

Є.І.Наседкін

Інститут геологічних наук НАН України, м.Київ

**РЕЧОВИННО-ГЕНЕТИЧНИЙ СКЛАД ТА ЗАГАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ
РОЗПОДІЛУ АТМОСФЕРНОГО АЕРОЗОЛЮ
В МЕЖАХ ПІВДЕННОГО УЗБЕРЕЖЖЯ КРИМУ**

Представлені результати натурних спостережень за процесами надходження в акваторію атмосферним шляхом теригенної седиментаційної речовини за інтервал у два роки. Окреслені загальні тенденції щодо ролі еолових потоків у седиментаційних процесах в районі досліджень, встановлені зв'язки між динамічними умовами у атмосферному середовищі та поведінкою седиментаційного матеріалу в різних умовах.

Ключові слова: *седиментогенез, еолові потоки, експериментальний полігон*

Одним з головних регуляторів обміну речовиною і енергією між акваторією та суходолом є атмосферні потоки, хоча питання щодо особливостей їх впливу на розподіл речовини в прибережних природних комплексах залишається недостатньо вивченим. Зокрема, відсутність тривалих натурних спостережень за процесами пересування та надходження атмосферного аерозолю в шельфову зону Чорного моря залишає «білу пляму» в дослідженнях генезису, шляхів надходження та трансформації теригенної осадоутворюючої речовини в ланцюзі «суходіл – морське середовище – донні відклади».

В рамках реалізації проекту з проведення комплексних досліджень морських природних систем у відділі сучасного морського седиментогенезу Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України розроблено та створено експериментальні зразки устаткування для відбору атмосферного аерозолю як одного з компонентів загальної системи спостережень за пересуванням седиментаційної речовини в межах зони взаємодії суходолу та акваторії моря. На сьогодні спільними зусиллями відділу сучасного морського седиментогенезу ІГН та Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту (ЕВ МГІ) НАН України проводяться режимні спостереження за пересуванням атмосферної речовини на океанографічній платформі в межах експериментального полігону ЕВ МГІ за допомогою виготовлених аерозольних пасток. Основною метою досліджень є визначення ролі атмосферних потоків в привнесенні седиментаційної речовини в межі шельфової зони, сезонних закономірностей її надходження а також дослідження речовинного складу еолової зависі та вмісту в її складі небезпечних мікроелементів.

Дослідження процесів надходження та речовинного складу атмосферного аерозолю за відносно невеликий період спостережень, нажаль, тільки дає можливість окреслення загальних тенденцій щодо ролі еолових потоків у седиментаційних процесах в районі досліджень, встановлення зв'язків між динамічними умовами у атмосферному середовищі та поведінкою седиментаційного матеріалу в різних умовах.

Загальні дані щодо атмосферних аерозолів. Існує обмежена кількість літературних джерел, присвячених живленню акваторій морів та океанів ео-

ловими надходженнями твердої речовини. Цим питанням приділяли увагу такі відомі вчені, як Р.В.Абрамов [1], М.О.Айбулатов [2] та О.П.Лісцин [3]. Дослідження, як правило, мали загальний характер та стосувались широкого спектру питань в цьому напрямку, зокрема геоморфологічних умов зародження і формування еолових потоків та механізмів вітрового пересування наносів. Дослідженням ролі еолових надходжень у процесах осадконакопичення в морських акваторіях відводилось місце у роботах радянських [4 – 6] та іноземних [7, 8] дослідників.

Аерозолі, в загальному випадку, є нестійкою динамічною системою. Частинки, завислі в атмосферному повітрі, можуть надходити на водну поверхню під впливом різних причин, головним чином гравітаційного осідання, а також вимивання дощами та випадіння зі снігом. Для району спостережень найбільша частина теригенної речовини, зокрема пісчано-алевритової розмірності, надходить в прибережну частину акваторії в період суттєвих вітрів. Чим сильніший вітер, тим більша розмірність частинок, що переносяться в бік акваторії з суходолу.

До основних морфологічних властивостей аерозольних частинок відносять їх форму, структуру та характерні розміри. Вивчення цих особливостей дозволяє провести якісну класифікацію аерозолів та глибше зрозуміти фізико-хімічні процеси їх утворення та еволюції.

За гранулометричним складом аерозольні системи розділяють на високо-, середньо- та грубодисперсні. Частинки в діапазоні розмірів 0,001 – 0,1 мкм відносяться до високодисперсних, час перебування їх в атмосфері може досягати місяців та років. Частинки розміром більше 10 мкм відносяться до грубодисперсних, і знаходження таких частинок в повітрі обчислюється хвилинами. Час перебування середньодисперсних систем (0,1 – 10 мкм), що складають основний внесок в масову концентрацію атмосферних аерозолів, в повітрі, обчислюється годинами [9]. Тверді або рідкі частинки з розмірами від 100 до 1000 мкм можуть надходити в атмосферне середовище за умов значної вітрової активності.

Розрізняють два механізми первинного утворення аерозольних частинок: при руйнуванні суцільних твердих і рідких речовин і при з'єднанні (конденсації) молекул речовин, що знаходяться у випареному стані в атмосфері. Другий тип також поділяється на первинні та вторинні аерозолі. На початковому етапі в різноманітних процесах як диспергації, так і конденсації речовини утворюються первинні тверді і рідкі частинки. Якщо рідкі краплі з розмірами менше 100 мкм в атмосферних умовах завжди сферичні, то тверді первинні частинки можуть мати різноманітні форми. За формою виділяють три основні класи таких частинок: ізометричні, для яких в першому наближенні всі три розміри збігаються; пластинчасті, які за двома з трьох напрямками видовжені, волокнисті (видовжені в одному напрямку) з порівняно невеликими розмірами в двох других (призми, нитки, волокна).

