

УДК 551.351(262.5)

Є.І. Насєдкін

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ТА НАПРЯМКІВ ВІТРІВ НА РОЗПОДІЛ АТМОСФЕРНОГО АЕРОЗОЛЮ В МЕЖАХ ПРИБЕРЕЖНИХ ЗОН

Ye.I. Nasedkin

INFLUENCE OF WIND INTENSITY AND DIRECTION ON CHARACTERISTICS OF AEOLIAN FLOWS IN THE COASTAL ZONE

Стаття присвячена натурним дослідженням впливу гідрометеорологічних умов на якісний та кількісний склад речовини седиментаційних потоків в атмосферному середовищі в межах району прибережної ділянки акваторії Чорного моря. Щоденна фіксація на протязі декількох років таких показників, як частота, напрямки та швидкість вітрів, щомісячний відбір проб еолового матеріалу з атмосферних потоків різної спрямованості дозволили створити відповідну базу даних, провести аналітичні дослідження та виявити ряд залежностей. Дослідження показали, що вивчення механізмів надходження еолових потоків з території суходолу в акваторію моря доцільне не тільки для пізнання перебігу седиментаційних процесів в межах зони взаємодії «суходіл – море», але і визначення закономірностей перенесення забруднювальних речовин.

Ключові слова: седиментаційні потоки, атмосферний аерозоль, сила вітрів, мінеральний склад, важкі метали, ґрунти суходолу, органічна речовина.

One of the main tasks of the Project «Creation of monitoring system of natural conditions state and variability in the «land and sea» interaction zone» is determination of influence of hydrometeorological conditions within research area (coastal zone of the Black Sea) on qualitative and quantitative content of substance of sediment flows in atmospheric and marine environments. This project is carrying out by researchers from Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, on the bases of Experimental Branch of Marine Hydrophysical Institute NAS of Ukraine (Kacively village). The data base of wind speed and directions, intensity of wave processes, amount of precipitations, data of monthly sampling of Aeolian material of atmospheric flows of different direction, data of monthly sampling of marine suspension from different depths was created. Analytical investigations and natural material proceeding allowed identifying dependencies. Our investigations showed that research of mechanisms of sedimentation material inflow from the coastal zone to the sea expedient not only for knowledge of metabolic processes in «land and sea» interaction zone but also determine regularities of contaminants transfer within this zone.

Keywords: Coastal zone, sedimentation processes, wind intensity, characteristics of Aeolian flows, monitoring, sedimentation, aerosol.

ВСТУП

До переліку завдань проекту «Створення системи спостережень за станом та мінливістю природних умов в зоні взаємодії «суходіл – море», що виконувались фахівцями Інституту геологічних наук НАН України за сприяння та на дослідницькій базі Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту, входило визначення впливу гідрометеорологічних умов в межах району проведення робіт (прибережна ділянка акваторії Чорного моря) на якісний та кількісний склад речовини седиментаційних потоків в атмосферному та водному середовищах. Безперервний (в межах визначених часових діапазонів) відбір зразків ґрунтів суходолу і еолової речовини з вертикальних та горизонтальних атмосферних потоків за допомогою створеного та встановленого на океанографічній платформі Експериментального відділення Морського гідрофізичного інституту комплексу устаткування (аерозольні пастки – фільтри вертикального та горизонтального розташування) дозволив накопичити значну кількість натурального матеріалу (Митропольський та ін. 2005; Ємельянов та ін., 2010).

Подальші аналітичні дослідження та обробка отриманих зразків сприяли виявленню ряду залежностей між факторами, що фіксувались спостережним комплексом (швидкість вітрів, гранулометричний та мінеральний склад еолової речовини, напрямки вітрів, інтенсивність надходження речовини та перерозподіл її щомісячних обсягів накопичення у вертикальних та горизонтальних пастках для атмосферного аерозолу).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

З метою дослідження атмосферних потоків седиментаційної речовини в умовах розташування устаткування в межах акваторії на океанографічній платформі на відстані півкілометра від берегової смуги та на висоті приблизно 20 м над поверхнею моря, автором було розроблено та створено експериментальні зразки двох типів устаткування для відбору атмосферного аерозолу: 1) пастки для горизонтальних потоків еолових частинок типу «Парус»; 2) пастки для вертикальних потоків еолових частинок типу «Ковдра».

