

# Рациональное природопользование

УДК 551.351.002.54(262.5)

**С.М. Довбиш**, н.с.; **В.О. Ємельянов**, д.г.-м.н., г.н.с.; **Г.М. Іванова**, к.геол.н., н.с.;  
**О.Ю. Митропольський**, чл.-к. НАН України, заст. директора;  
**Є.І. Наседкін**, к.геол.н., с.н.с.; **Г.О. Нікітіна**, пров.географ

Інститут геологічних наук Національної академії наук України, м. Київ (Україна)

## ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ СЕДИМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ЗОНІ ВЗАЄМОДІЇ СУХОДОЛУ ТА АКВАТОРІЇ

Представлені результати досліджень особливостей перебігу седиментаційних процесів в зоні взаємодії суходолу та акваторії в межах полігону геоекологічного моніторингу (Океанографічна платформа Морського гідрофізичного інституту НАН України, с.м.т. Кацівелі).

СЕДИМЕНТАЦІЯ, ЧОРНЕ МОРЕ, СУХОДІЛ, ЗАВИСЬ, ДОННІ ВІДКЛАДИ, МОНІТОРИНГ

До переліку природних екосистем, що зазнають суттєвого впливу господарської діяльності людини, слід віднести прибережні смуги морів та прилеглі до них ділянки акваторії і суходолу. Одним з основних елементів контролю змін в стані цих природних комплексів є реалізація відповідних моніторингових досліджень. Підготовка та постійне оновлення інформаційної бази щодо фізичних характеристик середовища прибережних смуг морів та стану їх екосистем надає можливість скорегувати реалізацію планів розвитку прибережних територій і визначити шляхи мінімізації впливу господарської діяльності на природне середовище в цілому.

Колективом відділу сучасного морського седиментогенезу Інституту геологічних наук у співробітництві з фахівцями інших установ НАН України в межах території полігону Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту НАН України (південний берег Криму) проводиться комплексний моніторинг стану навколишнього середовища в зоні взаємодії суходолу та моря (рис. 1).

Основною метою робіт є створення в межах певної території системи спостережень за параметрами навколишнього середовища, що обумовлюють процеси обміну речовиною та енергією між компонентами системи суходолу та моря (метеорологічна обстановка, гідрофізичні властивості акваторії), якісними властивостями речовини, що переноситься, та компонентами – індикаторами екологічного стану суходолу, морського та атмосферного середовищ.

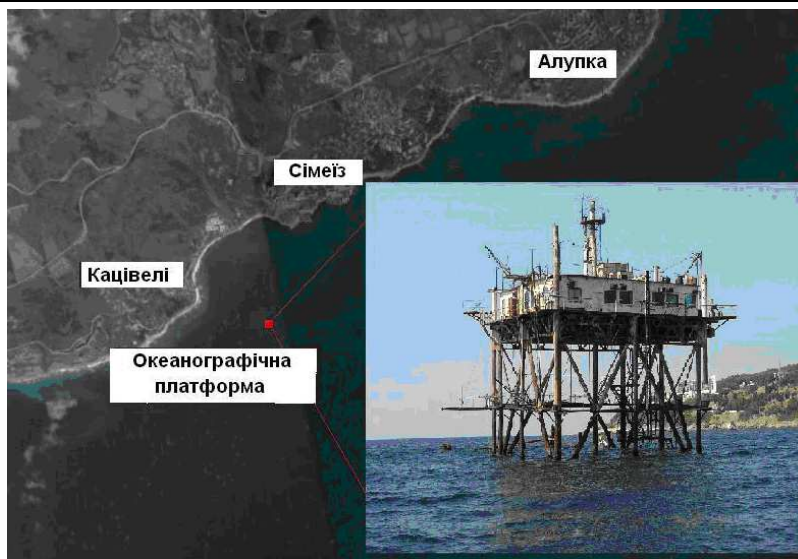


Рисунок 1 – Карта-схема району робіт, місце розташування океанографічної платформи в межах Чорноморського океанографічного полігону

Система контролю навколишнього середовища дозволяє отримувати інформацію протягом року із заданою дискретністю та в разі необхідності збільшувати чи зменшувати частоту спостережень, має оптимальну мережу та охоплює дослідженнями значну кількість об'єктів та природних процесів для забезпечення надійної індикації, об'єктивного аналізу та надання прогнозів щодо їх стану. Система неперервних одночасних спостережень включає такі об'єкти, як:

- донна поверхня літосферної частини ділянки досліджень (грунти суходолу в межах площ активного виносу теригенної речовини в акваторію, включаючи антропогенно змінені ділянки);
- атмосферні потоки твердої речовини, її речовинний склад, особливості фракціонування в процесі транспортування та надходження на водну поверхню;
- морське середовище в межах активного надходження та перерозподілу континентальної осадоутворюючої речовини, її трансформація під впливом гідродинаміки акваторії, взаємодія з органічною речовиною та вертикальна структура;
- донні відклади акваторії в межах районів активної седиментації морської завислої речовини, їх екологічний стан, особливості сезонних змін в їх поверхневому шарі.

