

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕОЛОВИХ ПОТОКІВ ТВЕРДОЇ РЕЧОВИНИ В ЗОНІ ВЗАЄМОДІЇ СУХОДОЛУ ТА МОРЯ

Є.І. Наседкін

(Рекомендовано чл.-кор. НАН України О.Ю. Митропольським)

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: nasedevg@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник.*

Наведені результати режимних спостережень за особливостями переносу та речовинним складом еолового матеріалу в зоні взаємодії суходіл–море в межах чорноморського полігону Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту НАН України.
Ключові слова: моніторинг, еоловий матеріал, Чорне море, особливості переносу.

CHARACTERISTICS OF AEOLIAN SOLID FLOWS IN THE INTERACTION ZONE OF LAND AND SEA

E.I. Nasedkin

(Recommended by corresponding member of NAS of Ukraine O.Yu. Mytropolskiy)

*Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: nasedevg@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior research worker.*

Results of monitoring observations of aeolian material composition and the transfer peculiarities in the land-and-sea direction within the Black Sea range of Experimental Branch of Marine Hydrophysical Institute of NAS of Ukraine are presented.

Key words: monitoring, aeolian material, Black Sea, transfer peculiarities.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭОЛОВЫХ ПОТОКОВ ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА В ЗОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУШИ И МОРЯ

Е.И. Наседкин

(Рекомендовано чл.-кор. НАН Украины А.Ю. Митропольским)

*Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: nasedevg@ukr.net
Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник.*

Представлены результаты режимных наблюдений за особенностями переноса и вещественным составом эолового материала в зоне взаимодействия суша–море в пределах черноморского полигона Экспериментального отделения Морского гидрофизического института НАН Украины.

Ключевые слова: мониторинг, эоловый материал, Черное море, особенности переноса.

Вступ

Одним з головних регуляторів обміну речовиною та енергією між акваторією і суходолом є атмосферні потоки, хоча питання про особливості їх впливу на розподіл седиментаційної речовини в прибережних природних комплексах залишається недостатньо вивченим. На сьогодні спільними зусиллями

фахівців відділу сучасного морського седиментогенезу Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України та Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту (ЕВ МГІ) НАН України проводяться режимні спостереження за пересуванням атмосферної речовини на океанографічній платформі в межах експериментального полі-

гону ЕВ МГІ НАН України за допомогою власно сконструйованих і виготовлених аерозольних пасток. Основним завданням досліджень і даної публікації є визначення та характеристика ролі повітряних потоків у привнесенні седиментаційної речовини в межі шельфової зони Чорного моря, сезонних закономірностей її надходження та речовинного складу еолової зависі і вмісту в ній небезпечних мікроелементів.

Нижче представлені результати моніторингових досліджень за період у два роки.

Загальні дані про атмосферні аерозолі

Кількість літературних джерел, присвячених живленню акваторій морів та океанів еоловими надходженнями твердої речовини, наразі обмежена. Цим питанням приділяли увагу такі відомі вчені, як Р.В. Абрамов [Абрамов, 1971], М.О. Айбулатов [Айбулатов, 1990] та О.П. Лісіцин [Лисицын, 1974]. Дослідження, як правило, мали загальний характер та стосувались широкого спектра питань, зокрема геоморфологічних умов зародження і формування еолових потоків та механізмів вітрового переміщення наносів. Дослідження ролі еолових надходжень у процесах осадконакопичення в морських акваторіях наведено у роботах радянських [Логвиненко 1974; Хрусталёв, 1975; Вихованець, 2004] та іноземних [Райст, 1987; Vagnold, 1973; Norrman, 1981] вчених.

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

За гранулометричним складом аерозольні системи поділяють на високо-, середньо- та грубодисперсні. Частинки в діапазоні розмірів 0,001-0,1 мкм належать до високодисперсних, час перебування їх в атмосфері може досягати місяців та років. Частинки розміром понад 10 мкм відносяться до грубодисперсних, і знаходження таких частинок в повітрі обчислюється хвилинами. Час перебування середньодисперсних систем (0,1-10 мкм),

що роблять основний внесок у масову концентрацію атмосферних аерозолів, обчислюється годинами [Райст, 1987]. 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 та 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.