Необхідність тривалої експозиції фільтрів на протязі місяця обумовила створення пастки для вертикальних потоків аерозолі, що може обертатися навколо своєї осі, і дає можливість робочій частині пробовідбірника весь час бути розташованою «під вітром» і приймати частинки еолової завесі, що надходять з повітряними потоками, а також унеможлиблює втрати накопиченої завесі під час змін напрямків вітрів. Завдяки формі приймаючої частини, властивостям фільтрувальної тканини та наявності двох шарів фільтра (поліпропілен та поліамід) конструкція пробовідбірника дозволяє тривалий час накопичувати еоловий матеріал без суттєвих втрат. Внутрішній фільтр представляє собою 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 ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень свідчать про особливості розподілу напрямків та сили вітрів – найсильніші втри, принаймні в холодний сезон, відповідають напрямкам з суходолу (рис. 1).

При цьому основну роль в привнесенні седиментаційного матеріалу відіграють вітри північних напрямків. Отримані дані вказують на те, що сезонні закономірності в перенесенні аерозолі залежать не стільки від інтенсивності вітрів, скільки від потужних атмосферних збурень, навіть нетривалих. На це наочно вказують дані щомісячного надходження аерозолі в седиментаційні пастки вертикального розташування, в меншій мірі ця тенденція спостерігається і для горизонтальних пасток (рис. 1).

За отриманими даними виділяються стабільно високі показники надходження аерозолі протягом зимових місяців, що зумовлюється збільшенням швидкостей вітрів у холодний період.

Менш показовими, але достатньо інформативним є часовий ряд розподілу гранулометричних фракцій у зразках еолового матеріалу в різні сезони (рис. 2). Дані, наведені на графіках, свідчать про збільшення алеврито-псамітової фракції проб осіннього, весняного та зимового періодів, що в цілому координується із збільшенням швидкості вітрів у зазначеному часовому діапазоні.

Гранулометричний склад є достатньо умовним показником зв'язків між розподілом вітрової активності та кількісним/якісним складом седиментаційної речовини. Це пов'язано з суттєвими змі-

