

<https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.053>

В.О. Ємельянов, член-кор. НАН України, доктор геол.-мін. наук,
старший науковий співробітник, директор
ДНУ “МорГеоЕкоЦентр НАН України”
01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 556
E-mail: eva@nas.gov.ua

ORCID 0000-0002-8972-0754

Є.І. Наседкін, кандидат геол. наук, старший науковий співробітник
ДНУ “МорГеоЕкоЦентр НАН України”
01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 556
E-mail: nasedevg@ukr.net
ORCID 0000-0003-2633-9291

ВАЖКІ МЕТАЛИ

В ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ТЕНДРІВСЬКОЇ ЗАТОКИ

В публікації висвітлено низку результатів досліджень геоекологічного спрямування, що включали польовий відбір зразків донних відкладів, ґрунтів, берегових наносів на різних ділянках в межах території Чорноморського біосферного заповідника НАН України, зокрема Тендрівської та Ягорлицької заток. Комплекс подальших лабораторних робіт включав визначення хімічного, мікроелементного, гранулометричного складу проб та дослідження їх речовинних характеристик на скануючому електронному мікроскопі. Вивчення екологічного стану донних відкладів заповідника, а також порівняння вмісту забруднювачів в осадах різних частин природоохоронної акваторії базувалось, зокрема, на визначенні концентрацій низки важких металів (мідь, нікель, цинк, свинець, олово). Вибір об'єктів досліджень визначався особливостями організації сільськогосподарської діяльності в межах орних площ, що межують із кордонами даного заповідника. Отримані результати засвідчили суттєвий вплив особливостей геоморфологічної будови території та гідродинамічних характеристик певних ділянок акваторії в її межах на розподіл речовинної складової донних відкладів. Основним фактором нерівномірного розподілу концентрацій мікроелементів слід вважати мінеральний та гранулометричний склад донних осадків, що в свою чергу визначається розташуванням зон розмиву берегів та акумуляції наносів. Незначні відносні перевищення вмісту міді в поверхневому шарі донних відкладів акваторії, зафіксовані в межах північної частини Тендрівської затоки, можуть бути пов'язані зі скиданням прісної води з мережі каналів, що є частиною агрокомплексів по вирощуванню рису, а також “хвостів” води з систем водоподачі Краснознам'янської зрошувальної системи. Також дослідження засвідчили, що вміст більшості важких металів в верхньому шарі донних відкладів акваторії Чорноморського біосферного заповідника нижче, ніж представлені в літературних джерелах середні показники для сучасних донних відкладів Чорного моря.

Ключові слова: важкі метали, донні відклади, заповідник, геоекологічні дослідження, акваторія Чорного моря.

Цитування: Ємельянов В.О., Наседкін Є.І. Важкі метали в донних відкладах Тендрівської затоки. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. 16, № 3: 53—63. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.053>

Вступ

Заповідники — не тільки ділянки унікальних природних комплексів, популяцій рідкісних видів тварин і рослин, а також індикатори стану біотичного різноманіття більш широких територій, в межах яких розташовані об'єкти природно-заповідного фонду (ПЗФ). Вивчення природного перебігу явищ і процесів, що відбуваються в заповідному комплексі, є необхідною складовою узагальненої інформації щодо стану оточуючого середовища в цілому і його змін на сусідніх територіях зокрема.

Необхідність постійних спостережень (збір, обробка, системне накопичення) та аналізу наукової інформації щодо стану об'єктів ПЗФ обумовлює залучення фахівців різних профілів та напрямів. Слід акцентувати, що першою ланкою природного середовища, яка зазнає впливу привнесених антропогенних речовин є її абіогенна складова — атмосферне та водне середовище, ґрунти суходолу та донні відклади акваторій. Саме вони відіграють роль транзитних середовищ, об'єктів акумуляції і трансформації забруднювачів, з них починається міграція поллютантів по трофічних ланцюгах біоценозів. Зміни хімічного чи мінерального складу природних вод, солової та водної зависі, поверхневого шару донних відкладів і ґрунтів заповідних територій є першою ознакою, “симптомом” подальшої трансформації біосферної складової [1, 2].

Наразі, визначенням змін природної обстановки в межах заповідних зон, зокрема за рахунок проведення геоекологічних досліджень складових біотопів та контролем процесів надходження та перерозподілу забруднювачів в межах охоронних територій займаються співробітники Державної наукової установи “Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення НАН України” спільно з фахівцями Інституту геологічних наук НАН України. Одним з об'єктів досліджень за останні роки були природні комплекси Чорноморського біосферного заповідника (ЧБЗ) НАН України — унікальної території, внесеної до всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Територія ЧБЗ простягається вздовж північно-західного узбережжя Чорного моря, між Дніпровським лиманом та Тендрівською косою у межах Голопристанського району Херсонської та Очаківського району Миколаївської областей. Сучасна територія заповідника складає більше, ніж 100 тис. га, до якої входять материкові ділянки, понад 20 середніх і малих островів та дві морські затоки — Тендрівська та Ягорлицька.