Еолова завись, що має первинне утворення, це насамперед континентальний аерозоль, розміром від декількох до сотень мікрометрів, головним чином містить кремній та алюміній і здебільшого являє собою уламки гірських порід. Морський аерозоль, що має розміри в середньому до 10 мкм та містить натрій, калій, магній, кальцій і хлор, є продуктом випарювання морських бризок. До іншої категорії відносяться частинки біогенного походження (безпосередньо викинуті в атмосферу та утворені в результаті конденсації летких органічних сполук, наприклад терпенів, а також хімічних реакцій між цими сполуками). Окрема категорія – це дими від спалювання та продукти природних газофазних реакцій [Кондратьев, 1987], а також вулканічний аерозоль.

В районі досліджень в межах приземного (приводного) шару атмосфери, де реалізується система спостережень, домінуючими джерелами еолової зависі мають бути ґрунти денної поверхні прибережної частини суходолу, морська складова та органічна речовина, що зумовлюється біологічним різноманіттям прибережних територій.

Конструктивні особливості устаткування для відбору еолової зависі та методичні особливості його використання

Найбільш оптимальним варіантом дослідження атмосферних потоків седиментаційної речовини визначено розташування пасток для відбору атмосферного аерозолю в межах акваторії на океанографічній платформі на відстані 0,5 км від берегової смуги та на висоті приблизно 20 м над поверхнею

моря. В рамках реалізації досліджень у відділі сучасного морського седиментогенезу ІГН НАН України розроблено та створено експериментальні зразки двох типів устаткування для відбору атмосферного аерозолу на платформі: 1) пастки для «транзитних» горизонтальних потоків еолових частинок типу «Парус»; 2) пастки для вертикальних потоків еолових частинок типу «Ковдра». Необхідність тривалої експозиції фільтрів протягом місяця зумовила, на відміну від відомих з літературних джерел конструкцій [Живаго, 1974; Чечко, 2008; Chester, Johnson, 1971], створення пастки для вертикальних потоків аерозолу, що може обертатися. Це дає можливість робочій частині пробовідбірника весь час бути розташованій «під вітром» і приймати частинки еолової зависі, що надходять з повітряними потоками, а також унеможлиблює втрати накопиченої зависі під час змін напрямків вітрів. Також конструкція пробовідбірника дозволяє тривалий час накопичувати еоловий матеріал без суттєвих втрат завдяки геометрії приймаючої частини, щільності фільтрувальної тканини та наявності двох шарів фільтру. Основний фільтр являє собою поліакрилово сітку «млиновий газ» з діаметром пор 0,036 мм, що дозволяє проводити відбір речовини алевритової розмірності з атмосферних потоків, зовнішній шар фільтру – голкопробивний геотекстиль – має діаметр пор 0,1 мм і слугує бар'єром для повторного винесення вітром вже осілої речовини з пастки.

Результати досліджень

Атмосферне перенесення речовини із суходолу, за оцінкою О.П. Лісіцина [Лисицын, 1974], як джерело живлення теригенним матеріалом акваторій морів становить незначну (6,4%) частку серед інших шляхів надходження. Для акваторії Чорного моря, зокрема району досліджень, внесок еолового живлення акваторії седиментаційним матеріалом щодо інших джерел значно збільшується [Митропольский, 1982]. Головні фактори еолового процесу – напрямок і швидкість вітру. Переміщення повітряних мас відбувається в основному паралельно поверхні землі. Чим більше швидкість вітру, тим більша розмірність еолової зависі: 3-4-бальний вітер (швидкість 4,4-6,7 м/с) несе пил, 5-7-бальний (9,3-15,5 м/с) –

пісок. Для північно-східної частини Чорного моря перенесення наносів з берегів у море зумовлюють північні і північно-східні вітри [Геология..., 1982; Денисов, 1998; Митропольский, 2006; Техногенное..., 1996]. 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.

При цьому кримський шельф вважається другим за значущістю щодо кількості поставок еолового матеріалу після північно-західного. За розрахунками автора [Денисов, 1998], 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. Загалом, він оцінюється в 22% сукупної кількості осадового матеріалу.

При цьому серед факторів виносу домінуючу роль відіграють сильні вітри – при перерахунку зазначеної загальної кількості атмосферного аерозолу (у відсотках) на них припадає майже 60%.