Еолова завись, що має первинне утворення, це, в першу чергу, континентальний аерозоль, що має розміри від декількох до сотень мікрометрів, головним чином містить кремній і алюміній і в більшості представляє собою уламки гірських порід. Друга категорія – це морський аерозоль, що має розміри в середньому до 10 мкм, та містить натрій, калій, магній, кальцій,

хлор і представляє винесені вітром з поверхні морів і океанів продукти випарювання морських бризок. До наступної категорії відносяться частинки біогенного походження (безпосередньо викинуті в атмосферу і утворені в результаті конденсації летких органічних сполук, наприклад терпенів, а також хімічних реакцій між цими сполуками). Окрема категорія – це дими від процесів спалювання на суші та продукти природних газофазних реакцій [10] а також вулканічний аерозоль (як безпосередньо викинутий в атмосферу, так і утворений за рахунок газофазних реакцій).

Велика кількість аерозолів утворюється в результаті природних процесів. В середньому ґрунти і рослинний світ дають понад 40 % кількості еолової речовини, а водна поверхня 10 – 20 % всіх атмосферних аерозолів. З антропогенних джерел промислові підприємства вносять 20 %, транспорт – до 10 % аерозолів. Основне джерело антропогенних аерозолів - процес горіння. Енергетика і транспорт дають 2/3 загальної кількості антропогенних аерозолів. Серед інших джерел аерозолів – металургійні підприємства, виробництво будівельних матеріалів, хімічні виробництва [11].

В районі досліджень в межах приземного (приводного) шару атмосфери, де реалізується система спостережень, домінуючими типами еолової завіси мають бути ґрунти денної поверхні прибережної частини суходолу, морська складова та органічна речовина, що обумовлюється біологічним різноманіттям прибережних територій. Нажаль, методики проведення робіт унеможливають відбір морської складової атмосферної завіси (зокрема, процедура промивання шарів фільтрувальної тканини в дистильованій воді), а конструктивні особливості фільтрів не гарантують відбору всього обсягу частинок еолової завіси пелітової розмірності, що проходить через пастки.

Ці обмеження обумовлюють загальну спрямованість публікації, в якій, на даному етапі спостережень тільки окреслюються отримані результати на базі «сухого» фактажу без певних оцінок та прогнозів.

Конструктивні особливості устаткування для відбору еолової завіси та методичні особливості його використання. Найбільш оптимальним варіантом дослідження атмосферних потоків седиментаційної речовини визначено розташування пасток для відбору атмосферного аерозолію на океанографічній платформі на відстані півкілометра від берегової лінії та на висоті приблизно 20 м над поверхнею моря. Необхідність тривалої експозиції фільтрів на протязі місяця вимагає жорстких умов до експлуатації відповідного обладнання та певної комплексності. Зокрема, мається на увазі одночасне використання пасток для вертикальних та горизонтальних потоків речовини, за умов фіксації еолової завіси в пастках в періоди сильних вітрів, дощів та інших атмосферних збурень, що можуть вплинути на зміни кількості вже накопиченої на фільтрах речовини.

В рамках реалізації досліджень у відділі сучасного морського седиментогенезу ІГН розроблено та створено експериментальні зразки двох типів устаткування для відбору атмосферного аерозолію на платформі:

1) пастки для «транзитних» горизонтальних потоків еолових частинок типу «Парус»;

2) пастки для вертикальних потоків еолових частинок типу «Ковдра».

На відміну від відомих з літературних джерел конструкцій (12, 13, 14 2),

що фіксувались в одному напрямку, запропоновано створити пастку для вертикальних потоків аерозолі, що може обертатися (рис.3). Це дає можливість робочій частині пробовідбірника весь час бути розташований «під вітром» і приймати частинки еолової зависі, що надходять з повітряними потоками та унеможливує втрати накопиченої зависі під час змін напрямків вітрів. Невелика площа робочої частини пастки ($0,4 \text{ м}^2$) обумовлюється необхідністю зменшення динамічного (вітрового) навантаження на пробовідбірник та можливістю утримувати робочу частину пастки під вітром. Конструкція пробовідбірника дозволяє тривалий час накопичувати еоловий матеріал без втрат, завдяки геометрії приймаючої частини, щільності фільтрувальної тканини та наявності двох шарів фільтра. Основний фільтр представляє собою поліакрилову сітку «млиновий газ» з діаметром пор $0,036 \text{ мм}$, що дозволяє проводити відбір речовини алевритової розмірності з атмосферних потоків, зовнішній шар фільтру – голкопробивний геотекстиль – має діаметр пор $0,1 \text{ мм}$ і слугує бар'єром для повторного винесення вітром вже осілої речовини з пастки.

Пастки для вертикальних потоків еолової зависі (рис.1) представляють собою горизонтальну рамку з натягнутою в декількох сантиметрах від площі опори фільтрувальною тканиною. З метою захисту від винесення більш сильним вітром вже накопиченої на фільтрі еолової речовини фільтрувальну тканину зверху захищає менш щільний шар геотекстилю, що гасить вплив атмосферних збурень на поверхню фільтру. Пастки, виходячи з технічних можливостей, розташовуються на найвищій площадці океанографічної платформи, що має забезпечувати чистоту відбирання проб.

Результати досліджень. Атмосферний переніс речовини з суходолу, за оцінкою А.П.Лісіцина [3], як джерело живлення теригенним матеріалом акваторій морів складає незначну частку серед інших шляхів надходження. За загальними показниками джерела надходження речовини з суходолу розподіляються так: річковий стік складає $73,1 \%$ всього теригенного осадового матеріалу, що бере участь у седиментації, стік розчинених речовин ($12,7 \%$), еолового матеріалу ($6,4 \%$) та продуктів абразії ($1,9 \%$).

Для акваторії Чорного моря, за даними досліджень [15] абсолютна кількість ряду елементів, які щорічно надходять з атмосферними потоками складає один порядок з величиною надходження останніх у складі річкових вод.



