

Є.І.Насєдкін*, Г.М.Іванова* О.С.Кузнєцов**

**Інститут геологічних наук НАН України, м.Київ*

***Експериментальне відділення МГІ НАН України, смт.Кацівелі*

**МОНІТОРИНГ СЕДИМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В МЕЖАХ
ЧОРНОМОРСЬКОГО ОКЕАНОГРАФІЧНОГО ПОЛІГОНУ:
ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Дана характеристика системи спостережень за пересуванням осадової речовини (повітря – вода – донні відклади), яка створена Інститутом геологічних наук НАН України на базі Океанографічної платформи МГІ НАН України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *донні відклади, осадконакопичення, атмосферне аерозоль, седиментаційна пастка, океанографічна платформа.*

Океанографічна платформа, встановлена у 1980 р. в межах Чорноморського океанографічного полігону, вже тридцять років використовується як безальтернативна база для проведення численних експериментів по дослідженню природних процесів в прибережній зоні Чорного моря. Платформа слугує основою для реалізації ряду унікальних спостережень не тільки фахівцям Морського гідрофізичного інституту (МГІ) НАН України та наукових установ НАН України, але й спеціалістам інших відомств та організацій, дослідним установам країн ближнього та дальнього зарубіжжя.

У 1994 р. на Океанографічній платформі (ОП) Інститутом геологічних наук (ІГН) НАН України було започатковано режимні спостереження за пересуванням та сезонним розподілом седиментаційної речовини, що включали в себе моніторинг атмосферного аерозолю та морської зависі за допомогою седиментаційних пасток [1, 2]. Дослідження передбачали щомісячний відбір речовини на протязі року з атмосферних потоків і морського середовища та подальшу аналітичну обробку відібраного натурального матеріалу. Нажаль, в зв'язку з об'єктивними причинами (відсутність фінансування, матеріальної бази, постійного персоналу для відбору зразків та ряд інших проблем), моніторингові дослідження у 1994 – 1996 рр. носили фрагментарний характер, та в подальшому були припинені на тривалий час.

Починаючи з 2003 р. спільним зусиллями ІГН, МГІ та його Експериментального відділення системні цілорічні спостереження було відновлено. На сьогоднішній день за результатами моніторингу створено базу даних з багаторічним розподілом ряду компонентів навколишнього середовища та їх складових, досліджено окремі аспекти впливу гідрометеорологічної обстановки на процеси сучасного осадконакопичення, визначено сезонні особливості змін концентрацій важких металів в завислій речовині. В технічному плані система моніторингу весь час зазнає вдосконалення, а спостереження розповсюджуються на нові об'єкти навколишнього середовища.

На сьогоднішній день системними спостереженнями охоплено:

– атмосферні потоки вертикального та горизонтального спрямування (дослідження речовинного складу еолового матеріалу, вмісту забруднювачів);

– потоки седиментаційної речовини на різних горизонтах в морському середовищі;

– донні відклади в районі океанографічної платформи (сезонні зміни мінерального, хімічного та мікроелементного складу у верхньому шарі осадків).

Апаратурна частина дослідницького комплексу, що використовується для натурних спостережень на Чорноморському океанографічному полігоні, включає:

Седиментаційні пастки. В процесі польових робіт використовується варіант найпростіших седиментаційних пасток, універсальність яких підтверджена багаторічними випробуваннями [3 – 5] та накопиченим практичним досвідом (рис.1). Циліндр-накопичувач пробовідбірника пастки виготовляється з пластикових труб діаметром 100 мм. Матеріалом для дна седиментаційного стакана, де безпосередньо відбувається накопичення зависі, слугує герметично закріплена верхня частина прозорої двохлітрової пластикової пляшки. Конструкція дозволяє в процесі пробовідбору уникати часткової втрати накопиченої речовини, і вилучати всю пробу з отвору в нижній частині пастки, що значно полегшує процедуру відбору. Прозорий пластик дає можливість проводити безпосередні візуальні спостереження накопиченого осадку та визначати первинний об'єм осілої речовини.