За результатами наших досліджень (середні показники, узагальнення за період спостережень) інтенсивність надходження речовини в складі вертикальних потоків більше ніж у два рази перевищує надходження у складі горизонтальних, що демонструє діаграма (рис. 1, а).

Середньомісячні об'єми речовини, відібраної з вертикальних пасток, становлять 3,8 г/м², з горизонтальних – 1 г/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.

На підставі отриманих щомісячних даних можна зробити висновок, що вітри за інтенсивністю мають не стільки сезонні закономірності в перенесенні аерозолу, скільки ситуативні – відповідно до короткочасних, але потужних атмосферних збурень. Згідно з отриманими даними для обох пасток виділяються стабільно високі показники надходження аерозолу впродовж зимових місяців, що зумовлюється збільшенням швидкостей вітрів у холодний період. Про це наочно

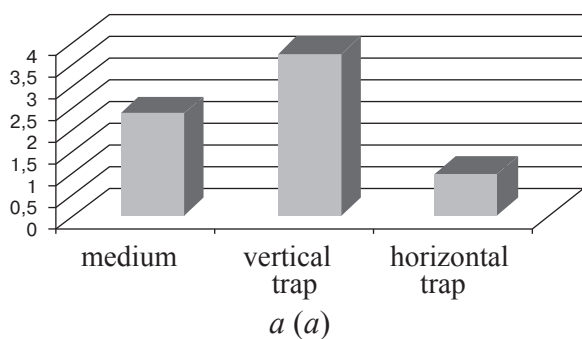
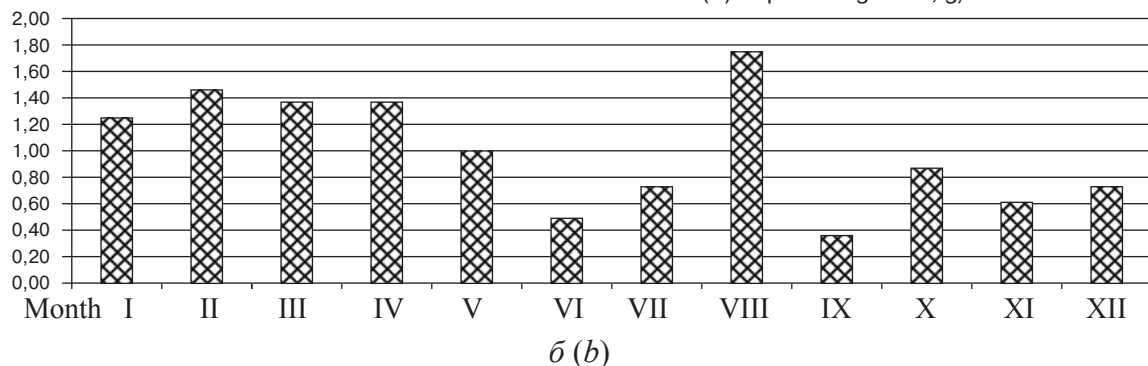
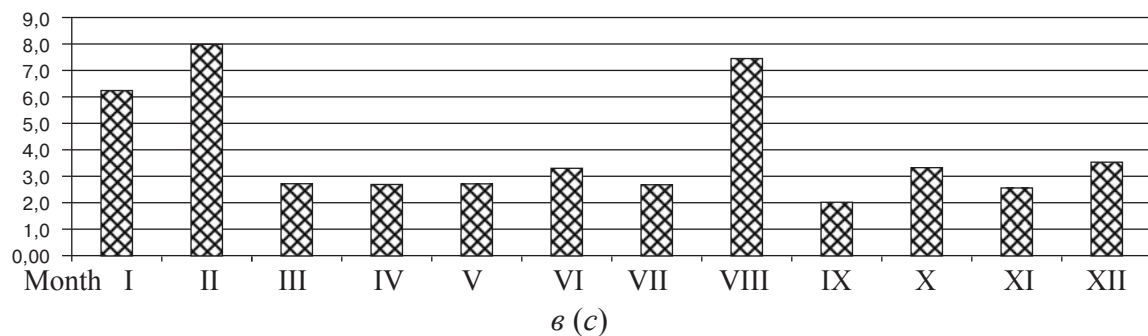


Рис. 1. Середні показники накопичення завислої речовини в пастках для еолової зависі за період 2010-2012 рр., г/м² (а) та щомісячний розподіл мас еолової речовини в горизонтальній (б) та вертикальній (в) пастках для атмосферного аерозолю, г/м² (дані за 2011 р.)