Р и с . 1 . Процес підготовки до експлуатації пасток з відбору горизонтальних та вертикальних потоків еолової речовини на Океанографічній платформі (а); збір конструкції пастки – закріплення армованого стабілізатора напрямку до основного каркасу (б).

Для Південного берега Криму, і зокрема району досліджень, внесок еолового живлення акваторії седиментаційним матеріалом відносно інших джерел значно збільшується. Географічне розташування та природні особливості ділянки досліджень виключають суттєвий вплив «головного конкурента» атмосферного надходження – річкового стоку – на процеси надходження речовини з континенту.

Головний фактор, що впливає на інтенсивність еолового процесу, це тип і швидкість вітру. Переміщення повітряних мас відбувається в основному паралельно поверхні землі. Вітер переносить уламковий матеріал на великі відстані. Чим більше швидкість вітру, тим більша розмірність еолової завісі: 3 – 4 бальний вітер (швидкість 4,4 – 6,7 м/с) несе пил, 5 – 7 бальний (9,3 – 15,5 м/с) – пісок. За літературними даними [16 – 18], для північно-східної частини Чорного моря переважають північні і північно-східні вітри обумовлюють суттєвий вплив на перенесення наносів з берегів в море. В районах прибережних піскових відкладів вітер зносить величезну кількість піску, до 3 – 5 тис. м³ з 1 км довжини берега в місяць. Це відбувається при вітрах помірної сили 8 – 12 м/с.

Зокрема, автор роботи [19] зазначає, що інтенсивність надходження атмосферних аерозолів в межі акваторії тісно пов'язана з північно-східними вітрами та короткочасовими катастрофічними вітрами з території суходолу. При цьому кримський шельф вважається другим по значимості щодо кількості поставок еолового матеріалу після північно-східного. За розрахунками автора, розподіл надходження еолового матеріалу на шельф між основними факторами виносу розподіляється так:

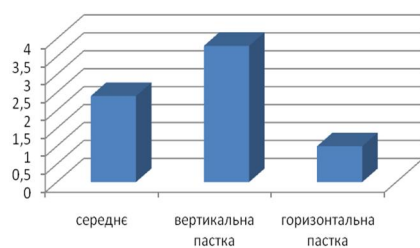
- нічним бризом – 312,5 тис. т за рік,
- сильними вітрами (10 – 15 м/с) – 3,031 млн. т за рік,
- катастрофічними вітрами (> 15 м/с) – 1,955 млн. т за рік,

і загалом оцінюється в 22 % сукупної кількості осадового матеріалу.

При цьому між факторів виносу домінуючу роль мають сильні вітри - при перерахунку зазначеної загальної кількості атмосферного аерозолі у відсотки, на їх рахунок припадає майже 60 %.

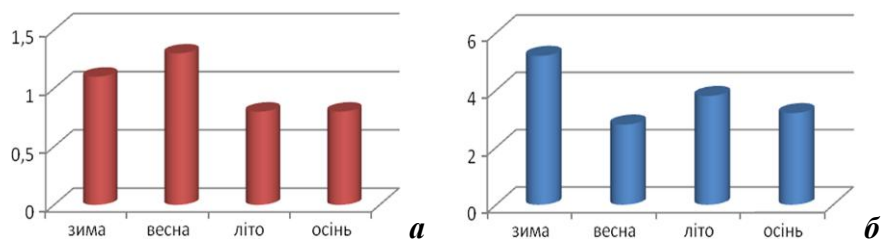
За результатами наших досліджень (середні показники, узагальнення за період спостережень) інтенсивність надходження речовини в складі вертикальних потоків більше ніж в два рази перевищує надходження з горизонтальними, що демонструє діаграма (рис.2).

Середньомісячні об'єми речовини, відібраної з вертикальних пасток, складають 3,8 г, з горизонтальних – 1 г на м². Значна різниця в кількості осілої речовини з вертикальних і горизонтальних потоків може свідчити про те, що точка відбору розташовується, головним чином, на шляху транзитних еолових потоків.



Відносно тривалий період досліджень та суттєва кількість оброблених зразків фактичного матеріалу дали можливість також побудувати графіки сезонної інтен-

Рис. 2. Середні показники накопичення завісої речовини в пастках для еолової завіси за період 2010 – 2012 рр., г/м².



Р и с . 3 . Сезонна динаміка накопичення речовини в пастках: горизонтальна (а), вертикальна (б) пастки, г/м².

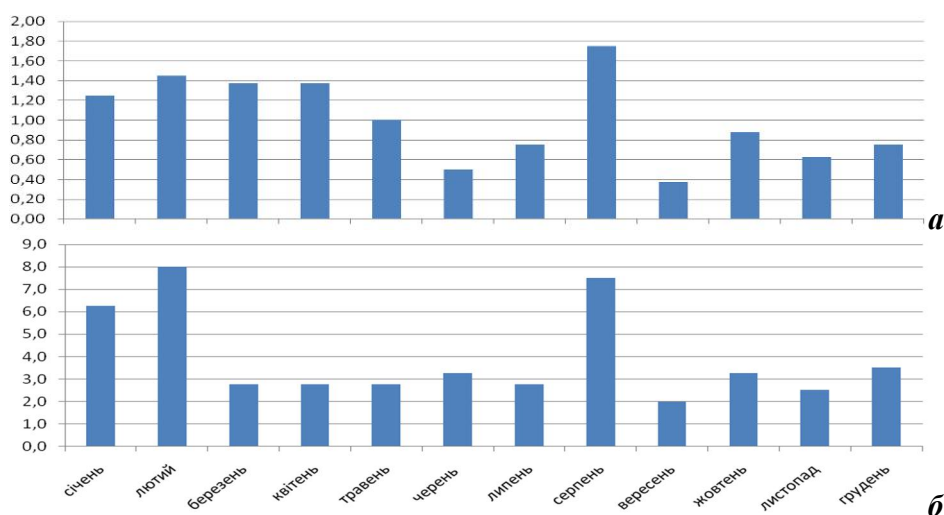
сивності надходження еолового матеріалу (рис.3). В зв'язку із значними міжмісячними перепадами в накопиченні завислої речовини такі зведені дані мають більш демонстративний характер.