Доцільність проведення комплексу польових геоекологічних досліджень з відбором зразків донних відкладів, ґрунтів, берегових наносів з ділянок прибіжної зони та подальшим комплексом досліджень їх хімічного, мікроелементного, гранулометричного складу ґрунтувалась на двох основних факторах. По-перше, це строкатість території заповідника в геолого-геохімічному відношенні, а також наявність певного впливу антропогенної діяльності на окремі ділянки ЧБЗ. Мова йде про частину узбережжя Тендрівської затоки, яка входить в ядро заповідника, але межує із зонами антропогенних ландшафтів, зокрема сільськогосподарськими угіддями, де ведеться інтенсивна господарська діяльність, наприклад, зрошуване землеробство.

Вивчення загального екологічного стану донних відкладів заповідних територій, порівняння вмісту забруднювачів в осадках різних частин природоохоронної акваторії базувалось також на дослідженнях небезпечних мікроелементів

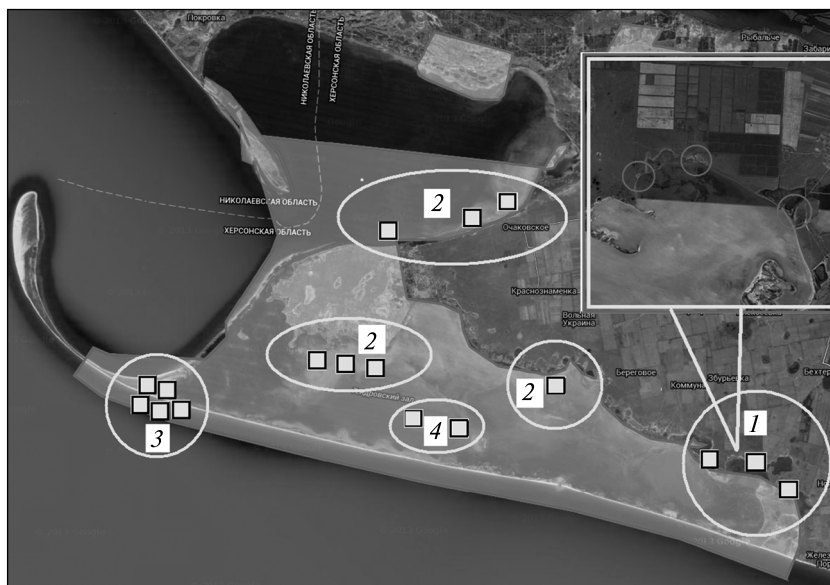


Рис. 1. Загальна схема розташування груп точок відбору проб донних відкладів в межах акваторії Чорноморського біосферного заповідника НАН України: 1 — на ділянках гирлових частин скидних каналів, 2 — в межах північного кордону заповідника (ділянки Тендрівської та Ягорлицької заток), 3 — в межах тіла західної частини Тендрівської коси, 4 — в районі найбільш глибокої частини Тендрівської затоки. Масштабований фрагмент — місця прямого або опосередкованого скиду прісних вод з систем зрошення в акваторію Тендрівської затоки в межах заповідника

(важких металів). Це визначалося як низкою властивостей останніх, так і особливостями геоморфологічної будови території заповідника. Суходільна територія південної частини ЧБЗ (Тендрівська коса) представлена добре промитими наносами, з вмістом детриту черепашок морських молюсків, а поверхня північної суходільної частини заповідника — головним чином, південними чорноземами, глинами та суглинками, що їх підстеляють (рис. 1). Це визначає той факт, що природні концентрації мікроелементів в складі північної та південної суходільних частин заповідника суттєво відрізняються.

Вірогідність привнесення політантів на прибережні ділянки акваторії заповідника також суттєво коливається для східних та західних його кордонів. До антропогенної складової важких металів в межах агроландшафтів доцільно віднести їх присутність в мінеральних добривах (природні домішки), активних речовинах певних видів інсектицидів, гербіцидів та фунгіцидів. При цьому найбільш суттєвими складниками, як за спектром, так і концентраціям металів, є фосфорні добрива. Приміром, прості суперфосфати містять кадмій, хром, кобальт, мідь, свинець, нікель, ванадій, цинк, а до певних видів інсектицидів, гербіцидів та фунгіцидів входять такі важкі метали як ртуть, мідь, цинк, миш'як. Надходження пестицидів в акваторію з оброблених ділянок сільгоспугідь головним чином відбувається в період їх використання та режиму роботи мережі скидних каналів [2—4].