Fig. 1. Average values of suspended matter accumulation in aeolian traps during 2010-2012, g/m² (a) and monthly distribution of mass aeolian material in atmospheric aerosol horizontal (b) and vertical (c) traps during 2011, g/m²



б (b)



в (c)

свідчать графіки щомісячного надходження аерозолю в обидві пастки (рис. 1, б, в). Відсутність вираженої синхронності накопичення можна пояснити лише особливостями пересування горизонтальних та вертикальних потоків речовини.

З метою з'ясування існуючих залежностей між напрямками та силою вітрів було оброблено інформаційний масив даних, отриманий фахівцями ЕВ МГІ НАН України. Були проаналізовані вибірки даних за: загальним розподілом швидкостей вітрів усіх напрямків протягом року; загальним розподілом вітрів з території суходолу; розподілом вітрів з території суходолу зі швидкостями понад 17 м/с; розподілом вітрів за всіма напрямками зі швидкостями понад 17 м/с.

Результати проведених досліджень засвідчили, по-перше, що в районі дослід-

жень домінують вітри північних напрямків, по-друге – про зв'язок між напрямками вітрів із суходолу та їх максимальними, найбільш «продуктивними» для перенесення теригенної речовини швидкостями. Зв'язок вітрів максимальної сили з інтенсивністю надходження атмосферного аерозолю в вертикальну та горизонтальну пастки досить чітко визначається для ряду місяців, зокрема лютого, квітня, серпня та жовтня.

Порівняння гранулометричного складу седиментаційної речовини атмосферних потоків [Наседкин, 2009] та поверхневого шару ґрунтів узбережжя свідчить про суттєву вітрову сепарацію речовини ґрунтового покриву – вміст пелітової фракції в еоловій зависі в точках відбору зростає майже втричі (рис. 2).

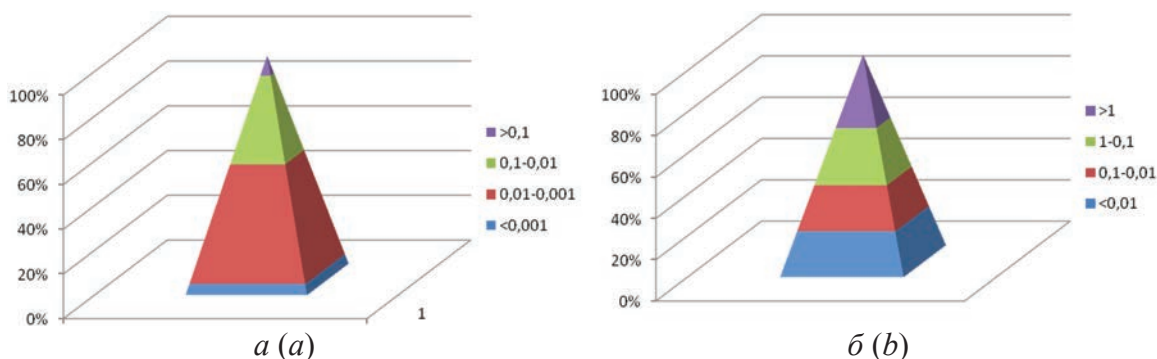


Рис. 2. Порівняльні графіки розподілу гранулометричного складу (мм) проб еолової завіси з аерозольних пасток (океанографічна платформа, усереднені дані) (а) та ґрунтів узбережжя (б)

Fig. 2. Comparative distribution charts of grain size (mm) of aeolian suspension accumulated in aerosol traps, oceanographic platform averaged data (a) and coast soils (b)

Мінімальний вміст у пастках псамітового матеріалу (до 1% речовини відповідає фракції понад 0,1 мм), безумовно, пояснюється віддаленістю платформи від меж суходолу. Дистанційна сепарація еолової речовини зумовлює також і зростання вдвічі відсотка алевритової складової зі збільшенням відстані узбережжя – пастки.

Це спричиняє також відповідні зміни в мінеральному складі седиментаційної речовини при зміні умов вміщуючого середовища. В зв'язку з тим, що вітрова сепарація еолового матеріалу при збільшенні відстані переносу призводить до збільшення пелітової, меншою мірою алевритової складових зразків, мінеральна компонента також змінює пропорції вмісту. Наприклад, якщо крупнодисперсна складова еолової речовини псамітової розмірності майже повсюдно представлена органічним матеріалом, зокрема рештками комах та фрагментами деревини, то в ґрунтах вона відповідає мінеральній компоненті.

