

Bioaerazol morski w rejonie Zatoki Gdańskiej

Marine bioaerosol in the area of Gdańsk Bay

Małgorzata Michalska, Maria Bartoszewicz, Monika Cieszyńska, Jacek Nowacki

Gdański Uniwersytet Medyczny

Międzywydziałowy Instytut Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni. Kierownik: dr Małgorzata Michalska
Zakład Ochrony Środowiska i Higieny Transportu

Streszczenie

Ważnym elementem procesów wymiany masy i energii, między morzem i atmosferą przebiegającej za pośrednictwem kropelek pyłu morskiego, jest proces powstawania bioaerozolu morskiego. W ostatnich dekadach XX wieku nastąpił bardzo wyraźny wzrost badań nad aktywnością aerorozolową morza. Wyniki tych badań wykazały, że koncentracje bakterii wynoszonych z kroplą aerorozolową zwykle przewyższały setki razy ich stężenie zaobserwowane w wodzie przypowierzchniowej. Badania te dowodzą, także, że aktywność aerorozolowa morza kształtuje między innymi stan sanitarny powietrza, zwłaszcza w strefach nadmorskich. W celu ustalenia poziomów stężeń bioaerozolu bakteryjnego i grzybowego badania prowadzono na plażach w Gdyni, Sopocie, Gdańsku-Brzeźnie, w Sobieszewie i w Komarach. W strefie brzegowej próbki powietrza pobierano umieszczając końcówkę urządzenia filtrującego, na wysokości 1 m. W strefie morskiej punkty poboru próbek powietrza atmosferycznego zlokalizowane były na terenie Zatoki Gdańskiej oraz w ujściu Wisły. Próbki powietrza pobierano metodą filtracyjną na wysokości 4 m od lustra wody na statku R/V Baltica. Powietrze filtrowano za pomocą urządzenia Air Sampler firmy Sartorius MD8 na jałowe filtry. Po zakończeniu filtracji żelatynowe filtry nakładano na jałowe stałe podłoża mikrobiologiczne, a następnie płytki umieszczano w cieplarniach o temperaturach 20°C, 30°C i 37°C. Otrzymane wyniki podawano jako liczbę jednostek tworzących kolonie w 1 m³ powietrza bakterii lub grzybów (CFU/m³). W czasie pobierania próbek powietrza, badano podstawowe parametry meteorologiczne, takie jak: temperatura,

wilgotność powietrza atmosferycznego oraz kierunki i prędkości wiatru.

Wyniki badań przeprowadzonych w rejonie brzegowym wskazują na istotne statystycznie tendencje pomiędzy ogólną liczbą bakterii i zarodników grzybów, a miesiącem poboru prób (maksymalne liczebności bakterii i zarodników grzybów odnotowano w czerwcu i lipcu oraz we wrześniu, październiku i listopadzie), istotne statystycznie zależności pomiędzy liczebnością mikroorganizmów, a kierunkiem wiatru. Najwięcej badanych bakterii i grzybów stwierdzono w Gdyni i Gdańsku-Brzeźnie (wiatr z kierunków odlądowych południowo-zachodnich) oraz w Sobieszewie i Komarach w dniach, w których przeważały wiatry o sile 3–4° B, z kierunku i północno-wschodniego i wschodniego, że wiatry północno-wschodnie i wschodnie mogą przenosić masy silnie zanieczyszczonego powietrza z nad obszaru mieszanania się wód rzeki Wisły, z wodami morskimi do miejscowości położonych w rejonie ujścia rzeki Wisły do Zatoki Gdańskiej.