Вибір об'єктів спостережень базується на тому, що більшість природних процесів, що відбуваються в зоні взаємодії суходіл-море, залежить від закономірностей надходження потоків речовини в напрямку суходіл – акваторія. Цей процес, головним чином, має односторонню направленість, і проходить за участю активного перенесення континентальної речовини гідросферним, а також атмосферним шляхами. Водночас літосфера є єдиним джерелом надходження твердої речовини з суходолу в межі акваторії, а також остаточним місцем захоронення (донні відклади) трансформованої та сепарованої в процесі надходження та перерозподілу в акваторії завислої речовини. Біосфера та атмосфера в цьому аспекті розгляду відіграють роль середовищ, в яких відбувається трансформація потоків природної континентальної речовини на всіх стадіях надходження в морське середовище, та перебіг фізичних і біологічних процесів в яких впливає на

інтенсивність депонування потоків речовини в донних відкладах. Тому найбільш об'єктивним та інформативним способом контролю досліджуваних процесів є натурні спостереження за осадовою речовиною, які б включали створення постійно діючих систем накопичення та відбору натурального матеріалу на всіх стадіях його перенесення, комплекс лабораторних досліджень ряду індикаторів стану природного середовища, аналіз накопичених безперервних рядів даних та подальше прогнозування змін у складі природних систем.

В зв'язку з тим, що індикатори стану природного середовища повинні нести об'єктивну інформацію, виникає необхідність створення умов «накопичення» фактичного матеріалу за певні проміжки часу та запобігання впливу «ситуативних» хибних вимірів в динамічних середовищах. Найбільш інформативним способом спостережень та отримання надійного натурального матеріалу можуть слугувати седиментаційні пастки для відбору завислої речовини в дослідженнях як атмосферного, так і морського середовищ (рис. 2).

Зависла речовина, з точки зору практичної екології, є чутливим індикатором забруднення навколишнього середовища, а також переносником забруднюючих речовин на дальні відстані, що дозволяє використовувати її при екологічній оцінці акваторій.

Таким чином, вибір моніторингу таких компонентів навколишнього середовища, як атмосферний аерозоль, морська зависла речовина та верхній шар донних відкладів обумовлений тим, що тверда речовина, яка задіяна в фізичних процесах взаємодії суходолу і моря, поставляє інформацію щодо складу осадоутворюючих потоків за певний визначений відрізок часу, і має позитивний «накопичувальний» ефект.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – а) Седиментаційна пастка – загальний вигляд; б) Підготовка до експлуатації аерозольних пасток з відбору горизонтальних та вертикальних потоків еолової речовини на Океанографічній платформі; в) Процес відбору колонки верхнього шару донних відкладів на геоекологічному полігоні

Функціонування системи досліджень (рис. 3) відбувається в режимі щомісячних вимірів таких показників, як:

- інтенсивність накопичення речовини в седиментаційних пастках в різних вертикальних шарах води;

- співвідношення основних компонентів мінерального складу седиментаційної речовини;
- співвідношення гранулометричних фракцій, стан, розподіл та часові зміни у первинних біотичних комплексах акваторії, вміст органічного вуглецю ( $C_{org}$ ).