Згідно отриманих даних доцільно зробити висновок, що вітри за інтенсивністю мають не стільки сезонні закономірності в перенесенні аерозолі, скільки ситуативні – відповідно до короточасних, але потужних атмосферних збурень. Про це наочно свідчать графіки щомісячного надходження аерозолі в обидві пастки (рис.4).

За отриманими даними, для обох пасток виділяються стабільно високі показники надходження аерозолі на протязі зимових місяців, що обумовлюється збільшенням швидкостей вітрів в холодний період.

Деяка невизначеність залишається при співставленні обсягів накопичення речовини різними пастками – відсутність вираженої синхронності накопичення, яка теоретично повинна була мати місце, можна обумовити лише особливостями пересування горизонтальних та вертикальних потоків речовини. З іншого боку, звертає на себе увагу схожість даних накопичення аерозолі в пастках за окремі місяці, наприклад серпень і жовтень.

З метою з'ясування існуючих залежностей між напрямками та силою вітрів було оброблено інформаційний масив даних, отриманий фахівцями



Р и с . 4 . Щомісячний розподіл мас еолової речовини в горизонтальній та вертикальній пастках для атмосферного аерозолі: горизонтальна (а), вертикальна (б) пастки, г/м².

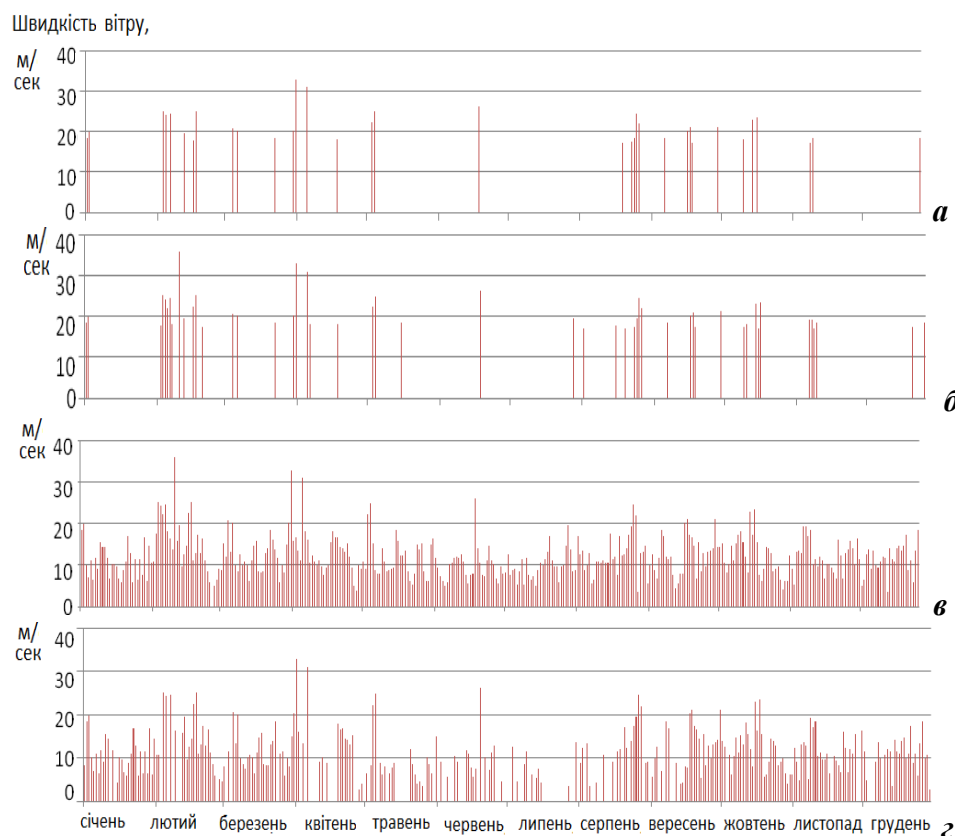
ЕВ МГІ в процесі безперервних спостережень за напрямками та силою вітрів в районі досліджень. Виміри проводилися тричі кожної доби на протязі року, визначалися найбільші швидкості вітрів за зазначений дискретний період. Представлені нижче вибірки даних за:

- загальним розподілом швидкостей вітрів всіх напрямків на протязі року,
- загальним розподілом вітрів з території суходолу,
- розподілом вітрів з території суходолу зі швидкостями більше 17 м/с,
- розподілом вітрів за всіма напрямками зі швидкостями більше 17 м/с.

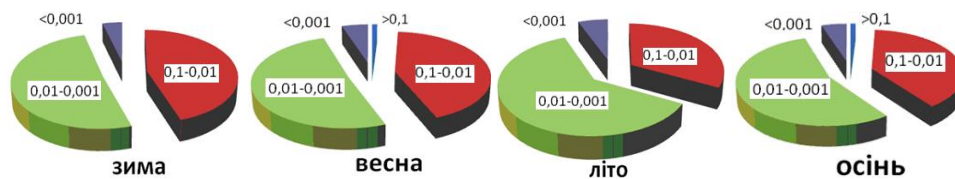
Результати свідчать, що, по-перше, в районі досліджень домінують вітри північних напрямків. По-друге, діаграми наочно демонструють зв'язок між напрямками вітрів з суходолу та їх максимальними, найбільш «продуктивними» для переносу теригенної речовини, швидкостями (рис.5).

Зв'язок вітрів максимальної сили з інтенсивністю надходження атмосферного аерозолі в вертикальну та горизонтальну пастки досить чітко визначається для ряду місяців, зокрема лютого, квітня, серпня та жовтня.