Słowa kluczowe: bioaerazol, bakterie mezofile, bakterie psychrofilne, grzyby, plaże

Abstract

Formation of bioaerosol is an important process of mass and energy exchange between sea and atmosphere by means of droplets of marine dust. Studies on aerosol activity of the sea was developed in the last decades of the 20 th century. Those studies revealed that concentrations of bacteria in aerosol droplets were hundreds times higher

Nadesłano: 29.09.2009

Zatwierdzono do druku: 09.11.2010

than their concentrations in superficial parts of seawater. The research also proved that aerosol activity of the sea can influence the sanitary condition of the air, especially at the seacoast areas. Surveys of air structure in coastal regions were performed on the Tricity beaches as well as in Sobieszewo and Komary. Atmospheric air sampling stations in the marine zone were located on the Gulf of Gdansk at the Vistula river mouth. Air samples were collected from the front platform on the ship R/V Baltica at 4m above the sea surface. The air samples were collected by filtration method using Sartorius apparatus. Airborne microbes were deposited onto sterile gelatine Sartorius filters. All filters were exposed directly towards the oncoming wind. After sampling, the exposed filters were placed onto the agar media on Petri plates and incubated. All measurement results were depicted in (CFU/m³) i.e. colony forming units in 1 m³ of the examined air. Meteorolo-

gical measurements included: temperature, humidity, wind speed and direction. The obtained results revealed that statistically significant trends were observed between the total number of bacteria or moulds and a season of sampling. The greatest number of microorganisms was noted in spring and autumn. Correlation analysis showed that statistically significant relationship exists between microbial abundance and the wind direction or speed and location of sampling site. Large quantities of fungal spores was detected in the areas of Gdynia and Gdansk - Brzeźno when south-west winds were blowing from the land. The highest number of bacteria were observed at the sampling stations located closest to the Vistula river mouth (Sobieszewo and Komary).

Key words: bioaerosol, mesophilic bacteria, psychrophilic bacteria, fungi, beaches

Wstęp

Wiatr i falowanie, a także procesy fizyczno-chemiczne, powodują powstawanie aerozolu na granicy woda-powietrze. Powstawanie tego aerozolu można ogólnie powiązać z mechanizmami związanymi z pękaniem pęcherzyków powietrza powstających w wyniku załamania się fal wiatrowych, opadów deszczu i śniegu oraz w wyniku generacji kropeł rozbryzgu. Pęcherzyki powietrza powstają na powierzchni wody także na skutek nagłego ogrzewania wody w okresie wiosny lub wzmózonej produkcji biologicznej.

Jak dotąd najczęściej o bioaerozoluach morskich można dowiedzieć się z badań prowadzonych nad wzbogaceniem ich w bakterie i wirusy. W szeregu badań laboratoryjnych Bezdek i Carlucci, Blanchard i Syzdek., Weber i wsp. oraz Marks i wsp. [1, 2, 3, 4] wykazali istnienie potencjalnej możliwości występowania aerozolu wzbogacanego w bakterie i wirusy. Autorzy ci prowadzili eksperymenty w warunkach laboratoryjnych, badając liczbę bakterii *Serratia marcescens* zawartych w kroplach aerozolu emitowanych przez pęcherzyki gazu, wędrujące przez ośrodek wodny o ustalonej koncentracji bakterii. Eksperyment polegał na badaniu liczby bakterii zawartych w pierwszej kropce pobłonowej generowanej z pojedynczego pęcherzyka wynoszonego z toni wodnej. Uzyskane wyniki wskazywały na wzrost współczynnika wzbogacenia w wynoszone bakterie wraz z wydłużeniem drogi wędrówki pęcherzyka przez kolumnę wody. Dla zawiesiny bakterii *Serratia marcescens*, współczynnik wzbogacenia w bakterie przewyższał 1000 razy koncentrację tychże bakterii zawieszonych w toni wodnej. Wynik ten tłumaczy się zdolnością wyłapywania bakterii w toni wodnej przez wędrujące ku powierzchni wo-

dy pęcherzyki gazu. Występowanie podobnie wysokich, kilkusetkrotnych wzbogaceń w kroplach aerozoli wodnych, potwierdzono również dla cząstek wirusów rozproszonych w toni wodnej.