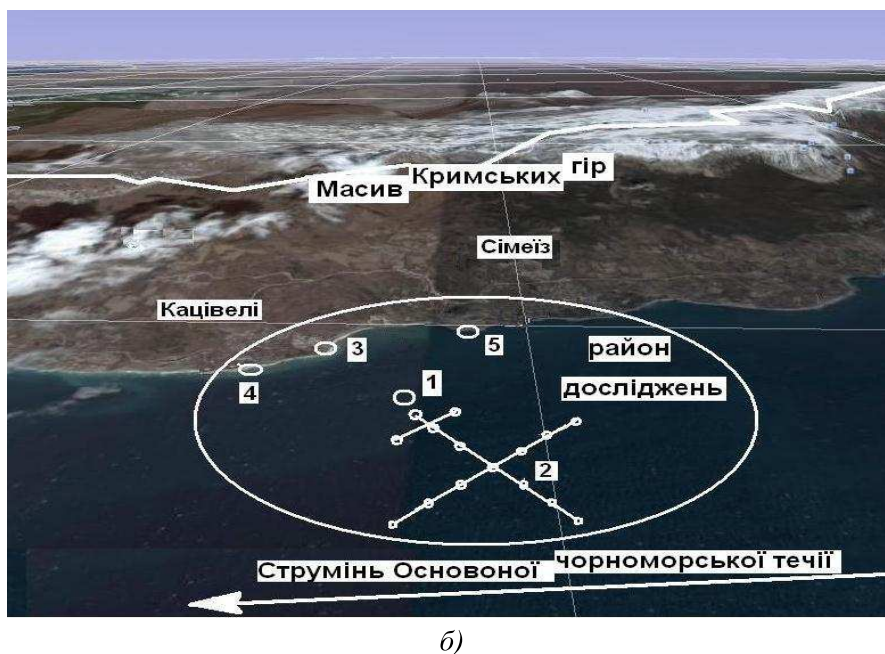
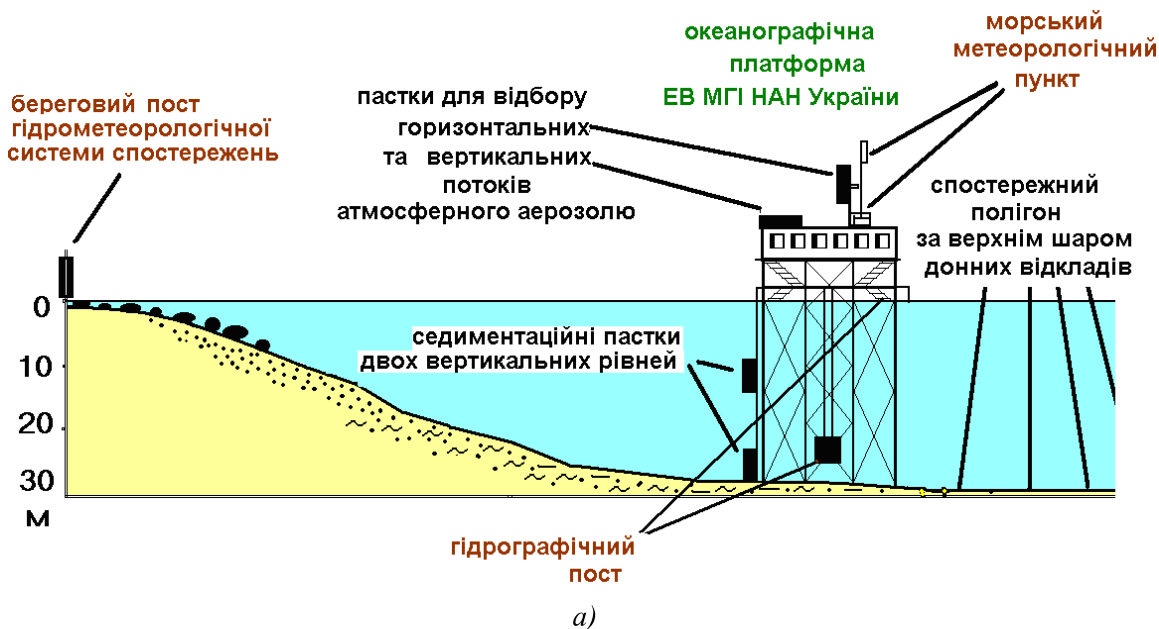


Рисунок 3 – Система досліджень

На схемі рис. 3, б) позначені:

- спостережні пости за гідрометеорологічними умовами в районі робіт (№ 1, 4, 3), включаючи морський метеорологічний пункт на Океанографічній платформі;
- точки відбору теригенної речовини (№ 3, 4, 5) (поверхня ґрунтів, скальних порід,

тимчасові суспензійні потоки, викликані дощами та повеннями);

- спостережні пости за атмосферним аерозолем зі стаціонарно розташованими пастками для відбору: вертикальних потоків еолової речовини (№1, в перспективі – № 4), горизонтальних потоків еолової речовини (№1, в перспективі – № 4);

- спостережні пости за розподілом морської зависі зі стаціонарно розташованими пастками для відбору речовини: з вертикальних придонних потоків (H=26 м), з вертикальних потоків водної товщі (H=15 м);

- спостережні точки за станом поверхневого шару донних відкладів – повздовжні та поперечні профілі (№ 2).

На сьогодні, завдяки тривалому часу спостережень та залученню широкого спектру аналітичних досліджень (рентген-дифрактометричний метод, електронна мікроскопія, використання лазерного седиментографу, рентген-флуоресцентний аналіз, дослідження фіто- та зоопланктонних асоціацій) створено репрезентативну базу даних, виявлено ряд закономірностей щодо розподілу та складу осадової речовини в ланцюзі суходіл – донні відклади, досліджено сезонні особливості розподілу небезпечних елементів у її складі.