Порівняння вмісту S_{org} , що визначався в пробах методом прожарювання, показало невеликі розходження для ґрунтів суходолу та еолової завіси за середніми показниками. При середньому вмісті органічної складової в поверхневих ґрунтах 3% в атмосферній речовині горизонтальних потоків спостерігався дещо нижчий відсоток – 2,2% S_{org} . Необхідно додати, що при відносно стабільному вмісті органіки на приморській ділянці досліджень значення вмісту S_{org} в атмосферній речовині коливаються у відносно широкому діапазоні – від 1,2 до 3%, що, вірогідно, пов'язано із сезонністю.

З метою детального опису алеврито-пса-

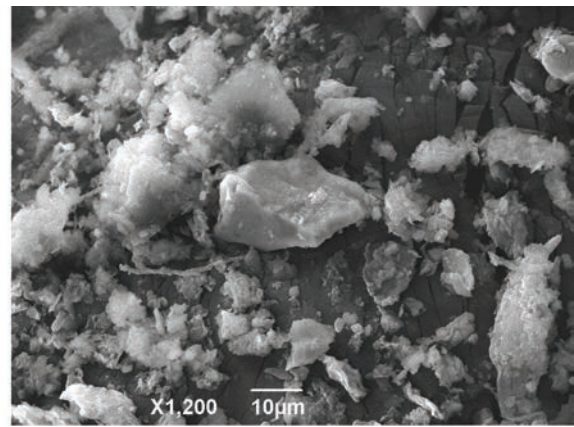
мітової складової, а також підготовки матеріалу для досліджень на електронному мікроскопі для ряду найбільш представницьких проб було проведено фракціонування за допомогою фільтрувальної тканини, що використовується для відбору атмосферної речовини (ситотканина марки 90ПА43). Нижче наведено стислий опис та фотографії проб аерозолу 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 мікроскопа.

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 вклучень, 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. 3, а).

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



a (a)



б (b)

Рис. 3. 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 (а) та алеврито-пелітова фракція атмосферної речовини з вертикальної пастки, часовий інтервал відбору – січень 2012 р. (б). Розмірність, вказана на ілюстрації, мкм

Fig. 3. Silt-psammitic fraction from the vertical trap, February 2011 (a) (hereinafter scale interval of silt-psammitic fraction equal to 1 mm) and silt-pelitic fraction of atmospheric substances from vertical traps, January 2012 (b)

Для проб атмосферної завіси весняного періоду характерні міжмісячні перепади в співвідношеннях гранулометричних фракцій, морфологічних і генетичних типах відібраної речовини. Зокрема, серед проб весняного періоду за кількістю псаміто-алевритової фракції виділяється зразок з вертикальної пастки за травень 2011 р. 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.

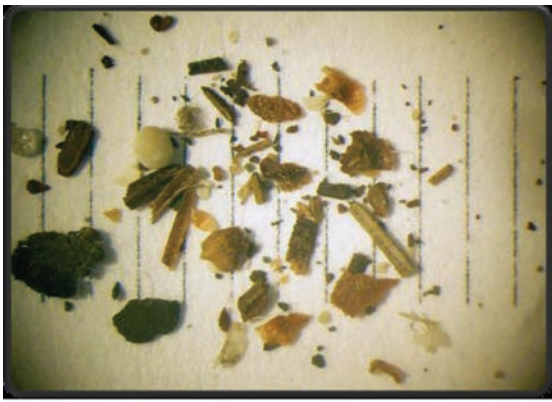
Проби літнього періоду характеризуються не тільки найбільшими міжмісячними різноманітностями, але й суттєвими перепадами у вмісті речовинно-генетичних типів еолового матеріалу. Наприклад, алеврито-псамітова складова проб з горизонтальної пастки за перший літній місяць сягала не більше 3-4% від загальної кількості речовини, при цьому 70% фракції являли собою окремі уламки панцирів мікроорганізмів та органічні залишки рослинності (мінеральна компонента представлена зернами кварцу) (рис. 4, а).