Blanchard wraz ze współpracownikami [5], w warunkach laboratoryjnych, oszacowali współczynnik wzbogacania, który wynosi 600 razy, przy długości drogi wędrówki pęcherzyka przez kolumnę wody powyżej 10 cm. Ulevicius [6] w eksperymencie obliczył, że współczynnik wzbogacenia w bakterie krople błonowych i pobłonowych przewyższa 1000 razy koncentrację bakterii w stosunku do bakterii zawieszonych w zawieszynie wodnej.

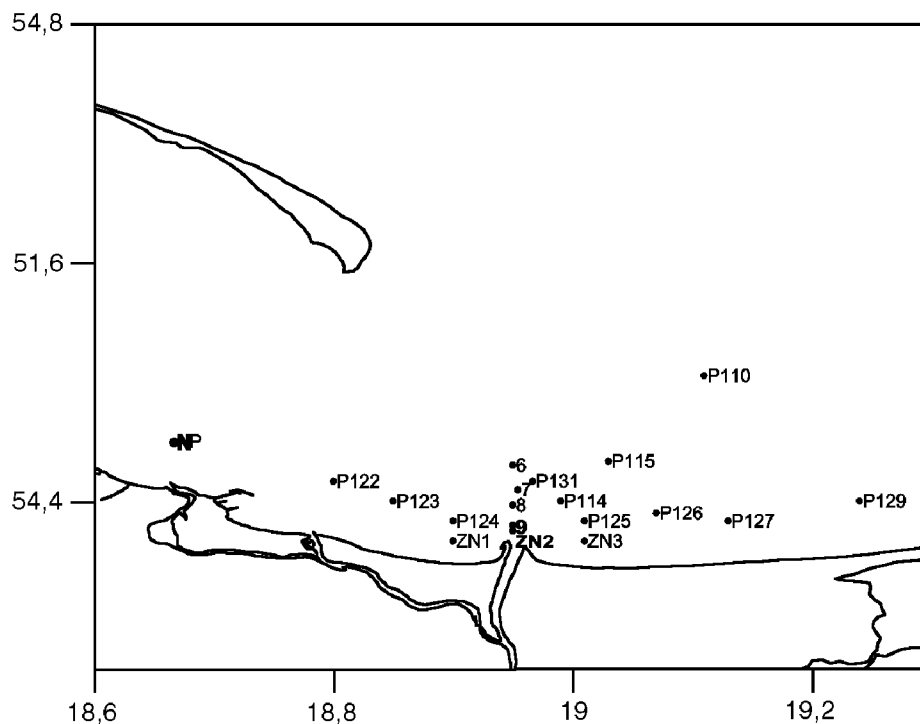
Badania nad selekcją bakterii zawartych w toni wodnej oraz nad wzbogacaniem aerozoli morskich w bakterie psychrofilne i mezofilne, prowadzono również w czasie eksperymentów morskich na Zatoce Gdańskiej oraz podczas badań laboratoryjnych. Liczba mikroorganizmów w aerozolu dla Zatoki Gdańskiej wahały się w granicach od 37 do 2545 CFU/m³ dla bakterii mezofilnych oraz od 14 do 585 CFU/m³ dla bakterii psychrofilnych. W badaniach tych zaobserwowano także przenoszenie zarodników pleśni wraz z masami powietrza znad obszarów lądowych nad akwen Zatoki Gdańskiej [4]. Badania prowadzone na linii brzegowej nad Zatoką Gdańską wykazały, że średnio liczba bakterii mezofilnych wyniosła 308 CFU/m³, bakterii psychrofilnych od 1 do 190 CFU/m³ i grzybów od 5 do 1100 CFU/m³ [7]. Z punktu widzenia zdrowia ważna jest wiedza o wpływie, jaki wywiera bioaerosol powstający nad Zatoką Gdańską na aglomerację Trójmiasta.