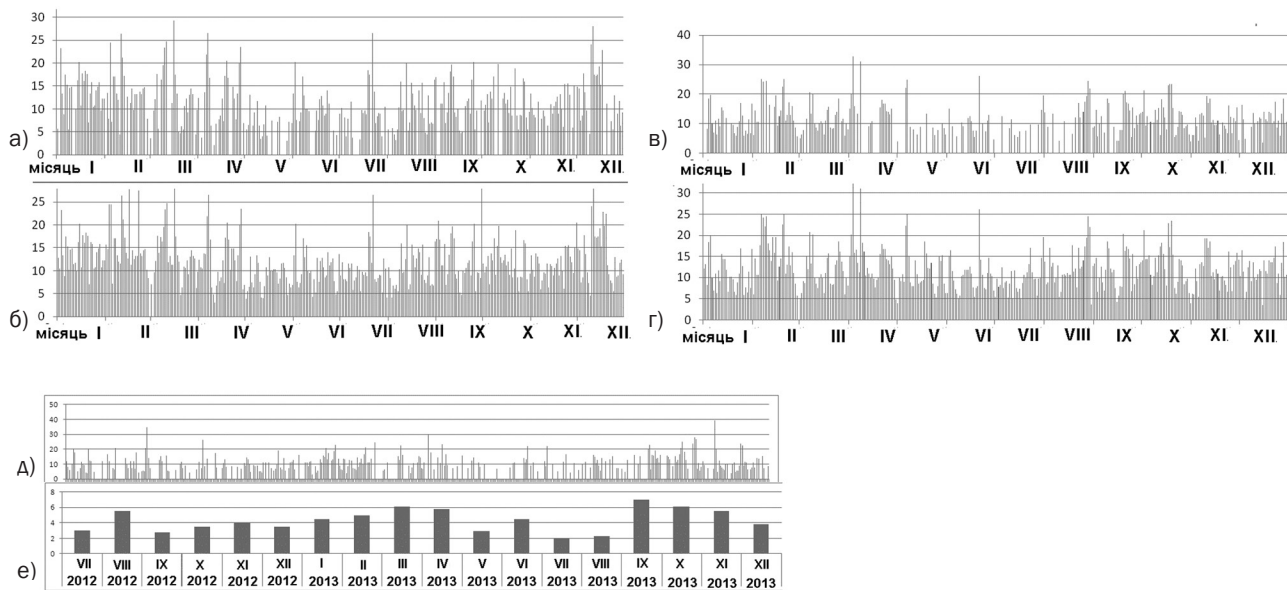


Рис. 1. Порівняльні графіки розподілу швидкостей та повторюваності вітрів у районі досліджень: а, б – розподіл максимальних швидкостей вітрів, напрямки з суходолу, в, г – загальний розподіл, м/с. (відповідно, для 2010 та 2011 років); д – повторюваність вітрів у районі досліджень (максимальні швидкості, напрямки з суходолу, м/с); е – кількості накопиченої еолової завесі в вертикальних пастках (г/м²/місяць) за певний інтервал часу.

Fig. 1. Comparative diagrams of the distribution of the maximum wind speeds and its repeatability in the research area: а, б – directions from land to sea, в, г – general distributions, m/s (respectively for 2010 and 2011); д – the repeatability of the winds (the maximum speeds, directions from land to sea, m/s); е – the number of aeolian suspended matter accumulated in vertical traps (g/m² / month) for a certain period of time.

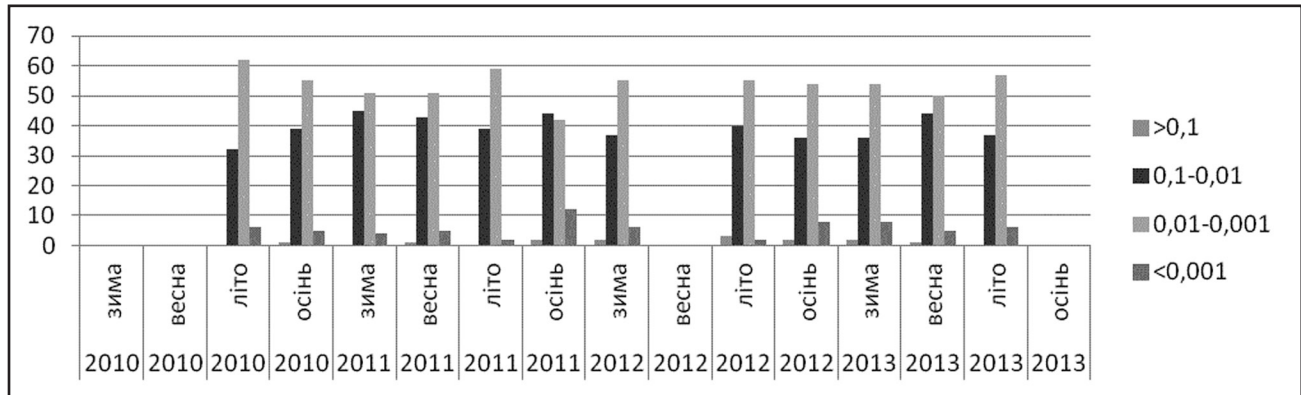


Рис. 2. Узагальнений графік розподілу гранулометричних фракцій відібраної седиментаційної речовини (обидві пастки) за сезонами (мм). Осадова речовина, відібрана у грудні місяці, включалася в осінній сезон свого року.
Fig. 2. Generalized graph of distribution of granulometric fractions of selected sedimentation substances (both trap) by seasons (mm). Sedimentary substance selected in December was included in the autumn season.

нами між механічним складом ґрунтів денної поверхні прибережних ділянок суходолу, які є основним постачальником твердої речовини для атмосферних потоків, та еолового матеріалу з седиментаційних пасток. Порівняння гранулометричного складу седиментаційної речовини атмосферних потоків та поверхневого шару ґрунтів узбережжя (потенційного джерела еолової зависі) свідчить про суттєву вітрову сепарацію речовини ґрунтового покриву – вміст пелітової фракції в еоловій зависі в точках відбору зростає майже втричі.