За низкою токсикологічних оцінок важкі метали займають друге місце серед забруднюючих речовин після пестицидів. За певних умов вони можуть перероз-

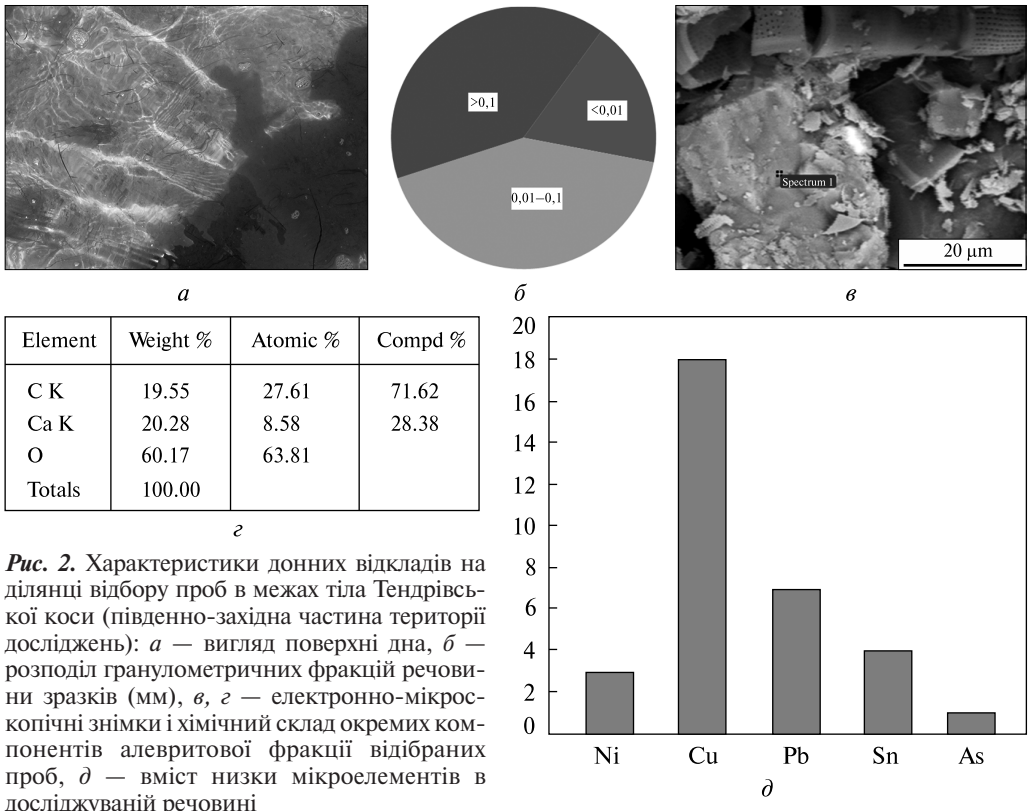


Рис. 2. Характеристики донних відкладів на ділянці відбору проб в межах тіла Тендрівської коси (південно-західна частина території досліджень): *a* — вигляд поверхні дна, *б* — розподіл гранулометричних фракцій речовини зразків (мм), *в*, *г* — електронно-мікроскопічні знімки і хімічний склад окремих компонентів алевритової фракції відібраних проб, *д* — вміст низки мікроелементів в досліджуваній речовині

поділяться між такими складовими морських екосистем як вода, біота, завдяки, донні відклади. Якщо надходження пестицидів цілком обумовлено визначеним видом антропогенної діяльності, то привнесення в акваторію важких металів визначається цілим рядом факторів як техногенного, так і природного характеру. Самоочищення води від важких металів зводиться до перерозподілу їх між рідкою та твердою фазами, відносному зменшенню рівня забруднення розчину та одночасному підвищенню концентрації в донних відкладах чи завислих в воді речовинах [5]. Збільшення їх концентрацій в біоті призводить до зменшення продуктивності водних екосистем та активізації процесів евтрофікації [6].

Матеріали і методи

Особливості розташування спостережної мережі в межах заповідника визначалися метою досліджень та поставленими задачами. Умовно, групи точок відбору проб донних відкладів розподілялись між ділянками підвищеного ризику привнесення важких металів (гирлові частини скидних каналів), фоновими територіями в межах різних літологічних осередків — північного кордону заповідника та тіла Тендрівської коси, та району найбільш глибокої частини затоки (ділянки накопичення дрібнодисперсної складової седиментаційної речовини) (рис. 2).

Відбір проб відбувався за визначеними методиками за допомогою ручного буру, малої ґрунтової прямої трубки та малого донного черпака. Проби (верхній шар донних відкладів в інтервалі 0—3 мм) для груп точок відбору 1, 2, 3