Celem niniejszej pracy było ustalenie poziomów stężeń bioaerozolu bakteryjnego i grzybowego w rejonie trójmiejskich plaż oraz w ujściu Wisły do Zatoki Gdańskiej.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiło 312 prób powietrza pobranych na plaży i 24 próby powietrza atmosferycznego pobrane w strefie morskiej. Próby powietrza atmosferycznego pobierano na plażach w Gdyni, Sopocie, Gdańsku-Brzeźnie, Sobieszewie i w Komarach w cyklu rocznym w okresie od 1998 do 2005 roku. W strefie morskiej badania prowadzono w sierpniu 2001 roku. Punkty poboru próbek powietrza atmosferycznego zlokalizowane były na terenie Zatoki Gdańskiej oraz u ujścia Wisły (ryc. 1). W strefie brzegowej próbki powietrza pobierano umieszczając końcówkę urządzenia filtrującego, na wysokości 1 m. Próbkę powietrza w strefie morskiej pobierano metodą filtracyjną na wysokości 4 m od lustra wody na pokładzie statku R/V „Baltica”. Wysokość pobierania próbek ustalono w taki sposób aby uniknąć błędów pomiarowych spowodowanych powierzchnią terenu (piasek na plaży) lub falowaniem, furta burtową lub żurawikiem, znajdującym się pokładzie statku. Powietrze w jednym miejscu pomiarowym trzy razy filtrowano za pomocą urządzenia Air Sampler firmy Sartorius MD8. Jednorazowo zasysano na jałowe filtry 100 l powietrza. Po zakończeniu filtracji żelatynowe filtry nakładano na jałowe stałe podłoża mikrobiologiczne (typowe podłożo agarowe i podłożo Sabourauda), a następ-

nie płytki umieszczano w ciepłarkach o temperaturach 20°C, 30°C i 37°C. Otrzymane wyniki podawano jako liczbę jednostek tworzących kolonie w 1 m³ powietrza bakterii lub grzybów (CFU/m³). W czasie pobierania próbek powietrza, badano podstawowe parametry meteorologiczne, takie jak: temperatura, wilgotność powietrza atmosferycznego oraz kierunki i prędkości wiatru. Temperatury powietrza charakterystyczne były dla badanego sezonu i wynosiły od 0°C do 11°C (sezon zimowy), od 2°C do 25°C (sezon wiosenny), od 17°C do 28°C (sezon letni), od 1°C do 17°C (sezon jesienny). Wilgotność względna w sezonie zimowym wynosiła od 60% do 96%, w sezonie wiosennym od 61% do 89%, w sezonie letnim od 42% do 94% i w sezonie jesiennym od 71% do 99%. Próbek powietrza atmosferycznego nie pobierano w czasie deszczu. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Bazę danych wykonano w przy pomocy programu Excel XP for Windows, natomiast analizę statystyczną przeprowadzono z użyciem pakietu programu STATISTICA 7.1 (StatSoft). W celu określenia stopnia, w jakim badane zmienne (temperatura powietrza, prędkość wiatru, wilgotność względna powietrza) są ze sobą powiązane, (jakim rodzajem i siłą zależności), wykonano analizę korelacji. Obliczenia prowadzono na poziomie istotności < 0,05.