Мінімальний вміст в пастках псамітового матеріалу (тільки 0,5 % натурної речовини відповідає фракції більше 0,1 мм), безумовно, визначається віддаленістю платформи від меж суходолу. Дистанційна сепарація еолової речовини зумовлює також і зростання вдвічі відсотка алевритової складової зі збільшенням відстані узбережжя – пастки.

З цим пов'язані і 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 в порівнянні з пісково-алевритовою складовою 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 (Насєдкін та ін., 2013) (рис. 3).

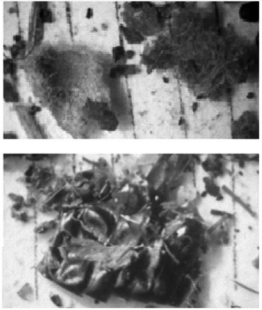

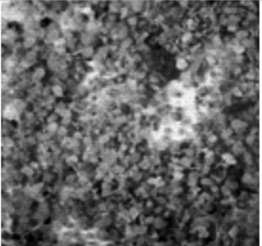
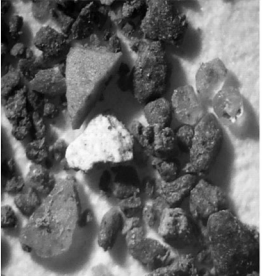
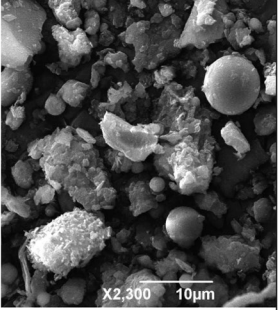
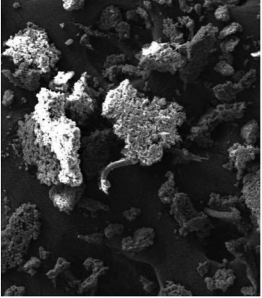
При цьому головні компоненти еолової зависі, що надходить в пастки – це мінеральна теригенна речовина, органічна складова (продукти рослинної та тваринної життєдіяльності) та агрегати,

утворені в повітрі. Склад морської завислої речовини – теригенні компоненти (продукти виносу з суходолу уламків мінералів та порід), а також біогенні та в меншій кількості хемогенні утворення морського генезису (Рис.3).

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

Процес змін концентрацій мікроелементів у складі седиментаційної речовини в ланцюзі «ґрунти суходолу – атмосферний аерозоль», безумовно, визначається і зменшенням розмірності основної маси природного матеріалу, що переноситься вітром, і змінами в мінеральному складі, зокрема, збільшенням глинистої фракції. Але очевидно (рис. 4 а), що ці зміни не можуть зумовити збільшення концентрацій важких металів в атмосферній речовині в 3-8 разів для ряду досліджуваних мікроелементів.

Також слід згадати про наявність аномальних концентрацій в атмосферній речовині для всіх елементів, величини яких не увійшли в підрахунки загального середнього вмісту. Для седиментаційної речовини еолових потоків аномальні значення можуть на два порядки перевищувати середні, а частота їхньої повторюваності значно перевищує такі самі показники для морської зависі та донних відкладів.

а) Еолова завісь		Розмірність	Грунти суходолу	
Опис	Зразок		Опис	Зразок
Майже повсюдно органічна складова: рештки комах, уламки деревини		Псефітова > 2,0 мм та крупно псамітова 1,0-0,5мм	аргіліти, алевроліти, уламки кварцу, кальциту	
Домінують мінеральні зерна: кварц, польовий шпат, уламки гірських порід		Алевритова 0,01—0,1 мм	напівобкатані уламки порід, кварц та органічні рештки, 50/50 % до мінеральної компоненти	
Глинисті мінерали, зерна кварцу, сферичні утворення невизначеного генезису		Пелітова < 0,01	домінують глинисті мінерали, рідше – уламки кварцу, кальциту.	