Натурний матеріал з вертикальної пастки за той самий місяць, навпаки, представлений добре відсортованою теригенною речовиною, складеною здебільшого уламками мінералів та гірських порід (головним чином середньосортовані зерна кварцу – 70% та уламки порід – 30%).

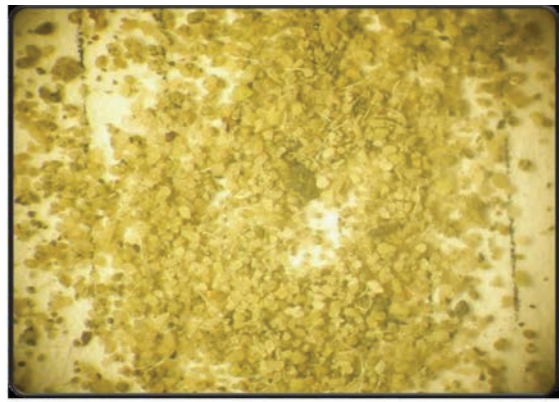
Серпневі проби атмосферного аерозолі також відносно багаті на вміст псаміто-алевритової фракції, хоча і дуже нерівномірні за кількістю фракції в різних пастках (рис. 4, б). Вміст органічної складової становить 5%, речовина представлена здебільшого волокнистими фрагментами. Мінеральна компонента (95% вмісту) складена необкатаними білуватими зернами кварцу (до 70-80%), а також рожевими та зеленуватими зернами польового шпату. Також у складі мінеральної компоненти широко присутні глинисті уламки порід сірого кольору (20-30%).

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

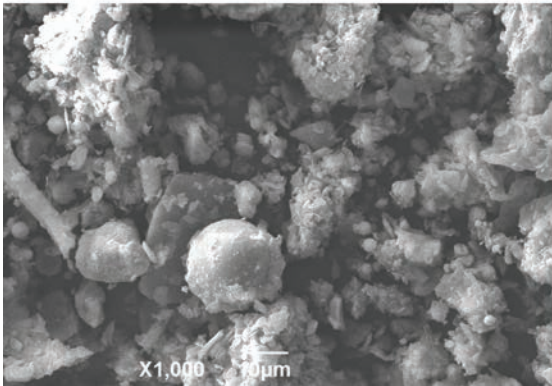
Осінній сезон умовно поділяється на два періоди. Проби, відібрані у першій половині сезону, на фоні загального зменшення кількості речовини, осілої в пастках, характеризуються незначним вмістом уламкового теригенного матеріалу та алеврито-



a (a)



б (b)



в (c)

Рис. 4. Алеврито-псамітова фракція речовини з горизонтальної пастки, часовий інтервал відбору червень 2011 р. (а) та псаміто-алевритова (б) і пелітова (в) фракції речовини з горизонтальної пастки, часовий інтервал відбору серпень 2011 р.

Fig. 4. Silt-psammitic fractions from the horizontal trap, June 2011 (a) and silt-psammitic (b) and pelitic (c) fraction from the horizontal trap, August 2011

псамітової фракції (в пробі не перевищує 2%). В речовинному складі домінує органіка, що сягає до 90% об'єму пробі. 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.

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

У листопаді спостерігається суттєве збільшення алеврито-псамітової фракції в зразках фактичного матеріалу на фоні 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 додаванням деревоподібних фрагментів. Вміст органіки досягає 50%, при цьому спостерігаються численні вуглисті частинки. 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 виконано на приладі ДРОЛН-УМ1 в лабораторії рентгенівських методів досліджень мінеральної речовини Науково-учбового центру мінералого-геохімічних та аналітичних досліджень Київського національного університету ім. Тараса Шевченка.

Результати досліджень підтвердили стійку присутність у пробах за весь період досліджень, за незначним винятком, фаз таких мінералів, як кальцит, польові шпати та кварц. Глинисті мінерали повсюдно представлені каолінітом, ілітом та хлоритом у різних співвідношеннях. Спостерігаються коливання фаз від мінімальної кількості до максимальної за окремі місяці.

Обговорення результатів і висновки

Результати досліджень зв'язку між вітровою активністю та кількісним і якісним складом відібраної атмосферної речовини свідчать про наявність позитивного, але не чітко вираженого зв'язку між силою і напрямками вітрів та кількістю осілої в пастках речовини. Також простежуються невідповідності за кількісними та якісними показниками речовини в складі проб, відібраних в одному часовому діапазоні з пасток вертикального та горизонтального розташування, що може вказувати на відповідні зміни у складі вертикальних та горизонтальних еолових потоків.