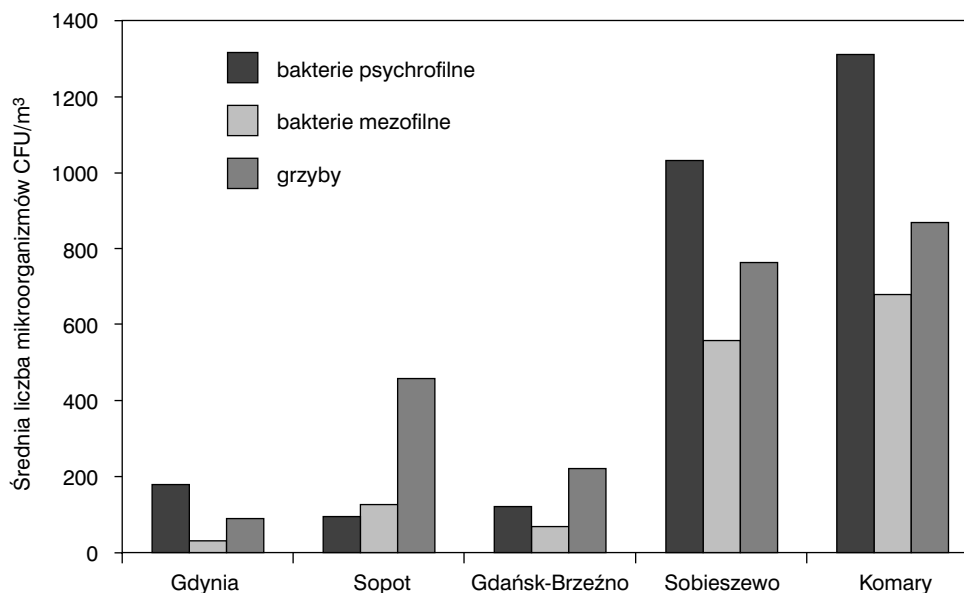
Rycina 1. Położenie stacji pomiarowych w Zatoce Gdańskiej i w ujściu rzeki Wisły.

Figure 1. Map of the study area and locations of monitoring stations on the Gulf of Gdansk, in the area of the Vistula River mouth.

Wyniki badań

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że maksymalne liczebności bakterii psychrofilnych w Gdyni 786 CFU/m³ ($\sigma=197$), w Sopocie 236 CFU/m³ ($\sigma=43$), w Gdańsku – Brzeźnie 334 CFU/m³ ($\sigma=71$), mezofilnych w Gdyni 157 CFU/m³ ($\sigma=21$), w Sopocie 550 CFU/m³ ($\sigma=102$), w Gdańsku-Brzeźnie 204 CFU/m³ ($\sigma=55$) i zarodników grzybów na terenie trójmiejskich plaż w Gdyni 266 CFU/m³ ($\sigma=67$), w Sopocie 2030 CFU/m³ ($\sigma=368$), w Gdańsku – Brzeźnie 588 CFU/m³ ($\sigma=141$) odnotowano w miesiącach: czerwcu i lipcu oraz we wrześniu, październiku i listopadzie. Maksymalne ich liczebności stwierdzono w dniach, w których przeważały wiatry z kierunku południowo-zachodniego. Inną sytuację zaobserwowano na plażach w Sobieszewie i Komarach. Maksymalne wartości stężenia bioaerozolu bakteryjnego (bakterie psychrofilne 1799 CFU/m³, $\sigma=307$, mezofilne 1486 CFU/m³, $\sigma=301$ dla Sobieszewa) i (bakterie psychrofilne 2012 CFU/m³, $\sigma=408$, bakterie mezofilne 1578 CFU/m³, $\sigma=401$ dla miejscowości Komary) oraz bioaerozolu grzybowego (1522 CFU/m³,