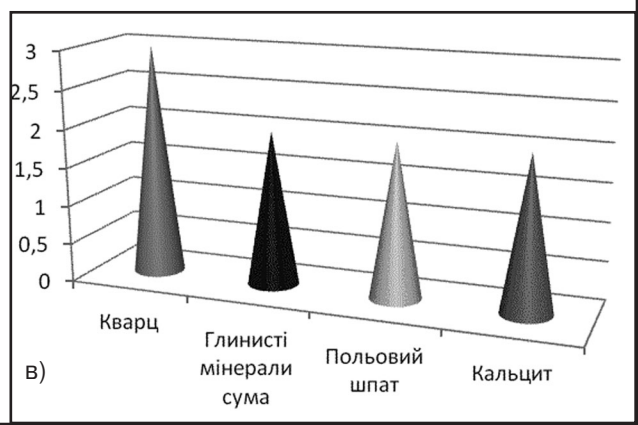


Рис. 3. Порівняльна таблиця речовинного та гранулометричного складу компонентів: а – еолової завісі та ґрунтів суходолу; б – середній вміст мінералів у складі зразків, відібраних вертикальною пасткою, в – середній вміст мінералів у складі зразків, відібраних горизонтальною пасткою (середнє за період досліджень, діапазон виміру присутності фаз від 1 (мінімум) до 4 (максимум)).

Fig. 3. Comparative table of material and grain size of components: а – aeolian matter and land soil; б – the average content of minerals in the samples, selected by vertical trap; в – the average content of minerals in the samples, selected by horizontal trap (average for the period of studies, measuring range of phase presence from 1 (minimum) to 4 (maximum)).

Вірогідно, підвищені концентрації елементів для нашої ділянки не обумовлюються привнесенням антропогенної складової. При оцінці забруднення природних середовищ одним із показників впливу антропогенного фактора є відношення вмісту рухомих форм важких металів до їхнього валового вмісту. Вміст рухомих форм, виражений у відсотках від валового вмісту, становить показник, який дає змогу оцінити ступінь техногенного забруднення території. Наприклад, для антропогенно змінених ґрунтів урбанізованих осередків та промислових ділянок південно-східних регіонів України частка рухомих форм важких металів, за різними літературними даними (Добровольський, 1983; Гунько, 2011), може перевищувати 50 %.

Результати проведених досліджень, хоча і за одиничними показниками, свідчать про відсутність значного відсотку розчинних форм мікроелементів у всіх досліджуваних компонентах навколишнього середовища та стабільність їхнього вмісту при переході седиментаційної речовини в різні форми існування.

Зокрема, це стосується і ланки ґрунти суходолу – атмосферний аерозоль (рис. 4,б).

Якщо низький вміст розчинних форм для еолової зависі можна частково пояснити недосконалою методикою відбору, де частина мікроелементів може переходити в розчин під час промивки фільтрів, то співвідношення форм існування для ґрунтів відповідає реальним значенням. Особливості методики підготовки проб зумовлюють і той факт, що ми не беремо до уваги наявність в натурній речовині з пасток складової частини морського аерозолю, що, безумовно, присутній у приводному шарі атмосфери в суттєвих кількостях.

Одним із факторів збагачення атмосферного аерозолю мікроелементами можна вважати те, що його дисперсність значною мірою визначає ряд властивостей. Це пояснюється тим, що при диспергуванні речовини багаторазово збільшується її сумарна поверхня, внаслідок чого підвищується поверхнева енергія, що спричинює збільшення фізичної і хімічної активності. Дуже швидко і інтен-