Одним з додаткових показників зв'язку між швидкістю вітрів та інтенсивністю аерозольних потоків має бути гранулометричний склад відібраної речовини [20]. На жаль, незначна кількість еолового матеріалу не дала мож-



Р и с . 5 . Діаграми внутрішньорічного розподілу вітрів за швидкостями та напрямками (2011 р., вибірки за 4 показниками): вітри зі швидкостями більше 17 м/с, напрямки з суходолу (а), усі напрямки (б); інтенсивність вітрів в районі досліджень, загальні дані (в), всі напрямки з суходолу (г).



Р и с . 6 . Розподіл основних фракцій у пробах аерозолію (зведено за чотири сезони). Розмірність фракцій представлена у міліметрах.

ливості провести усесторонні дослідження, наявні данні щодо гранулометричного складу аерозолію одиничні і можуть надати тільки загальне уявлення щодо розмірності та складу зерен речовини, що осідає в пастках, та можливо-го зв'язку механічного складу проб з певними часовими інтервалами (рис.6).

Дані, наведені на графіках, свідчать про незначне збільшення алеврито-псамітової фракції у гранскладі проб осіннього та зимового періодів, що, в цілому, координується із збільшенням швидкості вітрів у зазначеному часовому діапазоні.

З метою детального описання алеврито-псамітової складової, а також підготовки матеріалу для досліджень на електронному мікроскопі, для ряду найбільш представницьких проб було проведено фракціонування за допомогою фільтрувальної тканини, що використовується для відбору атмосферної речовини (ситотканина марки 90ПА43). Проби розмочувалися в дистильованій воді та фільтрувалися через ситотканину. Процес фільтрування виявив наявність великої кількості агрегатів, що складалися з частинок пелітової розмірності і мали досить щільну структуру, що тривалий час не піддавалась розмочуванню у дистилаті.

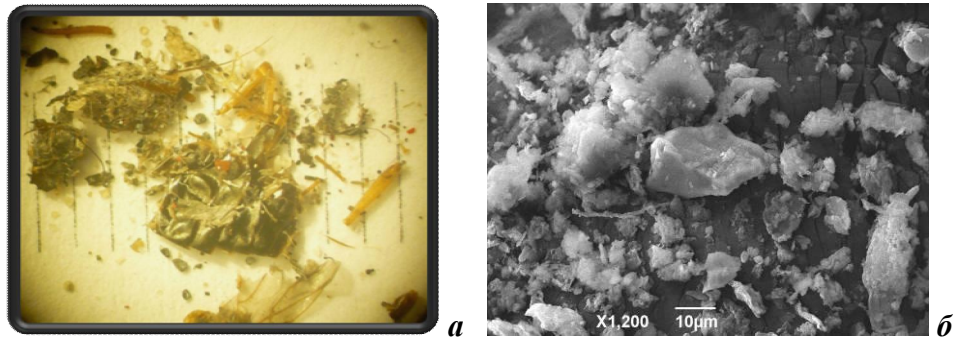
Результати досліджень мінеральної компоненти як алеврито-псамітової, так і пелітової фракції виявили ряд цікавих особливостей речовинного складу еолової завісі. Нижче приведено стислий опис та фотографії проб аерозолію алеврито-псамітової фракції після сепарації через тканину фільтру для найбільш представницьких проб різних сезонів. Паралельно з цими фотографіями надаються зображення пелітової складової тих самих зразків речовини, зроблені за допомогою електронного мікроскопу.

Зимовий період характеризується наявністю у складі відокремленої алеврито-пелітової фракції (< 0,03 мм) суттєвої кількості мінеральної теригенної речовини уламкового походження (кварц, кальцит) та незначним вмістом сферичних включень, утворених, вірогідно, в атмосферному середовищі.

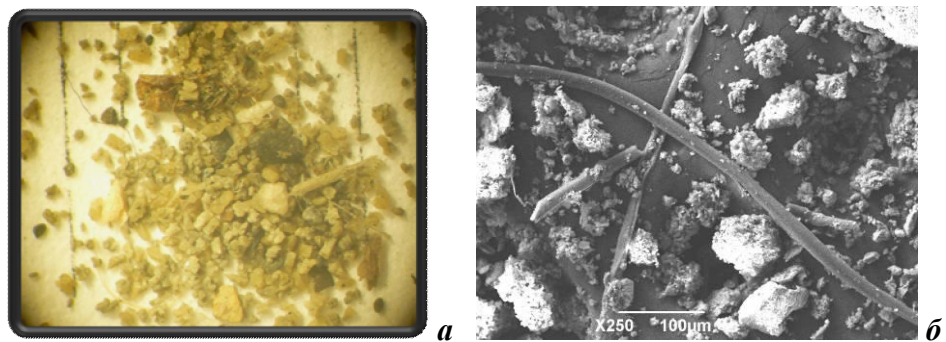
Відсепарована речовина алеврито-псамітової розмірності з проб зимового періоду (лютий) 2011 р. включає, головним чином, органічні фрагменти – залишки панцирів комах (до 80 %), тільки 20 % мінеральної складової представлені білуватими обкатаними зернами кварцу (рис.7).

За існуючою класифікацією результати аналізу свідчать, що в пробах аерозолію зимового періоду домінує середньодисперсна натурна речовина ізометричної форми, представлена теригенно-уламковим матеріалом. Нижня границя грубодисперсної речовини також представлена уламковим матеріалом, верхня – головним чином органічною речовиною.

Для проб атмосферної завісі весняного періоду властиві міжмісячні перепади в співвідношеннях гранулометричних фракцій, морфологічних і генетичних типах відібраної речовини. Зокрема, серед проб весняного періоду



Р и с . 7 . Алеврито-псамітова фракція речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – лютий 2011 р. Поділлка шкали тут і далі на фотографіях алеврито-псамітової фракції дорівнює 1 мм (а); алеврито-пелітова фракція атмосферної речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – січень 2012 р. Розмірність, вказана на ілюстрації – мікрометри (б).