Зокрема, загальний аналіз розподілу напрямків та інтенсивності вітрів дозволив визначити ряд особливостей еолових потоків. Дослідження виявили, що вітри північних, північно-східних, західних та північно-західних напрямків генерують процеси надходження в акваторію еолових потоків з поверхні суходолу, вітри південно-західних, південних, південно-східних та східних напрямків при відповідних умовах сприяють процесам абразії та створюють донні протитечії, з якими відбувається надходження завислої речовини в донні відклади. Швидкість повітряних потоків, що можуть транспортувати завислі частинки в акваторію моря з поверхні суходолу повітряним шляхом, має перевищувати 5 м/с, збільшення швидкості прямо пропорційне розмірності частинок, що переносяться вітром. Швидкість вітрів, що мають вплив на хвильову активність акваторії, яка спричиняє абразію берегів (5-6 балів для Південного берега Криму) та реседиментацію донних відкладів в районі досліджень, має перевищувати 12 м/с протягом тривалого періоду.

Результати натурних спостережень за процесами надходження в акваторію атмосферним шляхом теригенної седиментаційної речовини окреслили загальні тенденції щодо ролі еолових потоків у седиментаційних процесах в районі досліджень, зв'язку між динамічними умовами у атмосферному середовищі та поведінкою седиментаційного матеріалу в різних умовах (рис. 4).

Отримані дані свідчать, що вітри за інтенсивністю мають не стільки сезонні закономірності в перенесенні аерозолу, скільки ситуативні – відповідно до короточасних, але потужних атмосферних збурень.

Результати досліджень мінеральної компоненти як алеврито-псамітової, так і пелітової фракції виявили ряд цікавих особливостей та залежностей речовинного складу еолової зависі від сезонів (рис. 5-7).

Загалом дослідження показали, що щільність та частота потоків атмосферної речовини, крім сили та напрямку вітрів, додатково залежить від другорядних факторів, можливо, вологості ґрунтів та тривалості вітрів.

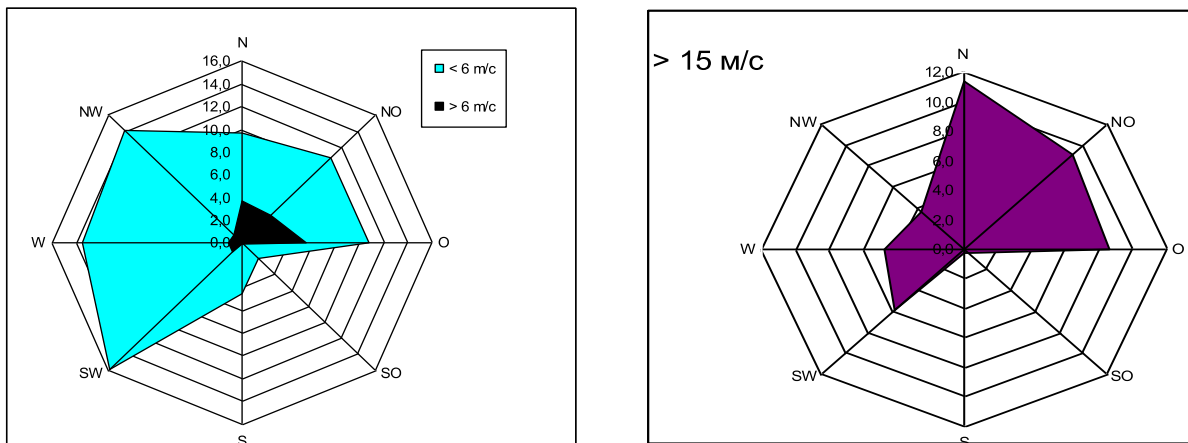
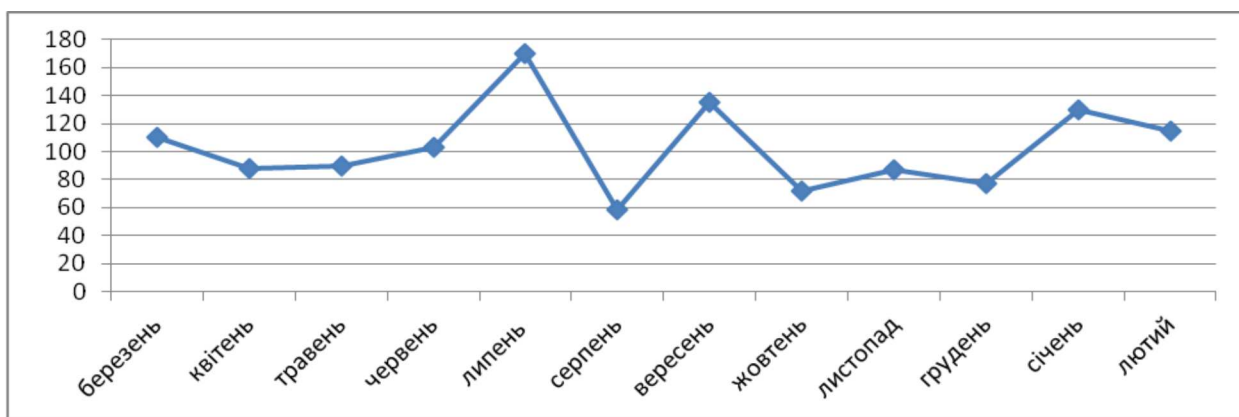
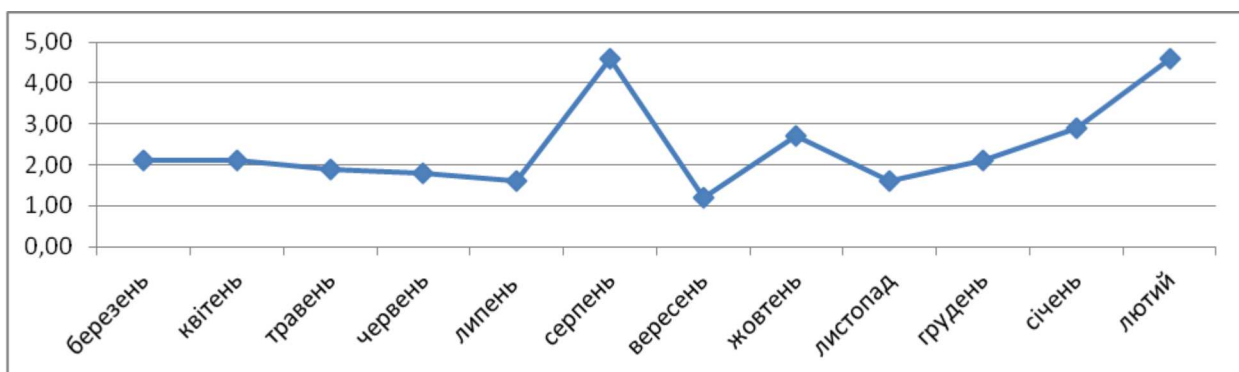