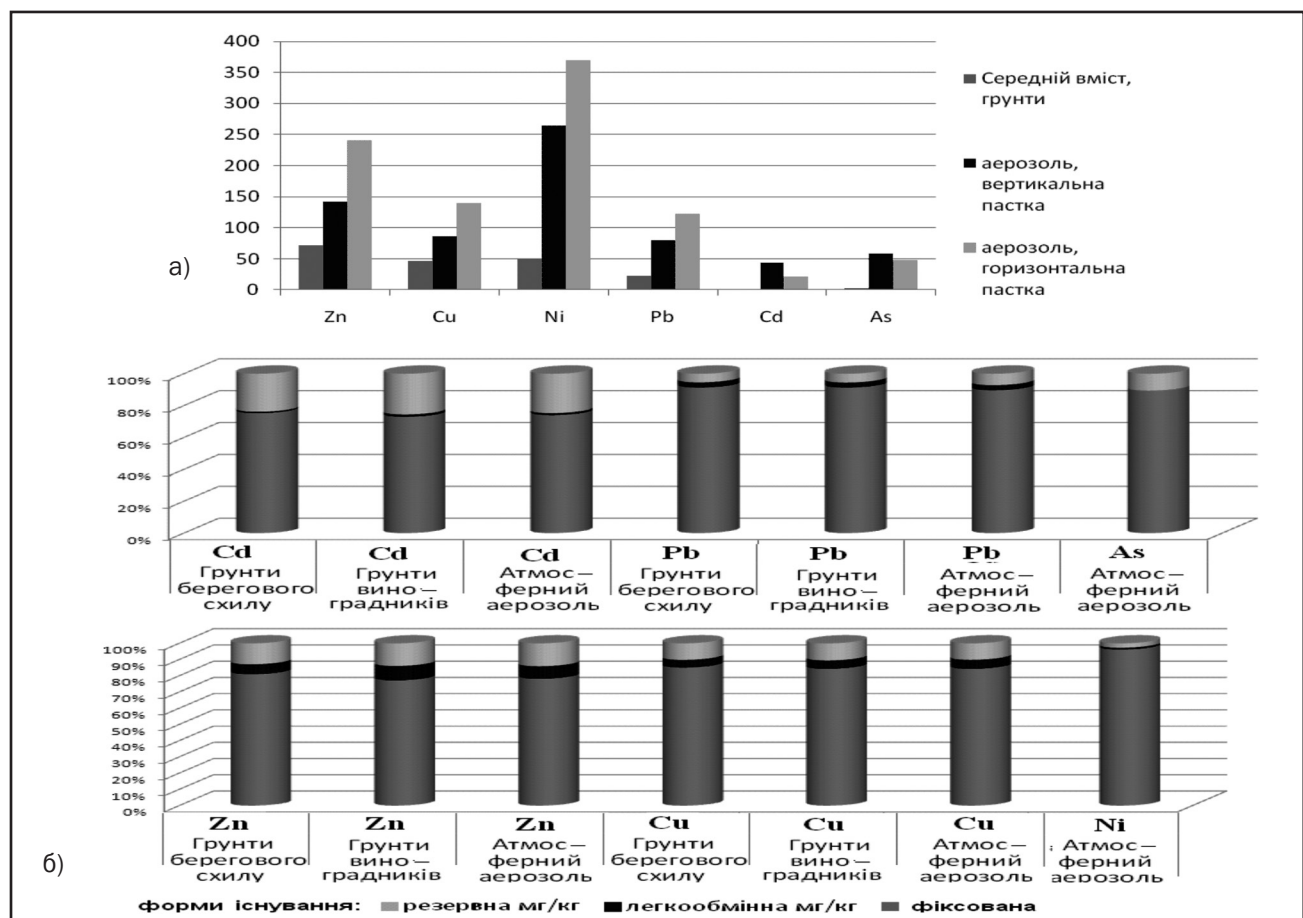


Рис. 4. Розподіл форм вмісту та концентрацій важких металів у ґрунтах узбережжя та речовині атмосферного аерозолю: а – вісоткове співвідношення, за даними одиничних вимірювань; б – з пасток, розташованих на океанографічній платформі, мг/кг.

Fig. 4. The distribution of forms of heavy metals in coast soils and in atmospheric aerosol matter:

а – percentage ratio, according to single measurement; б – matter from traps located at oceanographic platform mg/kg.

сивно протікає ряд реакцій, в тому числі поглинання частинками еолової зависі присутніх в атмосфері води, парів кислот, лугів – у результаті їх поглинання властивості частинок аерозолю суттєво відрізняються від властивостей вихідного матеріалу.