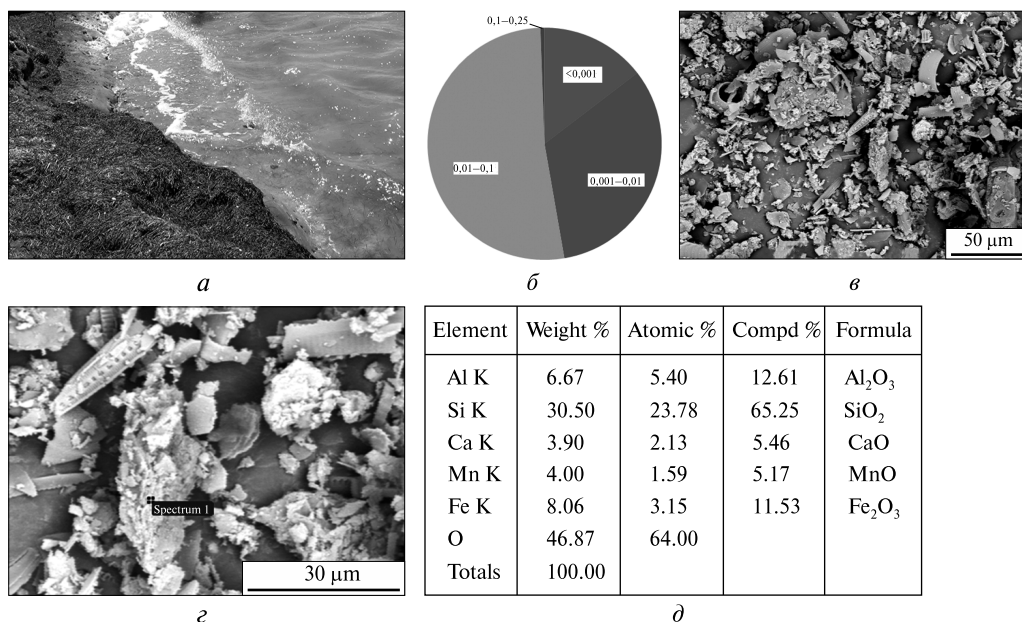


Рис. 3. Характеристики донних відкладів на ділянці відбору проб в межах мису Ягорлицький кут: *a* — вигляд узбережжя та поверхні дна, *б* — розподіл гранулометричних фракцій (мм) речовини верхнього шару (0—5 см) донних відкладів, *в*, *г* — електронно-мікроскопічні знімки, *д* — хімічний склад окремих компонентів алевритової фракції відібраних проб

відбирались на відстані 3—5 м від берегової смуги. В місцях впадання скидних каналів з полів в межі водоохоронної зони ЧБЗ пробовідбір проводився безпосередньо в межах ділянок змішування морських та прісних вод. В подальшому проби піддавались консервації для транспортування.

Лабораторна обробка зразків включала визначення ряду мікроелементів у натурній речовині рентген-флуоресцентним методом (лабораторія навчально-наукового інституту “Інститут геології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка), а також дослідження мінерально-речовинного складу зразків. Мінеральний, макро- та мікрокомпонентний хімічний склад зразків натурної речовини визначено із допомогою електронної мікроскопії, а також енерго- та хвиледисперсійного аналізів (скануючий електронний мікроскоп (СЕМ) JEOL-6490 LV (JEOL Ltd., Японія) з мікроаналізаторами EDS+WDS системи INCA Energy+ (Oxford Instruments, Велика Британія). Для детального аналізу гранулометричного складу зразків було використано лазерний седиментограф Mastersizer-2000 з модулем рідинної дисперсії Hydro S (Malvern Instruments, Велика Британія) лабораторії фізичних методів досліджень Інституту геологічних наук НАН України.

Результати досліджень

Проведений комплекс лабораторних досліджень зразків поверхневого шару донних відкладів дозволив виявити загальні тенденції надходження та розподілу важких металів в межах акваторії Тендрівської затоки. Закономірності розподілу низки мікроелементів в пробах речовини, що досліджувалися, обумовлюються їх

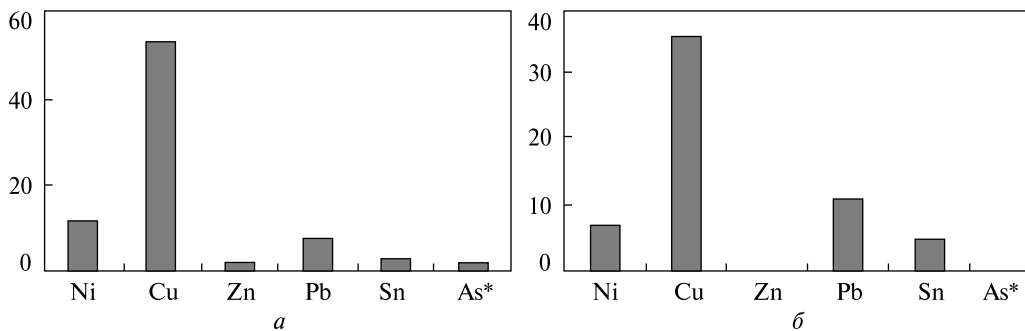


Рис. 4. Вміст важких металів у верхньому шарі (0–5 см) прибережних донних відкладів в межах ділянки пробовідбору (група точок 2): *а* — в Тендрівській затоці на південний схід від півострова Ягорлицький кут, *б* — у південно-східній частині Ягорлицької затоки