Загалом, дослідження показали, що щільність і частота потоків атмосферної речовини, крім сили та напрямку вітрів, залежить і від другорядних факторів, можливо, вологості ґрунтів (що, вірогідно, зумовлює мінімальне винесення 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. При цьому винос влітку обмежується силою вітрів та їхніми напрямками, а взимку – вологістю денної поверхні приморських територій.

Узагальнюючи результати досліджень речовинного складу, можна констатувати

суттєві зміни складових фракцій атмосферного аерозолу, зокрема псаміто-алевритової компоненти, за окремі часові періоди. Домінування у складі грубодисперсної фракції органічних залишків зумовлюється насамперед їхньою масою, а мінеральної компоненти – інтенсивністю та тривалістю вітрів. Речовинний склад еолової зависі визначає області живлення атмосферних потоків, мінеральна компонента яких здебільшого є уламками кварцу та комплексом глинистих мінералів. Окремі складові пелітової та навіть алевритової розмірностей попередньо можуть мати антропогенну природу утворення чи принаймні утворюватися в атмосферному середовищі шляхом сполучення та агрегації надмалих компонентів. У складі псаміто-алевритового матеріалу вони є вуглистими частинками в складі пелітової фракції – сферичними зернами правильної форми.

Результати спостережень свідчать і про можливість винесення сильними вітрами мінеральної компоненти крупноалевритової та навіть псамітової розмірностей за межі зони хвильової сепарації матеріалу відповідної розмірності.

Загалом, отримані результати є підґрунтям для визначення в подальшому закономірностей формування та розповсюдження еолових потоків осадової речовини від винесення із суходолу до депонування в складі донних відкладів.

Список літератури / References

1. *Абрамов Р.В.* Пыль в атмосфере над Атлантическим океаном. *Океанол. исследования.* 1971. № 21. С. 5-29.

Abramov R.V., 1971. Dust in the Atmosphere over the Atlantic Ocean. *Okeanologicheskie issledovaniya*, № 21, p. 5-29 (in Russian).

2. *Айбулатов Н.А.* Динамика твердого вещества в шельфовой зоне. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. 271 с.

Aybulatov N.A., 1990. Dynamics Solid in Shelf Zone. Leningrad: Gidrometeoizdat, 271 p. (in Russian).

3. *Вихованець Г.В.* Сучасний еоловий морфогенез у береговій зоні морів: дис. ... д-ра геогр. наук. Одеса, 2004. 220 с.

Vyhovanets G.V., 2004. Modern Aeolian Morphogenesis in the Coastal Zone of the Seas. Dr. geogr. sci., dys. Odesa, 220 p. (in Ukrainian).

4. *Геология шельфа УССР.* Среда. История и методика изучения / [Шнюков Е.Ф., Мельник В.И., Митин Л.И. и др.]. Киев: Наук. думка, 1982. 180 с.

Geology of the Shelf USSR. Environment. History and Methodology of the Study, 1982 / [Shnyukov E.F., Melnik V.I., Mitin L.I. et al.]. Kiev: Naukova Dumka, 180 p. (in Russian).

5. *Денисов В.И.* Закономерности образования взвешенного материала на шельфе Черного моря: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 1998. 25 с.

Denisov V.I., 1998. Laws of Formation of Suspended Material on the Black Sea shelf. Dr. geogr. sci., dys. Rostov-na-Donu, 25 p. (in Russian).

6. *Живаго В.Н.* Эоловая взвесь над Атлантическим и Тихим океанами. В кн: *Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атланти-*

ческом и Тихом океанах. Москва: Наука, 1974. С. 259-279.

Zhivago V.N., 1974. Aeolian Suspension over the Atlantic and Pacific Oceans. In: *Hydrophysical and Hydrooptical Research in the Atlantic and Pacific Oceans*. Moscow: Nauka, p. 259-279 (in Russian).

7. Кондратьев К.Я. Глобальный климат и его изменение. Москва: ВИНТИ, 1987. 313 с. (Метеорология и климатология; Т. 17. Новости науки и техники).