Рисунок 4 – Зведені графіки: середньорічні показники розподілу швидкості (м/с) та напрямків вітрів за період спостережень зі швидкостями менше та більше 6 м/с, а також більше 15 м/с.

Також дослідження свідчать про можливість винесення сильними вітрами мінеральної компоненти крупноалевритової та навіть псамітової розмірності за межі зони хвильової сепарації матеріалу відповідного розміру.



а) горизонтальна пастка

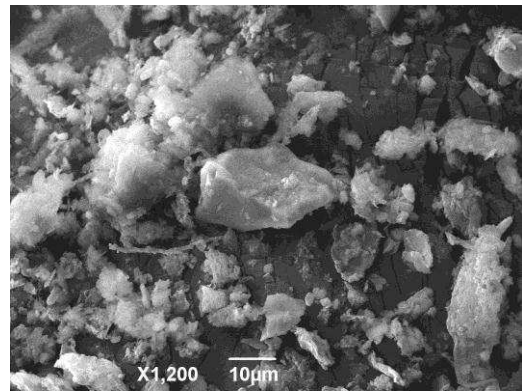


б) вертикальна

Рисунок 5 – Щомісячний розподіл мас еолової речовини в горизонтальній та вертикальній пастках для атмосферного аерозолу, г/м<sup>2</sup>, вибірка за 2011 рік



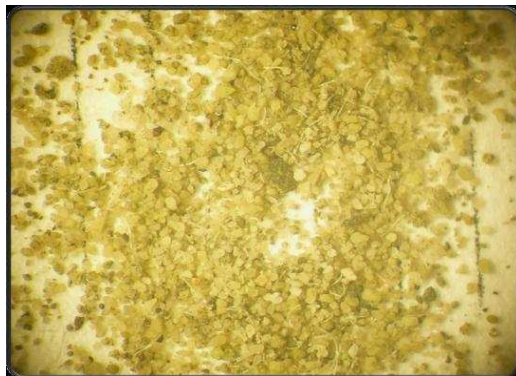
а)



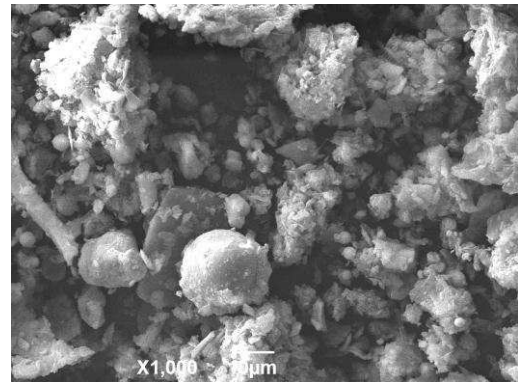
б)

Рисунок 6 – а) алеврито-псамітова фракція речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – лютий 2011 р. Поділка шкали тут і далі на фотографіях алеврито-псамітової фракції дорівнює 1 мм.;