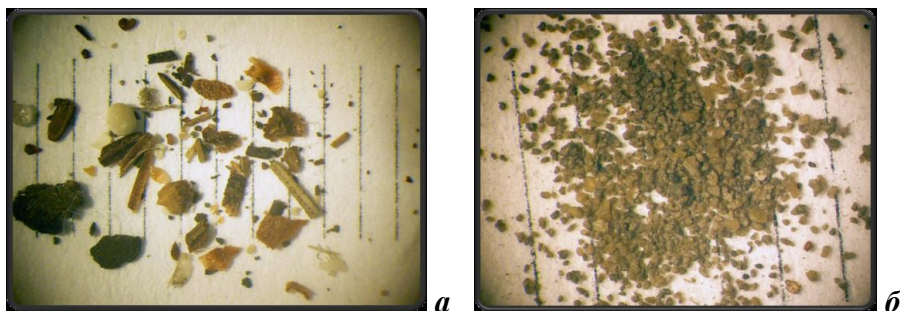
Р и с . 8 . Алеврито-псамітова (а) та пелітова (б) фракції речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – травень 2011 р. на фото (б) ниткоподібні фрагменти – волокна зовнішнього фільтру (геотекстиль), що залишились в пробі після промивання.

за кількістю алеврито-псамітової фракції виділяється зразок з вертикальної пастки за травень місяць (рис.8). На відміну від попередньої проби зимового місяця мінеральна складова в ній перевищує 80 %, причому вирізняється добрим сортуванням зерен (кварц, польовий шпат). Органічна речовина в загальному обсязі не перевищує 5 – 10 %, і представлена фрагментами комах та волокнами деревини.

Пелітова складова проби визначається, головним чином, несуттєвою кількістю уламкового матеріалу, що візуально фіксується, чим кардинально відрізняється від складу грубодисперсної фракції.

Проби літнього періоду відмічаються не тільки найбільшим міжмісячним різноманіттям, але й суттєвими перепадами у вмісті речовинно-генетичних типів еолового матеріалу.

Наприклад, алеврито-псамітова складова проб з горизонтальної пастки за перший літній місяць сягала не більше 3 – 4 % із загальної кількості речовини при цьому 70 % фракції представляли собою окремі уламки панцирів мікроорганізмів та органічні залишки рослинності (мінеральна компонента представлена зернами кварцу) (рис.9).



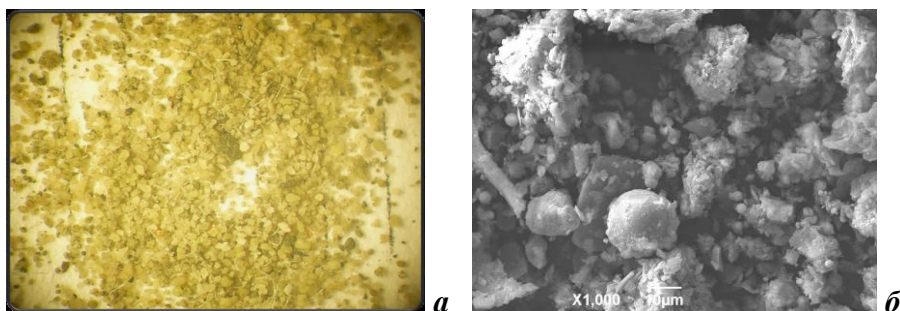
Р и с . 9 . Алеврито-псамітові фракції (а) речовини з горизонтальної пастки, речовини з вертикальної пастки (б), часовий інтервал відбору – червень 2011 р.

Натурний матеріал з вертикальної пастки за той самий місяць навпаки, представляє собою добре відсортовану теригенну речовину, складену, головним чином, уламками мінералів та гірських порід (головним чином, середньо сортвані зерна кварцу – 70 % та уламки порід – 30 %) (рис.9).

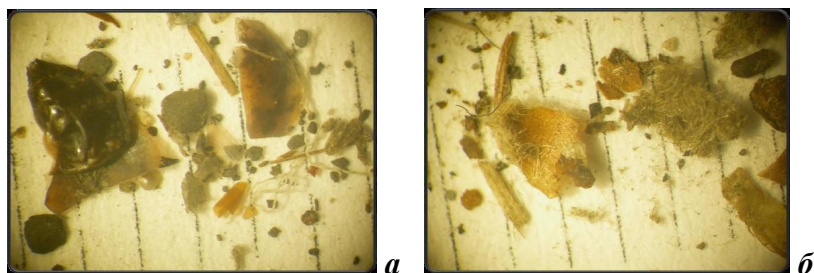
Також і серпневі проби атмосферного аерозолію відносно багаті на вміст алеврито-псамітової фракції, хоча і дуже нерівномірно за кількістю фракції в різних пастках. Для горизонтальної пастки вміст зазначеної фракції досягає 10 % (рис.10). Вміст органічної складової досягає 5 %, речовина представлена в більшості волокнистими фрагментами. Мінеральна компонента (95 % вмісту) представлена не обкатаними білуватими зернами кварцу (до 70 – 80 %) а також рожевими та зеленуватими зернами польового шпату. Також в складі мінеральної компоненти широко присутні глинисті уламки порід сірого кольору (20 – 30 %).

У пелітовій фракції помітно підвищується вміст сферичних включень, вірогідно, утворених в атмосферному середовищі.

Осіnnий сезон, відповідно до результатів досліджень, умовно поділяється на два періоди. Проби, відібрані у першій половині сезону, на фоні загального зменшення кількості речовини, осілої в пастках, визначаються незначним вмістом уламкового теригенного матеріалу та алеврито-псамітової фракції (в пробі не перевищує 2 %). В речовинному складі домінує органіка, що складає до 90 % об'єму проби (рис.11). Це, головним чином, деревинні уламки, фрагменти хітинового покриву комах, залишки панцирів молюсків. Мінеральна компонента не перевищує 10% та представлена зернами кварцу і пластинками глинистої породи.