В процесі досліджень використовуються «гірлянди» з трьох скріплених між собою пасток, які розташовуються на різних горизонтах в товщі води – на 15 м та на 0,5 м від дна. Розташування пасток таким чином дає можливість спостерігати зміни в складі завислої речовини на протязі процесу надходження в донні відклади.

Пастки для атмосферного аерозолію вертикального та горизонтального потоків. В процесі досліджень попередніх років (1994, 1996 рр.) відбір атмосферного аерозолію виконувався сітаним (мережевим) способом за допомогою капронової сітки «млиновий газ» із розміром пор 0,6 мм, що кріпилась на фіксованому в одному напрямку (вздовж берегової лінії) каркасі розміром 1 × 1 м. «Парус» вивішувався на металевій штанзі на основній палубі океанографічної платформи, час експозиції складав, приблизно, один місяць. В подальшому капронова тканина промивалася у дистильованій воді, вода випарювалася, сухий залишок надходив на подальші аналізи.



Рис. 1. Седиментаційна пастка.



Рис. 2. Пастки для атмосферного аерозолію горизонтального та вертикального потоків.

Практика проведення моніторингу засвідчила недосконалість попередньої конструкції пробовідбірників. Відбір атмосферного аерозолю за умов розташування пасток на океанографічній платформі та експозицією в один місяць вимагав внесення ряду конструктивних особливостей для експлуатації відповідного обладнання та певної комплексності. Зокрема, постало питання необхідності одночасного використання пасток для вертикальних та горизонтальних потоків речовини, фіксації вже накопиченої еолової зависі в пастках в періоди сильних вітрів і дощів а також постійної орієнтації робочої частини пастки на вітер.

На сьогодні створено та встановлено експериментальні зразки двох типів устаткування для відбору атмосферного аерозолю на платформі - пастки для «транзитних» горизонтальних потоків еолових частинок типу «Парус» та пастки для вертикальних потоків еолових частинок типу «Ковдра» (рис.2).

На відміну від попередньої конструкції, що фіксувалась в одному напрямку, пастка для горизонтальних потоків аерозолю може обертатися. Це дає можливість робочій частині пробовідбірника весь час бути розташованою проти вітру і приймати частинки еолової зависі, що надходять з повітряними потоками. Конструкція вловлювача пастки унеможливорює втрати накопиченої зависі під час змін напрямків вітрів, а розмір пор тканини фільтра у 0,06 мм, дозволяє відбирати не тільки піскову, але й алевритову фракцію аерозолю та запобігає втратам речовини в разі атмосферних опадів.

Пастки для вертикальних потоків еолової зависі представляють собою горизонтальну металеву рамку 100 × 90 см з натягнутою по периметру фільтрувальною тканиною. З метою захисту від винесення сильним вітром вже накопиченої на фільтрі еолової речовини фільтрувальну тканину зверху захищає менш щільний шар пористого синтепону, що гасить вплив атмосферних збурень на поверхню фільтра.

З метою поширення системи моніторингу та вивчення зв'язку умов осадконакопичення і формування хімічного та речовинного складу верхнього шару морських донних осадків з гідрофізичними та гідрометеорологічними факторами, що домінують в районі досліджень, було створено геоекологічний полігон в районі розташування ОП. Включення в комплекс досліджень донної компоненти дозволило створити єдину систему спостережень за пересуванням осадової речовини (повітря – вода – донні відклади) в межах досліджуваної ділянки акваторії.

Для практичної реалізації поставлених завдань було розроблено та створено малі ґрунтові трубки та пробовідбірники, пристосовані до відбору верхнього шару донних відкладів на глибинах до 200 м з борту маломірних плавзасобів без спеціального технічного оснащення останніх та лебідку (рис.3).

Ґрунтові трубки виготовлені зі сталевих труб діаметром 30 мм, із стаціонарною свинцевою вагою на зовнішній частині трубки та стабілізаторами вертикальної стійкості. В зв'язку з певним напрямком використання пробовідбірника (екологічні дослідження) виникла необхідність застосування нейтральних матеріалів в частині трубки, яка безпосередньо контактує з середовищем, де відбираються проби. Для цього всередині робочої частини пробовідбірника встановлюється вкладиш з прозорого пластику з пелюстковим клапаном, що унеможливорює контакт металу трубки з пробою (рис.3).