б) алеврито-пелітова фракція атмосферної речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – січень 2012 р. Розмірність, вказана на ілюстрації, – мікрометри



а)

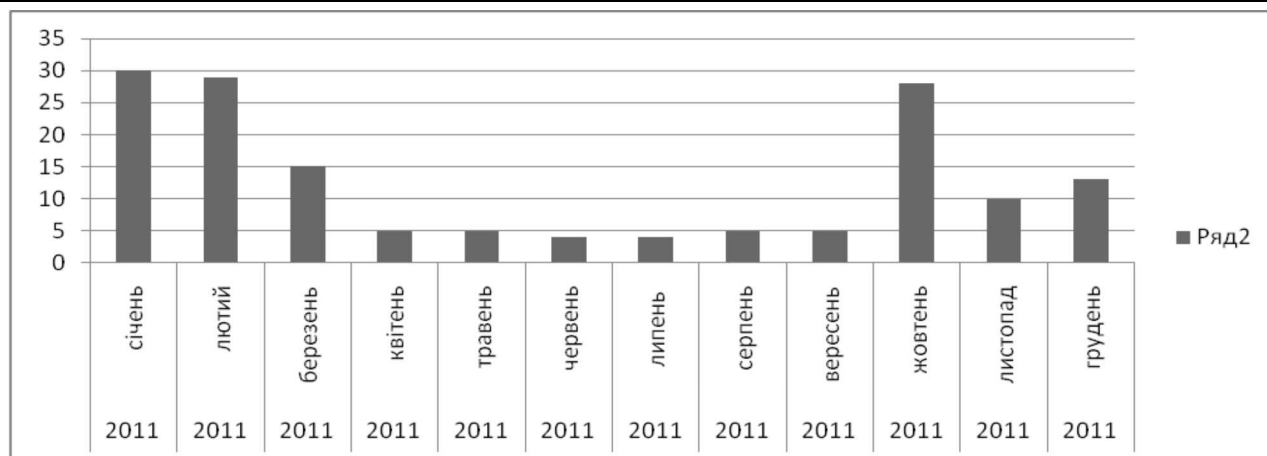


б)

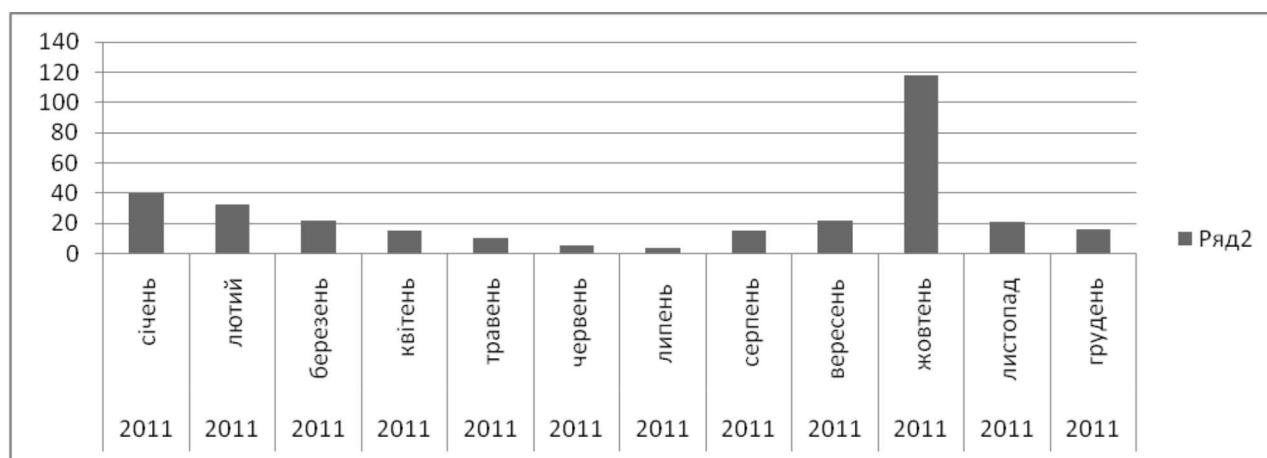
Рисунок 7 – Алеврито-псамітова (а) та пелітова (б) фракції речовини з горизонтальної пастки, часовий інтервал відбору – серпень 2011 р

Перерозподіл кількості морської завислої речовини в седиментаційних пастках обох рівнів найбільш тісно пов'язаний з хвильовими процесами, при цьому періоди найбільш інтенсивного накопичення речовини координуються з періодами максимальної хвильової активності (рис. 8).