Р и с . 1 0 . Алеврито-псамітова (а) та пелітова (б) фракції речовини з горизонтальної пастки, часовий інтервал відбору – серпень 2011 р.



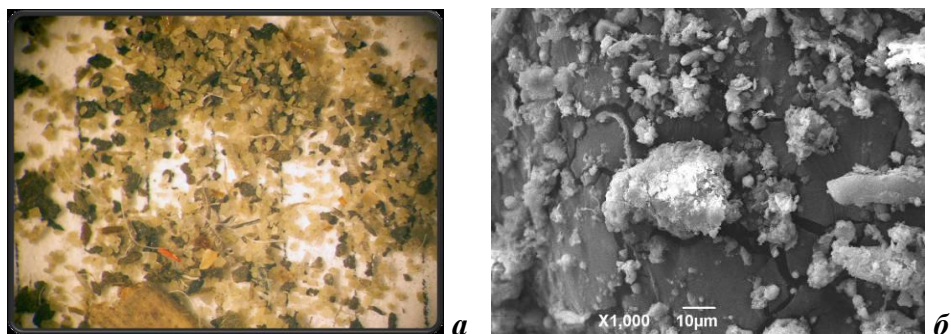
Р и с . 1 1 . Алеврито-псамітові фракції (а) атмосферної речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – вересень 2011 р., та горизонтальної пастки (б), часовий інтервал відбору вересень – жовтень 2011 р.

Приблизно така ж картина спостерігається і у жовтні, незважаючи на суттєве посилення інтенсивності вітрів з території суходолу. І для вертикальної, і для горизонтальної пастки кількість алеврито-псамітового матеріалу ледь досягає 1 – 2 % із загального обсягу проб. Як і в вересневих пробах, кількість органічної речовини в складі фракції досягає 90 % (рис.11). Мінеральна компонента приблизно складає 10 % (зерна кварцу, пластинки глинистої породи).

В листопаді спостерігається суттєве збільшення алеврито-псамітової фракції в зразках фактичного матеріалу, на тлі незначного зменшення вітрової активності та майже відсутності змін у обсягах накопичення аерозолі в обох пастках. Особливо помітно це для речовини з горизонтальної пастки, де вміст фракції перевищує 10 %. Проба складається з добре відсортованого матеріалу з доданням деревовидних фрагментів. Вміст органіки досягає 50 %, при цьому спостерігаються численні вуглисті частинки (рис.12). Мінеральна компонента фракції (50 %) представлена рисоподібними білуватими зернами кварцу та одиничними зернами польового шпату.

З метою узагальнення даних та підтвердження візуальних результатів мікроскопічних досліджень речовинного складу еолового матеріалу було проведено його рентгеноструктурний аналіз. Дослідження проводились в лабораторії рентгеновських методів досліджень мінеральної речовини Науково-учбового центру мінералого-геохімічних та аналітичних досліджень Київського національного університету ім.Т.Шевченка на приладі ДРОЛН-УМ1.

Дослідження підтвердили стійку присутність у пробах за весь період досліджень, за незначним виключенням, фаз таких мінералів, як кальцит,



Р и с . 1 2 . Алеврито-псамітова (а) та пелітова (б) фракції атмосферної речовини з горизонтальної пастки, часовий інтервал відбору – листопад – грудень 2011 р.

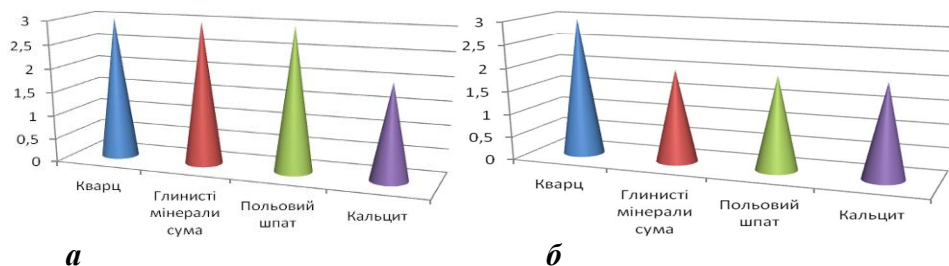


Рис. 13. Середній вміст мінералів у складі зразків, відібраних вертикальною (а) та горизонтальною (б) пасткою, середнє за період досліджень, діапазон виміру присутності фаз від 1 (мінімум) до 4 (максимум).

польові шпати та кварц. Глинисті мінерали повсюдно представлені каолінітом, іллітом та хлоритом у різних співвідношеннях. Присутні коливання фаз з мінімальної кількості до максимальної за окремі місяці.

В умовному графічному відношенні щодо кількості, чи ступеню присутності фаз мінералів в різних зразках речовини картина розподілу представлена на рис.13. При цьому ступінь присутності фази визначається в числовому еквіваленті від 0 до 4 (0 – фаза відсутня, 1 – фаза присутня в мінімальній кількості, 4 – фаза присутня в максимальній кількості).

Обговорення та висновки. Відносно невеликий період спостережень дає можливість отримати тільки загальне уявлення щодо ролі еолових потоків у седиментаційних процесах в районі досліджень.

Результати досліджень зв'язку між вітровою активністю та кількісним і якісним складом відібраної атмосферної речовини свідчать, що:

- наявності позитивного, але неявно вираженого, зв'язку між силою та напрямками вітрів з одного боку, та кількістю осілої в пастках речовини;
- відсутності виражених залежностей між інтенсивністю вітрів та гранулометричним складом речовини проб;
- невідповідності за кількісними та якісними показниками речовини в складі проб з пасток вертикального та горизонтального розташування, що може свідчити про відповідні зміни у складі вертикальних та горизонтальних еолових потоків.