а



б

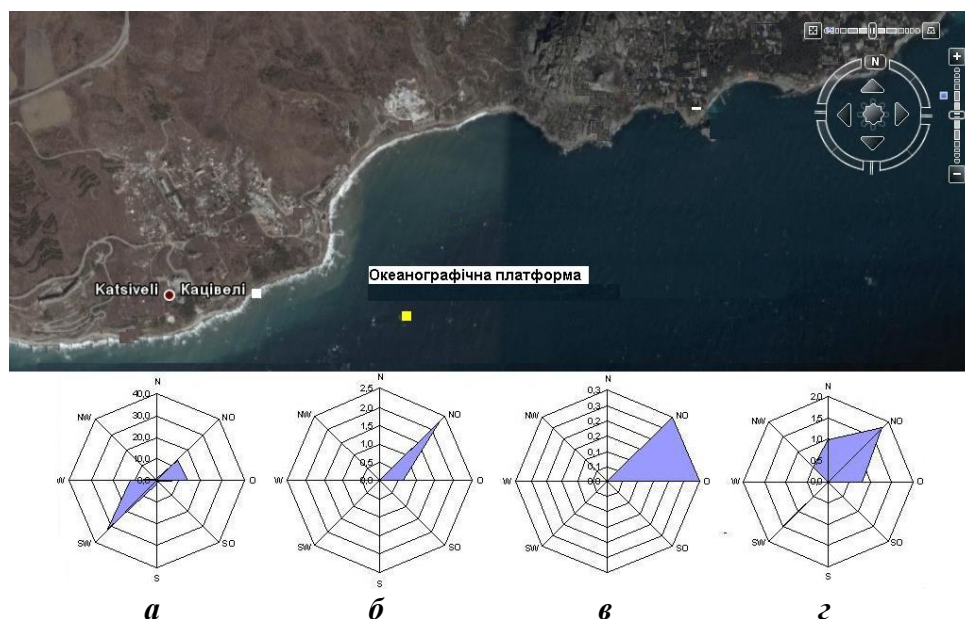
Р и с . 3 . Роботи на геоекологічному полігоні з борту мало-мірного судна: лебідка з ґрунтовою трубою перед відбором зразків (*а*), відібрана колонка донних відкладів в розкритому пластиковому вклядишу (*б*).

З головних напрямків досліджень, які визначають характер та технічну сторону функціонування системи спостережень, можна умовно виділити як геологічний, так і екологічний блоки. Умовність розподілу визначається тим, що тільки завдяки комплексності досліджень можливе отримання якісних результатів в дослідженнях обох напрямків. Так, наприклад, дослідження характеру сезонних змін вмісту екологічно небезпечних компонентів в складі завислої речовини та атмосферного аерозолі, спрямовані на визначення їх фонові природної складової та особливостей змін сезонних концентрацій, неможливі без моніторингу седиментаційних процесів та з'ясування зв'язків між комплексом факторів впливу на надходження, розподіл та депонування завислої речовини в межах акваторії.

Аналіз факторів впливу (еоловий переніс, річковий стік, біопродуктивність акваторії, абразія берегів), зокрема, показав що у районі робіт існує два основних, але нерівнозначних джерела надходження речовини в донні відклади – привнесення з узбережжя, головним чином мінеральної складової, завдяки вітровій ерозії, площинному змиву, абразії та продукування в морі живими організмами (фіто- та зоопланктоном в товщі води, бентосом). Домінуюча роль в надходженні теригенної речовини в межі акваторії прямо (еоловий переніс з території суходолу) чи опосередковано (вплив хвильової активності) належить вітровим процесам.

Узагальнення результатів спостережень дало можливість визначити ряд залежностей між особливостями гідрометеорологічної ситуації в районі досліджень та розподілом і складом осадової речовини [6, 7]. Дослідження показали, що кількість речовини, яка виноситься з території суходолу в межі акваторії залежить, головним чином, від таких факторів, як напрямки вітрів суходолу – акваторія та швидкість вітрів, що обумовлює збільшення еолових потоків речовини в декілька разів та зміни гранулометричного складу в напрямку збільшення розмірності фракції, що виноситься з поверхні ґрунтів.