Kondrat'ev K.Ya., 1987. Global Climate and its Change. Moscow: VINITI, 313 p. (Meteorologiya i Climatologiya; Vol. 17. Novosty nauki i tekhniki) (in Russian).

8. Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. Москва: Наука, 1974. 440 с.

Lisitsin A.P., 1974. Sedimentation in the Oceans. Moscow: Nauka, 440 p. (in Russian).

9. Логвиненко Н.В. К вопросу о динамике рельефа подводного берегового склона и его прогнозирования. *Океанология*. 1974. Т. 14, вып. 2. С. 38-45.

Logvinenko N.V., 1974. On the Dynamics of Relief Underwater Coastal Slope and its Prediction. *Oceanology*, vol. 14, iss. 2, p. 38-45 (in Russian).

10. Мейсон Б. Дж. Физика облаков / пер. с англ. Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. 541 с.

Mason B.J., 1961. Cloud Physics. Translation from English. Leningrad: Gidrometeoizdat, 541 p. (in Russian).

11. Митропольский А.Ю. Геохимия Черного моря. Киев: Наук. думка, 1982. 144 с.

Mitropolsky A.Yu., 1982. Geochemistry of the Black Sea. Kiev: Naukova Dumka, 144 p. (in Russian).

12. Митропольський О.Ю. Екогеохімія Чорного моря. Київ: Академперіодика, 2006. 279 с.

Mitropolsky O.Yu., 2006. Ecogeochemistry of the Black Sea. Kyiv: Akadempriodika, 279 p. (in Ukrainian).

13. Наседкин Е.И. Некоторые результаты исследований влияния метеорологических факторов на процессы современного осадконакопления. *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу*: зб. наук. пр. Севастополь, 2009. Вип. 19. С. 44-55.

Nasedkin E.I., 2009. Some Results of the Effect of Meteorological Factors on the Processes of Modern Sedimentation. *Ecological Safety of Coastal and*

Shelf Zones and Complex Use of Shelf Resources: Coll. sciences. works. Sevastopol, iss. 19, p. 44-55 (in Russian).

14. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию / пер. с англ. Москва: Мир, 1987. 278 с.

Rayst P., 1987. Aerosols. Introduction to Theory. Translation from English. Moscow: Mir, 278 p. (in Russian).

15. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря / [науч. ред. Глумов И.Ф., Кочетков М.В.]. Москва: Недра, 1996. 502 с.

Industrial Pollution and Natural Cleaning Processes at caucasian Zone of the Black Sea / [sci. eds. Glumov I.F., Kochetkov M.V.]. Moscow: Nedra, 1996. 502 p. (in Russian).

16. Хрусталева Ю.П. Роль эолового фактора в современном осадконакоплении Азовского моря. *Докл. АН СССР*. 1975. Т. 222, № 1. С. 43-51.

Khrustal'eva Yu.P., 1975. The Role of Aeolian Sedimentation Factor in Modern Azov Sea. *Doklady AN SSSR*, vol. 222, № 1, p. 43-51 (in Russian).

17. Чечко В.А. Изучение потоков аэрозолей с помощью плавающей ловушки. *Метеорология и гидрология*. 2008. № 11. С. 85-89.

Chechko V.A., 2008. Study Flux Aerosols with Using Floating Trap. *Meteorologiya i Hydrologiya*, № 11, p. 85-89 (in Russian).

18. Bagno1d R.A. The physics of blown sand and desert dunes. London, 1973. 265 p.

Bagno1d R.A., 1973. The physics of blown sand and desert dunes. London, 265 p. (in English).

19. Chester R., Johnson L. R. Atmospheric dust collected off the West African coast. *Nature*. 1971. Vol. 229. P. 105-107.

Chester R., Johnson L. R., 1971. Atmospheric dust collected off the West African coast. *Nature*, vol. 229, p. 105-107 (in English).

20. Norrman J.O. Coastal dune systems. In: *Coastal Dynamics and Scientific Sites* / E. Bird & 22K Koikeeds. Tokyo: Komazawa Univ. Press., 1981. P. 119-157.

Norrman J.O., 1981. Coastal dune systems. In: *Coastal Dynamics and Scientific Sites* / E. Bird & 22K Koikeeds. Tokyo: Komazawa Univ. Press., p. 119-157 (in English).

Стаття надійшла
27.01.2014