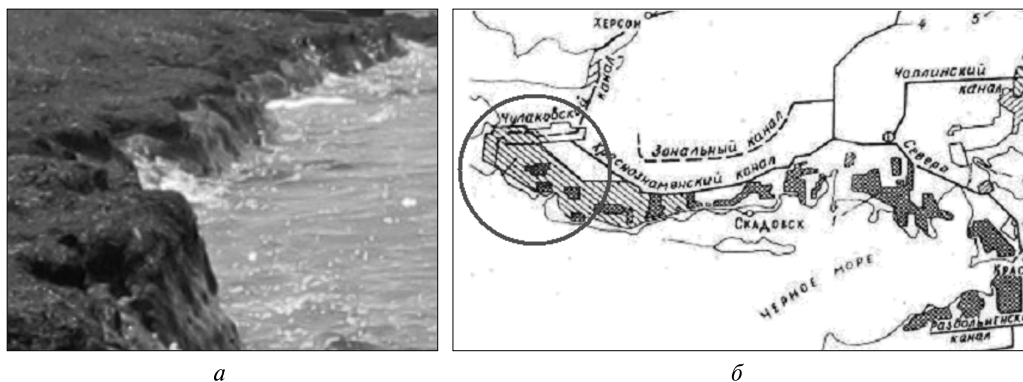


Рис. 5. Видгляд узбережжя східної частини Тендрівської затоки в межах гирлових частин скидних каналів з рисових чеків (*а*); *б* — фрагмент схеми розташування рисових зрошувальних систем в межах району досліджень [8], існуючі площі виділені щільною штриховкою

мінеральним та гранулометричним складом, що в свою чергу визначається особливостями впливу екзогенних процесів та літологічними факторами [7].

Збільшення гранулометричного складу осадків, яке в межах району робіт обумовлюється високою гідродинамічною активністю та геоморфологічними особливостями певних ділянок акваторії, властиве донним відкладам, відібраним на мілководді (30–60 см глибини по воді) в межах тіла Тендрівської коси. Проби, представлені морськими четвертинними відкладами голоцену, склалися з карбонатного детритового матеріалу піскової розмірності та визначались мінімальним вмістом пелітової складової. Це обумовило найменші показники вмісту важких металів в донних відкладах цієї ділянки заповідника. При цьому алеврито-пелітова фракція, на відміну від піскової, представлена карбонатним матеріалом органічного походження, включала також рештки кремнієвих панцирів та стулок фітопланктону.

Ділянки відбору проб донних відкладів (група точок 2 на карті) в межах південної “континентальної” частини узбережжя акваторії Тендрівської затоки включали території, розташовані в межах мису Ягорлицький кут та на відстанях декількох кілометрів від нього вздовж узбережжя в північному (Ягорлицька за-