Аналіз розподілу вітрів (на протязі 2007 – 2008 рр.) [7, 8] визначив, що на фоні загального домінування вітрів зі швидкістю 1 – 5 м/с (від 70 до 88 % повторюваності), «продуктивні» вітри, які визначають активізацію процесів надходження в акваторію осадкоутворюючої речовини, відповідають в біль-



Р и с . 4 . Розподіл напрямків вітрів (%) в районі смт.Кацівелі у квітні 2008 р.: вітри зі швидкостями 1 – 5 (а); 6 – 10 (б); 11 – 15 (в); > 15 м/с (г).

шості північно-східним напрямкам. Як приклад, можна навести розподіл вітрів на протязі квітня 2008 р. (рис.4.). Повторюваність вітрів в цьому місяці в діапазоні швидкостей 1-5 м/с складала майже 70 %, і відповідала, головним чином, західному та південно-західному напрямкам. Вітри, які мають вплив на надходження та переніс в атмосфері еолової зависі (в фіксованих діапазонах 6 – 10, 11 – 15 та > 15 м/с), складала незначну повторюваність, але відповідала північно-східним напрямкам.

В процесі досліджень були окреслені такі особливості:

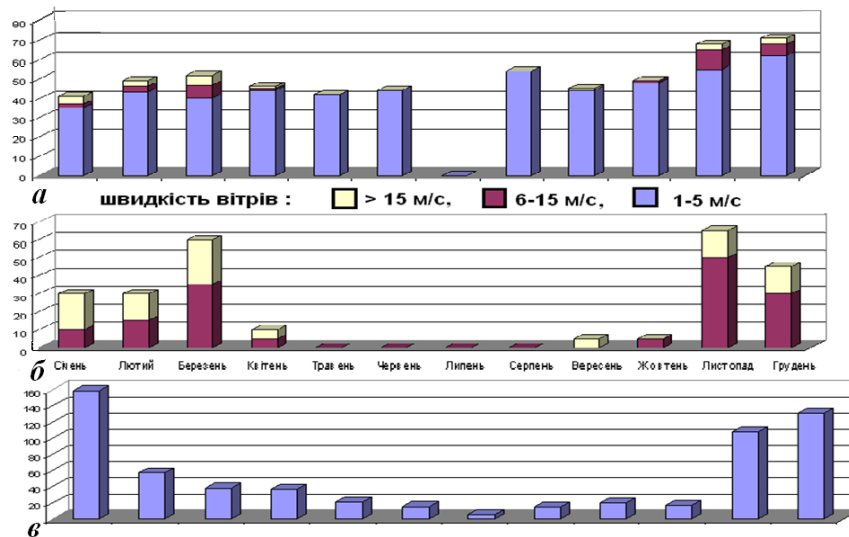
- вітри північних, північно-східних, західних та північно-західних напрямків генерують процеси надходження в акваторію еолових потоків з поверхні суходолу; вітри південно-західних, південних, південно-східних та східних напрямків при відповідних умовах сприяють процесам абразії та створюють донні протитечії, з якими відбувається надходження завислої речовини в донні відклади;

- швидкість повітряних потоків, що можуть транспортувати завислі частинки в акваторію моря повітряним шляхом, має перевищувати 5 м/с, збільшення швидкості пропорційно 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 на протязі тривалого періоду.

Також визначено певний позитивний зв'язок між розподілом вітрів та накопиченням зависі в пастках, що демонструє рис.5.

Тривалість періоду досліджень поки що не дає можливості констатувати наявність стійких зв'язків чи визначати певні закономірності, але тенденції існують, і додатково підтверджуються даними петрографічних досліджень.