ВИСНОВКИ

Аналітична обробка накопиченого на даному етапі спостережень матеріалу вказує на можливість визначення ряду сталих закономірностей седиментаційних процесів в районі досліджень за заданими параметрами, що в подальшому дозволить з'ясувати умови 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. На сьогодні відносно невеликий період спостережень дає можливість лише отримати загальні уявлення щодо головних закономірностей розподілу седиментаційної речовини в процесі надходження з суходолу в межі акваторії та змін в її складі.

Проведення подальших спостережень та удосконалення методик відбору натурного матеріалу дасть змогу отримати надійні результати співвідношень форм елементів у складі еолового матеріалу. Але вже сьогодні вони певно свідчать про важливу роль атмосферних потоків у живленні акваторій седиментаційною речовиною, значно збагаченою важкими металами.

REFERENCES

Dobrovolskiy V.V., 1983. Geography of microelements. Global spreading. Moscow, *Mysl*, 271 p. (In Russian).

Hunko S.O., 2011. Cadmium in soils of Dniprodzerzhinsk city. *Bulletin of Dnipropetrovsk University, Biology. Medicine*, ed. 2, vol. 1. pp. 24–30. (In Russian).

Yemelyanov V.O., 2010. Actuality and background of creation of system of monitoring the state of natural complexes in land-and-sea interaction zone. *Collection of research papers of Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine*, No.3, pp. 165–169. (In Russian).

Mytropolskiy O.Yu., Nasedkin Ye.I., Stepanyak Yu.D., Kuznetsov O.S., 2005. Integrated geoecological monitoring of shelf as the prerequisite for credible assessment of modern state of marine ecosystems. *Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated using of shelf resources*, No 13, pp. 111–116. (In Ukrainian).

Nasedkin Ye.I., Mytropolskiy O.Yu., Ivanova G.M., 2013. Monitoring of sedimentation processes in ht land-and-sea interaction zone. Sevastopol, *Ekosi-Gidrofizika*, 295 p. (In Ukrainian).

Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский – Москва: Мысль, 1983. – 271 с.

Гулько С.О. Кадмій у ґрунтах міста Дніпродзержинськ / С.О. Гулько // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина. – 2011. – Вип. 2, т. 1. – С. 24–30.

Ємельянов В.О. Актуальність та передумови створення системи спостережень за станом природних комплексів в зоні взаємодії суходолу та моря / В.О. Ємельянов В.О., Є.І. Наседкін, Г.М. Іванова // Зб.наук.праць ІГН НАН України. – 2010. – №.3. – С. 165–169.

Митропольський О.Ю. Комплексний геоекологічний моніторинг шельфу – необхідна умова достовірної оцінки сучасного стану морських екосистем / О.Ю. Митропольський, Є.І. Наседкін, Ю.Д. Степаняк, О.С. Кузнецов. // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. – 2005. – № 13. – С. 111–116.

Наседкін Є.І. Моніторинг седиментаційних процесів у зоні взаємодії суходолу та моря / Є.І. Наседкін, О.Ю. Митропольський, Г.М. Іванова. – Севастополь: Екосі-Гідрофізика, 2013 – 295 с.

Manuscript resived 17 January 2015;
revision accepted 22 April 2015.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна
nasedevg@ukr.net
Рецензент: О.Ю. Митропольський

Наседкин Е.И.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ И НАПРАВЛЕНИЙ ВЕТРОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В ПРЕДЕЛАХ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН

Статья посвящена исследованиям влияния гидрометеорологических факторов на качественный и количественный состав вещества седиментационных потоков в атмосферной среде в пределах прибрежного района акватории Черного моря. Ежедневная фиксация на протяжении нескольких лет таких показателей, как частота, направления и скорость ветров, ежемесячный отбор проб эолового материала из атмосферных потоков различной направленности позволили создать базу данных, провести аналитические исследования и выявить ряд зависимостей. Исследования показали, что изучение механизмов поступления эоловых потоков с территории суши в акваторию моря целесообразно не только для познания особенностей седиментационных процессов в зоне взаимодействия «суша – море», но и определения закономерностей переноса загрязняющих веществ. *Ключевые слова:* седиментационные потоки, атмосферное аэрозоль, сила ветров, минеральный состав, тяжелые металлы, почвы суши, органическое вещество.