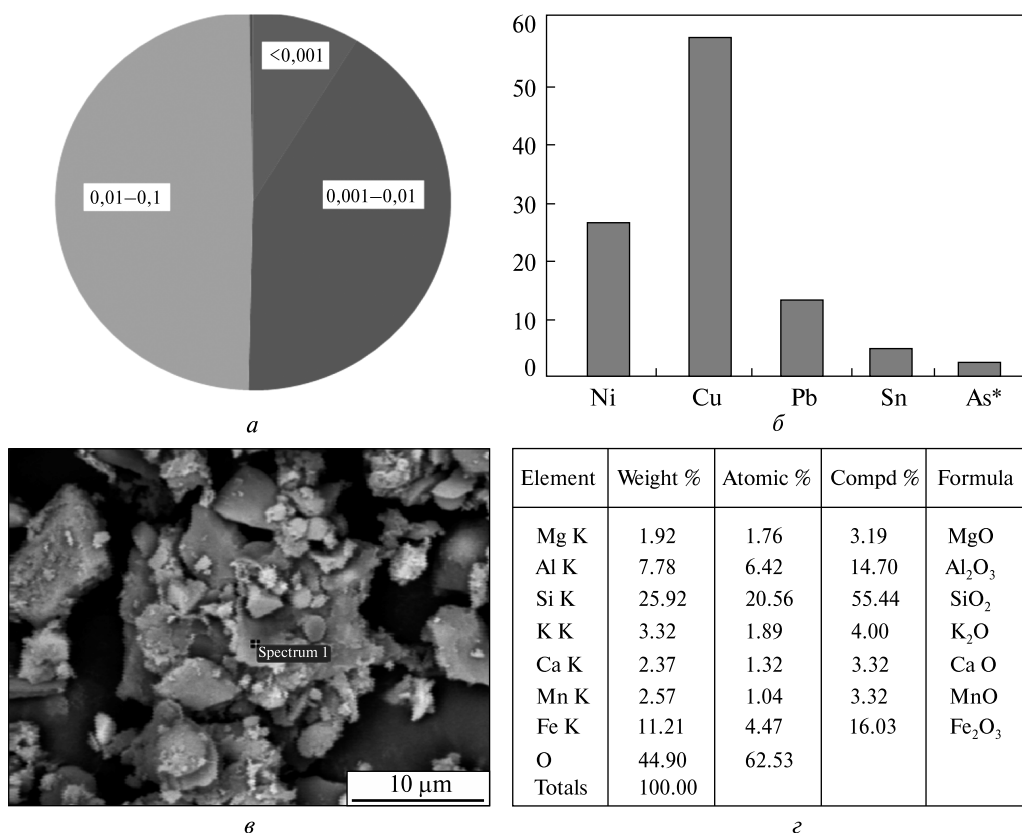


Рис. 6. Характеристики донних відкладів на ділянці відбору проб у східній частині Тендрівської затоки (гірлові ділянки скидних каналів з зрошуваних площ): *а* — гранулометричний склад (мм) верхнього шару (0–5 см) донних відкладів, *б* — вміст важких металів у верхньому шарі (0–5 см) донних відкладів в межах ділянки пробовідбору, *в* — електронномікроскопічний знімок фрагменту речовини проб донних відкладів та основні компоненти його хімічного складу

тока) та східному (Тендрівська затока) напрямках (див. рис. 1). Зазначений мис є найвіддаленішою територією від суходільного та морського кордонів ДБЗ.

Аналіз зразків поверхневих донних відкладів, відібраних зі сторони південного узбережжя мису з човна ґрунтовою трубкою та малим донним черпаком на глибинах –40...–100 см, засвідчив домінування в них матеріалу алевритової складової над пелітовою з мінімальною домішкою інших гранулометричних фракцій (див. діаграму). Одним із факторів змін розмірності, як і мінерального складу відкладів є, вірогідно, процеси розмиву глин неогенової системи кайнозойської групи, що представляють суходільну частину північних кордонів заповіднику.

Гранулометричний склад інших зразків в межах цієї групи не мав суттєвих відмінностей, речовинна складова була представлена як мінеральними утвореннями, так і рештками органічного походження, зокрема детритом молюсків. Для речовини алеврито-пелітової фракції також властиві уламки панцирів зоо- і фітопланктону та агреговані утворення, представлені алюмосилікатами (рис. 3).

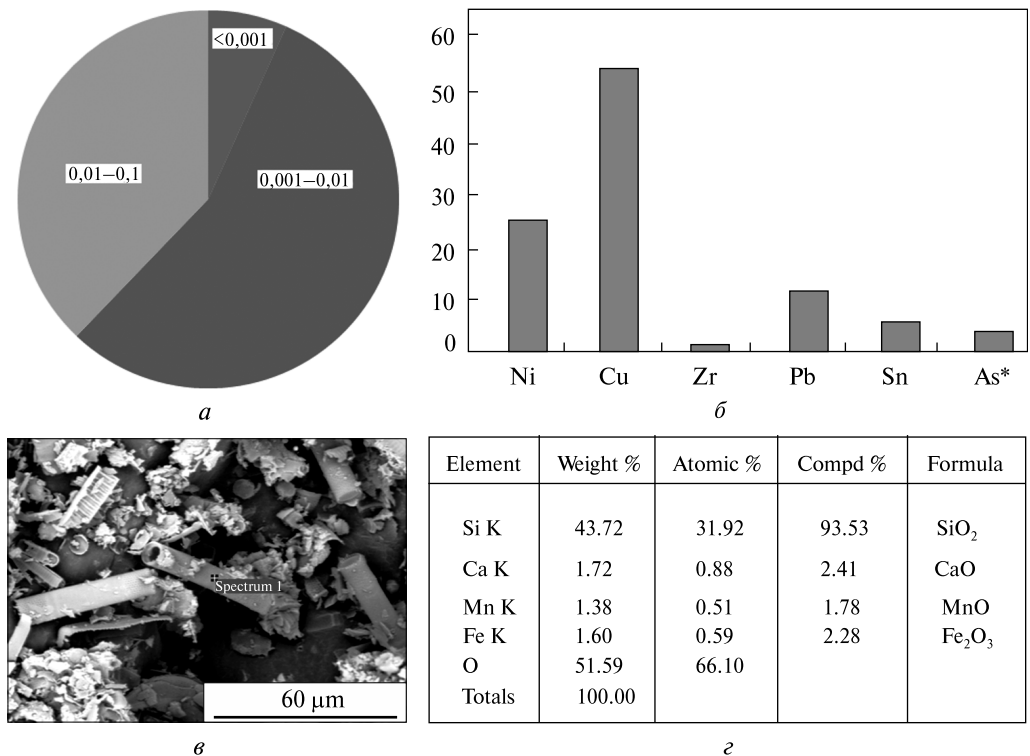


Рис. 7. Характеристики донних відкладів на ділянці відбору проб у центральній частині Тендрівської затоки (група точок 4): *а* — гранулометричний склад (мм) верхнього шару (0–5 см) донних відкладів, *б* — вміст важких металів у верхньому шарі (0–5 см) донних відкладів, *в*, *г* — електронномікроскопічний знімок речовини та хімічний склад окремих компонентів проб донних відкладів

Вміст мікроелементів в пробі верхнього шару донних відкладів ділянки прибережної акваторії Тендрівської затоки в порівнянні з Ягорлицькою збільшувався незначно, суттєві перепади значень відсутні (рис. 4).

