakly and non-magnetic minerals dominate. A significant increase of minerals with strong magnetic properties from the horizons below the crust of weathering, or their constant flow to hydrosystem is the sign of technogenic origin, because they can get to the river system only due to the processes of extraction and concentration of iron ore.

At the end of 2014 Ukraine took the fifth place in the ranking of fabricators of iron ore mining with the extraction of 82 million tons during 2013 and 2014. The typical place of large-scale iron ore mining belongs to Kryvbas – the largest centre of mining and processing of iron ore in Ukraine. This is the territory, where 2,2–2,8 billion tons of chemically pure iron were extracted from a meridional narrow band, 1,0–3,0 km wide and 100–150 km long during last 125 years. In the sediment of rivers flowing in this area there are always products of technogenic origin: pieces of metallurgical slag, sludge, mine refuses and other wastes. Alluvium river Ingulets in the south of Kryvbas was turned into a greywacke – medium-grained sand, coloured from dark gray to black, consisting of fragments of magnetite quartzite and shale. Unlike particles of hematite quartzite and ironstone coming from the crust of weathering, in these rocks magnetite dominates hematite and goethite and they have distinct magnetic properties. Technologically transformed particles (crushed, concentrated and displaced) ferruginous quartzite are magnetic, thereby magnetic fractions enter up to 57 % sediment of rivers in some areas. The content of magnetic particles reduces only 30–40 km downstream from Kryvbas. Natural systems «weathering crust–river» partially, and sometimes completely replaced by powerful transportation systems of technogenic-altered and technogenic materials, «mine dump–river», «mine refuses–river», «reservoir of sludge–river», «industrial dust–river» and others.

Thus, technological mode of production has led to a new type of bottom sediments – technogenic, that differs significantly from the natural. The most ubiquitous components of anthropogenic sediments are fragments of construction materials, slag particles, polymers,

glasses, carbon, metal particles and metal spherule. The latter is a common component of the sediments. On the basis of numerous sources of literature was shown that the determination of the magnetic properties is convenient, cheap, quick and informative method of studying of technogenic pollution of river and marine sediments, and it also mirrors the industrial history of the region.