Дані досліджень, що проводились за період робіт в межах геоecологічного полігону, також можна інтерпретувати як підтвердження впливу гідродинамічної активності на характеристики верхнього шару донних відкладів. Діаграми (рис. 9) свідчать про перерозподіл гранулометричного складу верхнього шару донних відкладів в межах дослідницького полігону. Зокрема, у співвідношенні алевритова/пелітова складові грансклад літнього, спокійного, періоду відрізняється помітним збільшенням пелітової частини осаду, а розмірність відкладів у період хвильової активності (січень) тяжіє до значень у підстеляючих шарах, в напрямку збільшення крупнозернистої складової.



а) Кількість речовини, осілої в седиментаційних пастках верхнього рівня (15 м над дном)



б) Кількість речовини, осілої в седиментаційних пастках нижнього рівня (над дном)

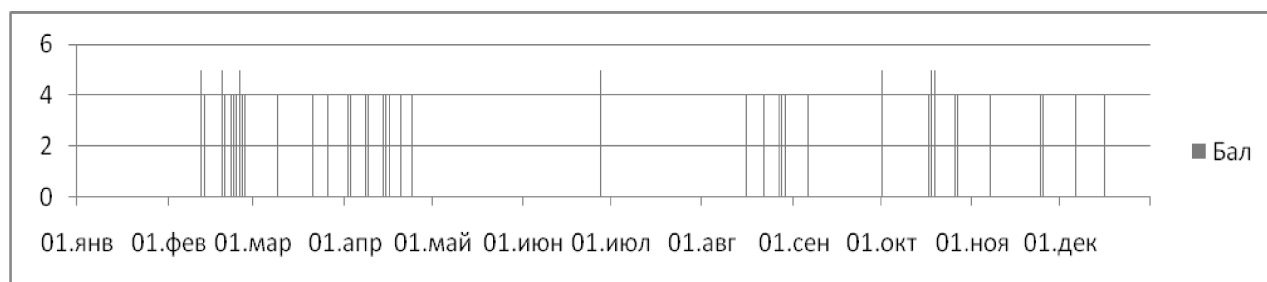


Рисунок 8 – Порівняльні графіки інтенсивності накопичення осадової речовини в пастках верхнього та нижнього рівнів і часового розподілу штормів, сила яких перевищує 4 бали, в районі досліджень, вибірка за 2011 рік

Останнє можна розглядати як свідчення наявності процесів реседиментації і виносу з ділянки досліджень дрібнодисперсної складової донних відкладів в період штормової активності.

В цьому контексті підтвердженням можуть бути і дані щодо вмісту органічного вуглецю в складі донних відкладів геоекологічного полігону (рис. 10). Діаграми свідчать про значні перевищення вмісту органіки, що пов'язана, головним чином, з дрібною фракцією осадів, в складі проб літніх періодів. Найбільші відносні перевищення властиві



речовині проб точок відбору, наближених до берега. Дослідження свідчать, що у складі осадової речовини матеріал органічного походження займає суттєву частину, значна його роль також і у формуванні гранулометричного складу осадів в межах шельфу, де він представлений грубозернистим матеріалом – черепашками та їх детритом.