Найбільша концентрація важких металів в межах різних груп точок пробовідбору, як і передбачувалось, була властива східній частині Тендрівської затоки в межах гирлових ділянок скидних каналів із зрошуваних площ. Винос різноманітних речовин, в тому числі антропогенного походження, з великих зрошуваних ділянок, відсутність необхідної буферної зони між ядром заповідника та зоною антропогенних ландшафтів — розорюваними сільськогосподарськими масивами земель, що майже впритул підходять до кордонів ДБЗ, визначили хоч і незначне, але відчутне збільшення вмісту важких металів в поверхневому шарі донних відкладів (рис. 5).

До цього треба додати, що в акваторію північної частини Тендрівської затоки тривалий час відбувався скид прісної води з мережі каналів, що є частиною агрокомплексів по вирощуванню рису, а також “хвостів” води з систем водоподачі Краснознам’янської зрошувальної системи. Станом на останні роки система скидів прісних вод в межі північно-східної частини Тендрівської затоки з ділянок зрошуваного землеробства, в тому числі рисових полів, продовжує функціонувати (рис. 6).

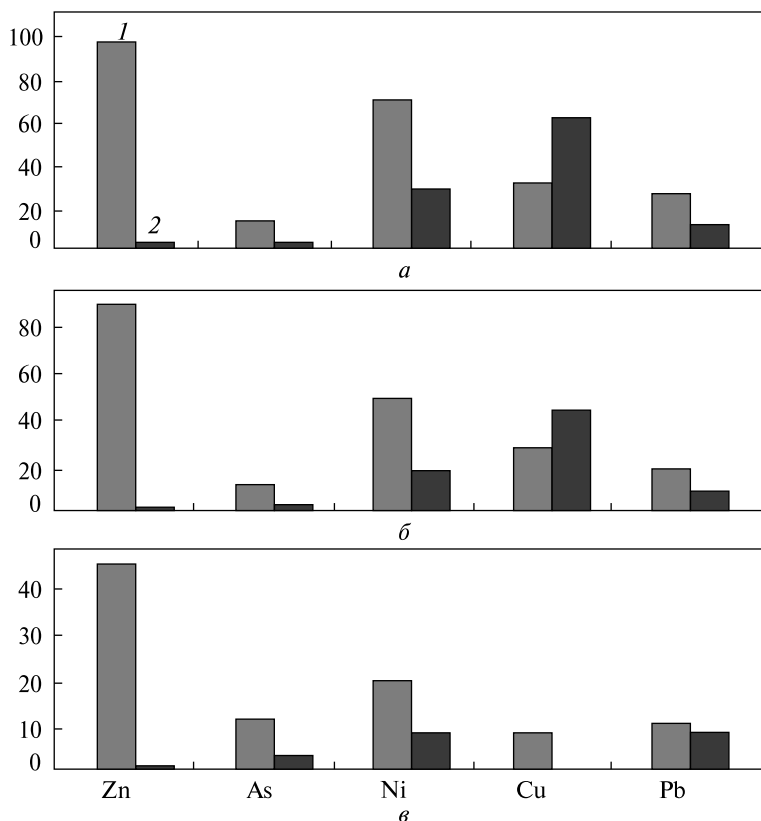


Рис. 8. Порівняльні діаграми вмісту низки мікроелементів (г/т) в складі певних речовинно-генетичних типів донних відкладів *a* — глинисті мули, *б* — алеврити, *в* — піски та черепашковини): *1* — усереднені дані для Чорного моря [9]; *2* — дані наших досліджень для акваторії Тендрівської та Ягорлицької заток

Іншим фактором підвищення концентрацій важких металів може бути і низка природних властивостей території відбору проб. Збільшення вмісту пелітової складової осаdkів визначає перебіг процесів концентрування та утримування важких металів, які надходять в донні відклади в розчиненому стані та в складі завислої речовини. Про це, доречі, можуть свідчити результати дослідження поверхневого шару донних відкладів (група 4 на рис. 1) на найглибших ділянках акваторії Тендрівської затоки. Віддалені від суходільної частини заповідника, ділянки пробовідбору розташовувались в межах найглибших частин акваторії Тендрівської затоки, що в свою чергу, визначило максимальний вміст речовини пелітової розмірності в відібраних зразках (рис. 7).

Незважаючи на те, що речовина осаdkів була представлена, здебільшого, автохтонною складовою — кремнієвими черепашками фіто-зоопланктону та їх уламками, вміст низки важких металів в пробах виявився вищим за всі інші досліджувані ділянки.