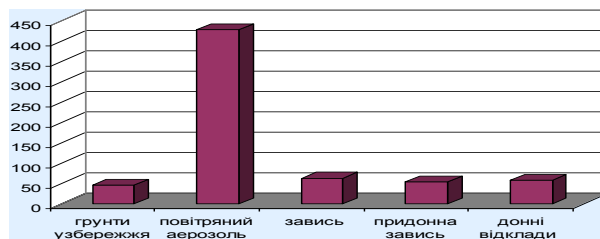


Р и с . 5 . Розподіл вітрів західного, північно-західного, північного, північно-східного напрямків за виключенням складової вітрів з швидкостями 1 – 5 м/с (а), за місяцями (б), обсяги накопичення завислої речовини в пастках обох рівнів, г (в).

Також, за даними натурних спостережень за атмосферним аерозолем на океанографічній платформі, було визначено факт збільшення розмірності частинок еолової зависі при зростанні швидкості вітрів. Це обґрунтовує помітні зміни гранулометричного складу осілої в пастках верхнього рівня речовини в період активізації вітрів північних напрямків з максимальними швидкостями, а також визначає петрографічний зв'язок з областями зносу, зокрема прилеглими гірськими масивами Південного Криму.

Екологічні дослідження, що проводяться на океанографічній платформі, спрямовані, головним чином, на визначення сезонних особливостей розподілу важких металів, ряду інших мікроелементів та пестицидів у компонентах навколишнього середовища. Загалом екологічний моніторинг, як інформаційна система спостережень, оцінки і прогнозу змін у стані навколишнього середовища має на меті оперативне виявлення антропогенної складової і дає можливість кількісно оцінити привнесення поллютантів в природне середовище і виявити перевищення нормативних показників. Наші моніторингові дослідження, за умови комплексності, дозволяють не тільки оцінити реальну ступінь забруднення шляхом порівняння з середньостатистичними багаторічними показниками для різних сезонів чи певної синоптичної і гідродинамічної обстановки, а й сприяти визначенню джерел надходження, швидкості процесу осадження і депонування в донних відкладах, та прогнозуванню спрямованості процесів природного самоочищення.

Аналіз розподілу важких металів в різних компонентах середовища показав, що для більшості мікроелементів максимальні концентрації спостерігаються в атмосферному аерозолі, як приклад нижче демонструється графік (рис.6) розподілу міді в ґрунтах узбережжя, повітряному аерозолі, донних відкладах та завислій речовині на різних глибинах.



Р и с . 6 . Вміст міді в різних компонентах середовища.

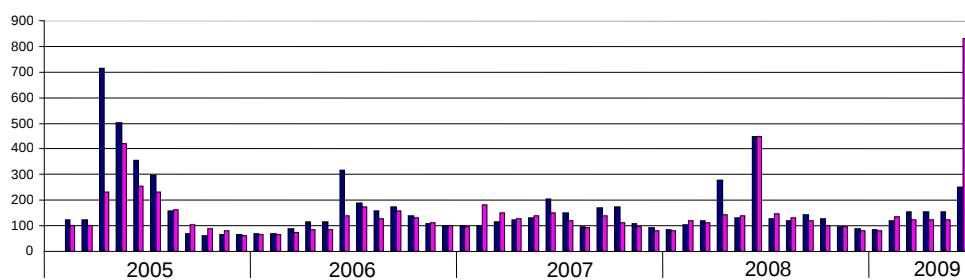
З отриманих рядів даних доцільно відмітити таку важливу закономірність у розподілі важких металів в завислій речовині, як їх сезонну циклічність. Невеликий часовий діапазон досліджень поки що не дозволяє напевно

визначити фактори такого розподілу, але очевидно, що основну роль тут відіграє перебіг природних процесів, перерозподіл вмісту живої і не живої компонент в морському середовищі в різні сезони. На графіку (рис.7) щомісячного розподілу концентрацій цинку в завислій речовині з пасток верхнього та нижнього рівнів відносно добре помітно річну циклічність розподілу елементу – мінімальні концентрації властиві зимовому періоду, максимальні – літньому.

В процесі досліджень [8] також проведено первинну систематизацію процесів надходження та розподілу в акваторії осадової речовини, запропоновано ряд індикаторів, що відповідають тим чи іншим процесам, визначено параметри створення концептуальної моделі впливу зовнішніх факторів на седиментаційні процеси. З метою попередньої оцінки взаємодії зовнішніх факторів та розподілу осадової речовини узагальнено матеріали моніторингу за рядом параметрів (визначено середні багаторічні дані щомісячного накопичення речовини, вміст глинистої складової, псаміто-алевритового матеріалу, $C_{орг.}$) та визначено ряд кореляційних зв'язків між зазначеними показниками.