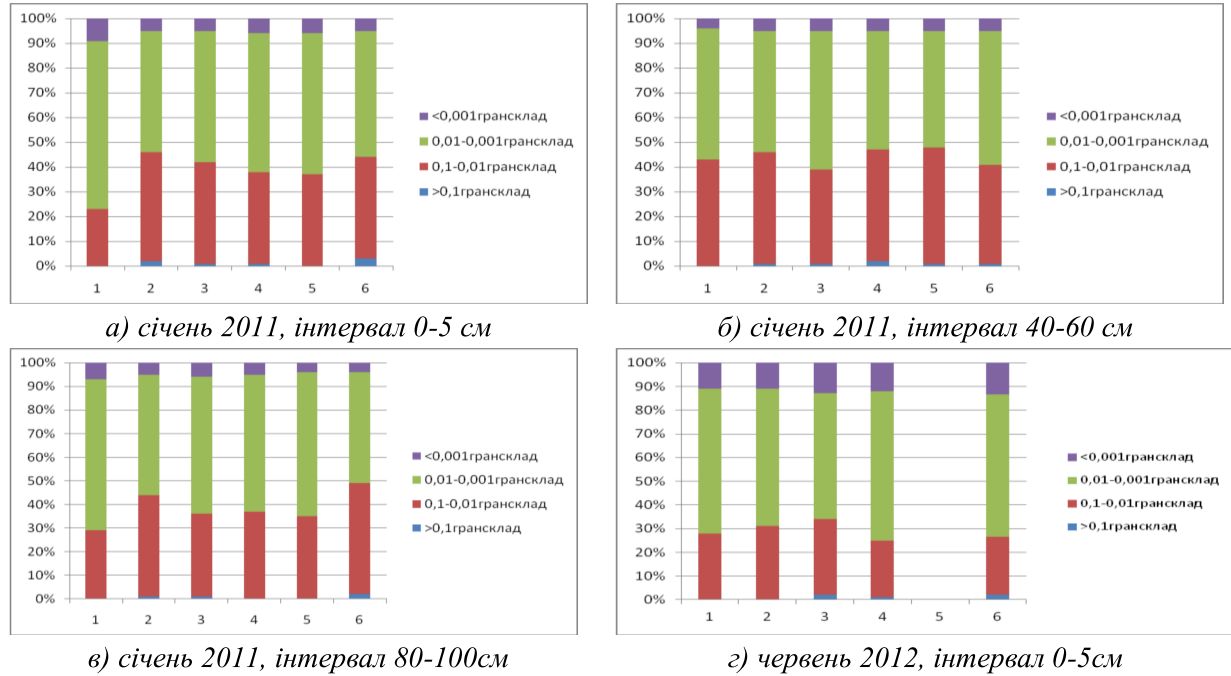


Рисунок 9 – Гранулометричний склад речовини проб донних відкладів геоекологічного полігону

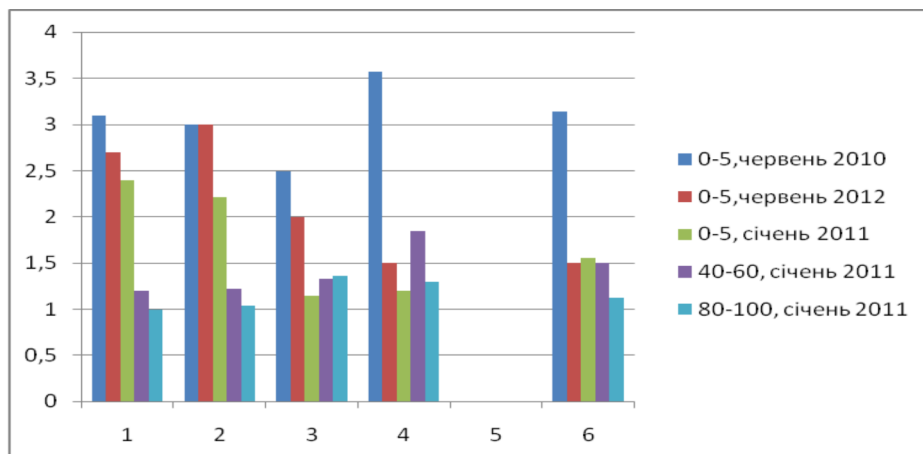


Рисунок 10 – Вміст органічного вуглецю в складі проб донних відкладів геоекологічного полігону.

На діаграмі: вертикальний інтервал відбору проб, місяць та рік

**Висновки.** На основі узагальнення отриманого за період досліджень фактичного матеріалу проведено попередній аналіз перебігу седиментаційних процесів на ділянці досліджень та їх впливу на формування сучасних донних відкладів. Зокрема, з метою попереднього визначення можливих зв'язків між рядом досліджуваних показників було проведено оцінку рівня кореляції між певними накопиченими інформаційними масивами. Отримані дані засвідчили наявність ряду прогнозованих тенденцій та взаємозалежностей.

Аналітичні дослідження дозволили отримати певні висновки щодо седиментаційної обстановки в районі досліджень, встановити зв'язок між динамічними умовами у всіх середовищах переносу осадоутворюючої речовини та поведінкою осадового матеріалу в різних умовах.

Загалом, виконання досліджень дозволяє узагальнити основні закономірності седиментаційних процесів в районі досліджень та створити підґрунтя для визначення умов формування та перерозподілу природних концентрацій важких металів в системі транзитних потоків осадової речовини від винесення з ґрунтів суходолу і до депонування в складі донних відкладів.

*Стаття надійшла до редакції 07 листопада 2013 р. українською мовою*

**S.M. Dowbysh, V.O. Yemelianov, G.M. Ivanova, O.Yu. Mytropolsky, Ye.I. Nasedkin, G.O. Nikitina**

**PECULIARITIES OF SEDIMENTATION PROCESSES IN THE LAND-AND-SEA INTERACTION ZONE**

The results of scientific research of peculiarities of sedimentation processes in the land-and-sea interaction zone on the base of geocological monitoring station (Oceanographic platform of Marine Hydrophysical Institute of NASU) are represented in the article.

**С.Н. Довбыш, В.А. Емельянов, Г.М. Иванова, А.Ю. Митропольский, Е.И. Наседкин, Г.А. Никитина**

**ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУШИ И АКВАТОРИИ**

В статье представлены результаты исследований особенностей процессов седиментации в зоне взаимодействия суша-акватория в районе полигона геоэкологического мониторинга (Океанографическая платформа Морского гидрофизического института НАН Украины, пгт. Кацивели).