$\sigma=439$ w Sobieszewie oraz 1566 CFU/m³, $\sigma=438$ w Komarach) odnotowano w lipcu i w sierpniu oraz we wrześniu i październiku, ale przy wietrze wiejącym z kierunku południowo-wschodniego i wschodniego (ryc. 2). Przeprowadzona analiza statystyczna liczby bakterii i grzybów pozwoliła zbadać siłę zależności między tą liczbą a warunkami meteorologicznymi panującymi w czasie poboru prób oraz porą roku i miejscem poboru prób. Porównując stopień korelacji pomiędzy poszczególnymi parametrami stwierdzono: istotne statystycznie tendencje pomiędzy ogólną liczbą bakterii psychrofilnych ($V=0,63$), mezofilnych ($V=0,53$) i zarodników grzybów ($V=0,4$) a miejscem poboru prób, a także istotne statystycznie zależności pomiędzy liczbą mikroorganizmów a kierunkiem wiatru. Najwięcej badanych bakterii i grzybów stwierdzono na plaży w Gdyni i w Gdańsku-Brzeźnie w czasie, gdy wiały wiatry z kierunków odlądowych południowo-zachodnich, oraz w Sobieszewie i Komarach w dniach, w których przeważały wiatry o sile 3–4° B, z kierunku północno-wschodniego i wschodniego przy wilgotności względnej powietrza 89% i temperaturze powietrza 16° C.



Rycina 2. Średnia liczba mikroorganizmów CFU/m³ a miejsce poboru prób

Figure 2. Mean number of microorganisms CFU/m³ and location of sampling station

W strefie morskiej maksymalne liczby mikroorganizmów w powietrzu atmosferycznym wykryto w punktach zlokalizowanych najbliżej ujścia Wisły, w rejonie mieszania wód Wisły z wodami morskimi. Maksymalne stężenia bakterii psychrofilnych (261 CFU/m³, $\sigma=57$) oraz mezofilnych (631 CFU/m³, $\sigma=126$) odnotowano przy wietrze z kierunku wschodniego, północno-wschodniego i południowo-

wschodniego o sile 3–4° B. Zaobserwowano również przenoszenie się zarodników grzybów wraz z masami powietrza znad obszarów lądowych nad akwen Zatokę Gdańską. Maksymalną liczbę zarodników grzybów (1941 CFU/m³, $\sigma=566$) wyizolowano, gdy wiały wiatry z kierunków południowo-zachodnich i zachodnich. Wilgotność względna badanego powietrza wynosiła 68% a temperatura powietrza 22,5° C.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na istotny związek pomiędzy liczbą bakterii psychrofilnych a prędkością wiatru ($r=0,52$) i wilgotnością powietrza ($r=0,36$). Stwierdzono również statystyczny związek pomiędzy liczebnością bakterii mezofilnych a kierunkiem wiatru ($V=0,47$) oraz prędkością wiatru ($r=0,36$). Liczebność bioaerozolu grzybowego silnie korelowała z temperaturą powietrza ($r=0,59$) słabiej z kierunkiem wiatru ($V=0,35$), z jego prędkością ($r=0,41$) oraz wilgotnością powietrza ($r=0,38$).

Dyskusja

Analizując uzyskane wyniki badań mikrobiologicznych powietrza atmosferycznego prowadzonych na trójmiejskich plażach stwierdzono, że w okresie letnim i jesiennym, przy wietrze z kierunku południowo-zachodniego źródłem mikroorganizmów w powietrzu atmosferycznym są aglomeracje miejskie. Zbliżone dane przytaczają także inni autorzy analizujący ilościowy i jakościowy skład mikrobiologiczny powietrza [8, 9, 10, 11]. Wyniki przeprowadzonych badań powietrza w Sobieszewie i Komarach potwierdzają tezę, że wiatry wschodnie mogą przenosić masy silnie zanieczyszczonego powietrza znad obszaru mieszania się zanieczyszczonych wód rzeki Wisły, z wodami Zatoki Gdańskiej [4]. Tezę tę potwierdzają również całoroczne badania koncentracji bakterii w powietrzu na stacji zlokalizowanej w Sopocie [7].