Загалом, дослідження засвідчили, що вміст більшості важких металів у верхньому шарі донних відкладів Тендрівської затоки значно нижче, ніж середні показники для сучасних донних відкладів Чорного моря, представлені в літературних джерелах [9] за відповідними речовинно-генетичними категоріями (рис. 8).

Виключення складає мідь, що, вірогідно, обумовлюється активним надходженням антропогенної складової елементу з орних площ та внутрішньорічними біогенними циклами її перерозподілу між донними відкладами та водним середовищем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Емельянов В.А. Основы морской геоэкологии. Теоретико-методологические аспекты. Киев: Наук. думка, 2003. 238 с.
2. Емельянов В.А., Митропольский А.Ю., Наседкин Е.И. и др. Геоэкология черноморского шельфа Украины. Киев: Академперіодика, 2004. 296 с.
3. Юровский Ю.Г., Юдин В.В., Марценюк Е.Е. Выполнить региональную оценку состояния геологической среды в пределах рекреационных комплексов на побережьях Черного и Азовского морей: Отчет о НИР. Госкомгеологии, УкрГИМР; № 0194U026331. Симферополь, 1995.
4. Ровинский Ф.Я., Синицина З.Л. Поверхностный сток с водосбора и его роль в загрязнении рек и водоемов. Миграция веществ антропогенного происхождения в речных бассейнах и моделирование качества воды. Москва: Гидрометеорология, 1979, С. 5—15.
5. Добровольский В.В. Глобальные циклы миграции тяжелых металлов в биосфере: сб. Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. Москва, 1988. С. 4—13.
6. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря. Київ: Академперіодика, 2006. 279 с.
7. Черноусов С.Я., Морозов В.М., Соловых И.А. и др. Некоторые особенности осадконакопления в северо-западной части Черного моря. Киев: ИГН АН УССР, 1987. 55 с.
8. Морозов В.В., Морозов А.В., Полухов А.Я., Дудченко Е.В., Корнбергер В.Г. Ресурсосберегающая технология выращивания риса с учетом требований охраны окружающей среды в условиях юга Украины. Водное хозяйство и интегрированное управление водными ресурсами в странах ВЕКЦА: проблемы и решения. Сб. научн. трудов. Ташкент: НИЦ МКВК, 2012.
9. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А Овсяный И.И. Геохимия Черного моря. Киев: Наукова думка, 1982. 144 с.

Стаття надійшла 07.02.2020.

V.A. Yemelianov, Corresponding Member of the NAS of Ukraine,
Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Senior Research Scientist, Director
SSI “MorGeoEkoCenter” of the NAS of Ukraine, Kyiv
55b, O. Honchara str., Kyiv, Ukraine, 01054
E-mail: eva@nas.gov.ua
ORCID 0000-0002-8972-0754

Ye.I. Nasedkin

Cand. Sci. (Geol), Senior Research Scientist
SSI “MorGeoEkoCenter” of the NAS of Ukraine, Kyiv
55b, O. Honchara str., Kyiv, Ukraine, 01054
E-mail: nasedevg@ukr.net
ORCID 0000-0003-2633-9291

HEAVY METALS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE TENDRIVSKA BAY

The article describes several research results of geoecological direction, which included field sampling of bottom sediments, soils, coastal sediments at different sites within the territory of the Black Sea Biosphere Reserve NAS of Ukraine, in particular, the Tendrivska and Yavorlitska bays. The complex of the laboratory works included determination of chemical, microelement, particle size distribution composition of samples and study of their material characteristics on a scanning electron microscope.

The study of the ecological state of the Reserve's bottom sediments, as well as comparison of pollutant content in sediments of various parts of the protected water area was based, in particular, on determining the concentrations a few heavy metals (copper, nickel, zinc, lead, tin). The choice of research objects was determined by the peculiarities of the organization of agricultural activities within the arable lands bordering the boundaries of this reserve. The results obtained showed a significant impact of the geomorphological structure of the area and hydrodynamic characteristics of certain areas of the water area within it on the distribution of the material component of bottom sediments. The mineral and particle-size composition of bottom sediments should be considered the main factor in the uneven distribution of microelement concentrations, which in turn is determined by the location of zones of coastal erosion and sediment accumulation. Insignificant relative excesses of the copper content in the surface layer of the bottom sediments of the water area, fixed in the northern part of the Tendrivska Bay, can be connected with the discharge of fresh water from the network of canals, which is part of the agro complexes for rice cultivation, as well as "tailings" of water from the water supply systems of the Krasnoznam'yanska irrigation system. Studies have also shown that the content of most heavy metals in the upper layer of bottom sediments in the Black Sea Biosphere Reserve is lower than the average figures for modern Black Sea bottom sediments presented in literature sources.

Keywords: *heavy metals, bottom sediments, reserve, geoeological studies, Black Sea water area.*