В подальшому, на наш погляд, найбільш повна інформація може бути отримана в процесі запровадження узагальненого експерименту з постановкою седиментаційних спостережень одночасно в 2 – 3-х точках Чорного моря, які характеризували б різні умови надходження завислої речовини в акваторію. На протязі циклів за декілька років можна було б отримати найбільш повну і об'єктивну картину седиментації та виявити механізм поведінки мікроелементів в складових зони стику «суходіл – море».

Таким чином, можна вважати, що вибраний напрямок досліджень є виправданий. Отриманий досвід показує, що дослідження процесу сучасного осадконакопичення на основі системного моніторингу дозволяє:



Р и с . 7 . Вміст цинку (г/т) в завислій речовині з придонних пасток (перший стовбець) та пасток, розташованих на глибині 15 м.

- з'ясувати особливості надходження, розподілу і накопичення забруднювачів в морській екосистемі;
- визначити (в загальному плані) основні фактори динаміки внутрішньорічного перерозподілу речовини;
- сформулювати вимоги щодо удосконалення моніторингу як бази інформаційного забезпечення якісних оцінок стану морської екосистеми і його прогнозування;
- уможливити контроль і керуваність процесу антропогенного забруднення акваторії в напрямі його мінімізації і підтримання саморегулюючих функцій екосистеми.

Дослідження внутрішньорічного розподілу забруднювачів в морській екосистемі на основі стаціонарних спостережень із застосуванням седиментаційних пасток може бути складовою загальної системи екологічного моніторингу із включенням існуючого об'єкту спостережень до постійної системи моніторингу, а при уніфікації всіх технічних даних, можливо, міжнародної мережі спостережень за процесами седиментації в Світовому океані.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Наседкин Е.И., Довбиш С.Н.* Тяжелые металлы в атмосферном аэрозоле южного берега Крыма // *Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности.*– Киев: Знание, 2003.– № 5.– С.71-76.
2. *Наседкин Е.И., Брек В.В., Ковешников Л.А.* Современное осадконакопление в зоне контакта суша-море // *Геология и полезные ископаемые Черного моря.*– Киев: ИГН, 1999.– С.289-293.
3. *Разработка технологии геоэкологического контроля окружающей среды по параметрам эоловой и водной взвеси / Митропольский А.Ю., Радзивил А.А., Усенко В.П. и др.*– Отчет №0194U030391.– Киев, ИГН НАН Украины, 1994.– 36 с.
4. *Мороз С.А., Митропольский А.Ю., Демедюк Ю.Н. и др.* Геохимический мониторинг Черного моря (Методические вопросы постановки и проведения режимных исследований приоритетных характеристик геохимической структуры бассейна Черного моря) / *Препринт.*– Киев: ИГН АН УССР, 1990.– № 90-3.– 45 с.
5. *Геология шельфа УССР. Среда. История и методика изучения.*– Киев: Наукова думка, 1982.– 180 с.
6. *Наседкин Е.И., Иванова Г.М., Ключина Г.В., Довбиш С.М.* Вплив гідрометеорологічних умов на седиментаційні процеси / *Збірник наукових праць ИГН НАН України.*– Київ, 2009.– вип.2.– С.103-106.
7. *Наседкин Е.И., Иванова А.Н., Кузнецов А.С., Ключина А-К. В., Довбыш С.Н., Тимофеева Ж.Б.* Некоторые результаты исследований влияния метеорологических факторов на процессы современного осадконакопления // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.– вып.19.– С.44-55.
8. *Митропольский О.Ю., Наседкин Е.И., Иванова Г.М., Кузнецов О.С., Берестовая О.В.* Сезонні особливості седиментаційних процесів на шельфі Чорного моря // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– вып.17.– С.124-132.

Матеріал поступив в редакцію 21.10.2010 г.