Загалом дослідження показали, що щільність та частота потоків атмосферної речовини, крім сили та напрямку вітрів додатково залежить від другорядних факторів, можливо, вологості ґрунтів (що, вірогідно, обумовлює мінімальний виніс речовини з території суходолу сильними вітрами взимку) та тривалості вітрів, що підтверджує інтенсивне надходження атмосферного аерозолу в літніх пробах при вітрах високої інтенсивності. Це, побічно, підтверджує і відносна бідність зимових проб мінеральною компонентою.

Узагальнюючи результати досліджень речовинного складу можна констатувати факт суттєвих змін складових фракцій атмосферного аерозолу, зокрема псаміто-алевритової компоненти, за окремі часові періоди. Домінування у складі грубодисперсної фракції органічних залишків обумовлюється, в першу чергу, їх вагою а мінеральної компоненти – інтенсивністю та тривалістю вітрів. Речовинний склад еолової зависі визначає області живлення атмосферних потоків, мінеральна компонента яких в більшості представляє собою уламки кварцу та комплекс глинистих мінералів. Окремі

складові пелітової, та навіть алевритової розмірності попередньо, можуть мати антропогенну природу утворення (вуглисті фрагменти) чи принаймні утворюватись в атмосферному середовищі шляхом сполучення та агрегації надмалих компонентів (сферичні утворення).

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

На даний час кількість відібраних проб та проведених аналізів не дозволяє робити ґрунтовні висновки, і тільки тривале накопичення фактичного матеріалу та подальші усесторонні аналізи дадуть можливість отримати більш обґрунтовані результати. Але реалізація початкового етапу досліджень вже дозволила окреслити напрямки і характер розподілу аерозольних потоків в межах прибережної зони акваторії Чорного моря, визначити особливості речовинного складу еолового матеріалу в районі досліджень та створити підґрунтя для визначення в подальшому закономірностей формування та розповсюдження еолових потоків осадової речовини від винесення з суходолу до депонування в складі донних відкладів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Абрамов Р.В.* Пыль в атмосфере над Атлантическим океаном // *Океанологические исследования.*— 1971.— № 21.— С.5-29.
2. *Айбулатов Н.А.* Динамика твердого вещества в шельфовой зоне.— Л.: Гидрометеиздат, 1990.— 271 с.
3. *Лисицын А.П.* Осадкообразование в океанах.— М.: Наука, 1974.— 440 с.
4. *Логвиненко Н.В., Барков Л.К.* К вопросу о динамике рельефа подводного берегового склона и его прогнозирования // *Океанология.*— 1974.— т.14, вып.2.— С.295-303.
5. *Хрусталеv Ю.П., Федюнина В.И.* Роль эолового фактора в современном осадконакоплении Азовского моря // *Докл. АН СССР.*— 1975.— т.222, № 1.— С.12-16.
6. *Wagnon R.A.* The physics of blown sand and desert dunes.— London, 1973.— 265 p.
7. *Вихованець Г.В.* Сучасний еоловий морфогенез у береговій зоні морів / Дис. ... ступ. д.г.н.— Одеса: Одеський національний університет ім.І.І.Мечникова, 2004.
8. *Norrman J.O.* Coastal dune systems / *Coastal Dynamics and Scientific Sites.* Eds E.Bird, K.Koike.— Tokyo: Komazawa Univ. Press, 1981.— P.119-157.
9. *Райст П.* Аерозоли. Введение в теорию / Пер. с англ.— М.: Мир, 1987.— 278 с.
10. *Кондратьев К.Я.* Глобальный климат и его изменение // *Новости науки и техники. Метеорология и климатология.*— М.: ВИНТИ, 1987.— т.17.— 313 с.
11. *Мейсон Б. Дж.* Физика облаков / Пер. с англ.— Л.: Гидрометеиздат, 1961.— 541 с.
12. *Живаго В.Н., Богданов Ю.А.* Эоловая взвесь над Атлантическим и Тихим океанами // *Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах.*— М.: Наука, 1974.— С.259-279.
13. *Chester R., Johnson L.R.* Atmospheric dust collected off the West African coast // *Nature.*— 1971.— v.229.— P.105-107.
14. *Чечко В.А., Курченко В.Ю.* Изучение потоков аэрозолей с помощью плавающей ловушки // *Метеорология и гидрология.*— 2008.— № 11.— С.85-89.
15. *Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.* Геохимия Черного моря.— Киев: Наукова думка, 1982.— 144 с.

16. *Геология шельфа СССР. Среда. История и методика изучения* / Шнюков Е.Ф., Мельник В.И., Митин Л.И. и др.— Киев: Наукова думка, 1982.— 180 с.
17. *Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря* / Научн. ред. Глумов И.Ф., Кочетков М.В.— М.: Недра, 1996.— 502 с.
18. *Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря.*— Київ: Академперіодика, 2006.— 279 с.
19. *Денисов В.И. Закономерности образования взвешенного материала на шельфе Черного моря* / Автореф. дисс. ... уч. ст. к.г.н.— Ростов-на-Дону, 1998.— 25 с.
20. *Наседкин Е.И., Иванова А.Н., Кузнецов А.С. и др. Некоторые результаты исследований влияния метеорологических факторов на процессы современного осадконакопления // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа.*— Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.— вып.19.— С.44-55.

Материал поступил в редакцию 23.06.2013 г.

АНОТАЦИЯ Представлены результаты натурных наблюдений за процессами поступления терригенной седиментационного вещества в акваторию атмосферным путем за два года. Указаны общие тенденции роли эоловых потоков в седиментационных процессах в районе исследований, установлена связь между динамическими условиями в атмосферной среде и поведением седиментационного материала в различных условиях.

ABSTRACT The results of in situ observations of the terrigenous sedimentation substance flow in the water area from atmosphere during two years are presented. The general trends on the role of aeolian streams in sedimentation processes are outlined in the area under study, the correlation between dynamical conditions in the atmosphere environment and behavior of sedimentation materials is established under different conditions.