W strefie morskiej maksymalne liczby mikroorganizmów wykryto w punktach poboru zlokalizowanych najbliżej ujścia Wisły. Zaobserwowano również przenoszenie się zarodników grzybów wraz z masami powietrza znad obszarów lądowych nad akwen Zatoki Gdańskiej. Podobne wyniki badań otrzymał Marks i wsp. [4] prowadząc badania mikrobiologiczne powietrza w 1995 i 1996 roku. Autorzy stwierdzili, że przy słabych wiatrach rosła koncentracja grzybów w powietrzu, przy prawie całkowitym ich braku w toni wodnej. W niniejszej pracy pominięto wpływ pobliskiej oczyszczalni ścieków „Gdańsk-Wschód” na wody Zatoki Gdańskiej, gdyż z danych literaturowych wynika że liczba mikroorganizmów w powietrzu wokół obiektu obniża się do poziomu tła w odległości od 50–200 m od źródeł bioaerozolu. Wieloletnie badania własne dotyczące powietrza atmosferycznego w oczyszczalni ścieków „Gdańsk-Wschód” wykazały, że maksymalne stężenia bakterii psychrofilnych, mezofilnych i zarodników grzybów występowały głównie na terenie oczyszczalni w pobliżu piaskownika i w okolicach komory napowietrzania.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań bioaerozolu na trójmiejskich plażach wskazują na statystycznie znamienne związki pomiędzy liczbą bakterii psychrofilnych, mezofilnych i zarodnikami grzybów, a lokalizacją i warunkami atmosferycznymi.

W rejonie Zatoki Gdańskiej liczba bakterii psychrofilnych, mezofilnych zależy od kierunku i prędkości wiatru, a liczba zarodników grzybów koreluje się nie tylko z kierunkiem wiatru, ale również z jego prędkością, wilgotnością i temperaturą powietrza.

Wyniki badań wykazały, że procesy emisji bioaerozoli do powietrza atmosferycznego zachodzą z największą intensywnością w rejonie ujścia Wisły do Zatoki Gdańskiej.

Piśmiennictwo

1. Bezdak H. F., Carlucci A. F.: Surface concentration of marine bacteria. *Limnology and Oceanography* 1972; 17: 556-569.
2. Blanchard D. C., Syzdek L. D.: Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. *Science* 1970; 170: 626-628.
3. Weber M. E., Blanchard D. C., Syzdek L. D.: The mechanism of scavenging of waterborne bacteria by a rising bubble. *Limnology and Oceanography* 1983; 28: 101-105.
4. Marks R., Kruczalak K., Jankowska K., Michalska M.: Bacteria and fungi in air over the Gulf of Gdansk and Baltic Sea. *Journal of Aerosol Science* 2001; 32: 43-56.
5. Blanchard D. C., Syzdek L. D., Weber M. E.: Bubble scavenging of bacteria in freshwater quickly produces bacterial enrichment in airborne jet drops. *Limnology and Oceanography* 1981; 26: 961-964.
6. Ulevicius V., Willeke K., Grinshpun S. A. i wsp.: Aerosolization of particles from a bubbling liquid: characteristics and generator development. *Aerosol Science and Technology* 1997; 26: 175-190.
7. Kruczalak K., Olanczuk-Neyman K., Marks R.: Airborne microorganisms fluctuations over the Gulf of Gdansk Coastal zone (Southern Baltic). *Polish Journal of Environmental Studies* 2002; 11: 531-536.
8. Di Giorgio C., Krempff A., Guiraud H. i wsp.: Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. *Atmospheric Environment* 1996; 30: 155-160.
9. Shaffer B. T., Lighthart B.: Survey of culturable airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: urban, rural, forest and coastal. *Microbial Ecology* 1997; 34: 167-177
10. Nowak A., Przybulewska K., Tarnowska A.: Zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza na terenie Szczecina w różnych porach roku. *Drobnoustroje w środowisku*. Wyd. Akademii Rolniczej, Kraków 1997: 527-549.
11. Zmysłowska I., Jackowska B.: The occurrence of fungal microflora in atmospheric air in the area of the city of Olsztyn 2006; *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Environmental Development* 9. www.ejpau.med.pl/volume9

Adres do korespondencji:
Małgorzata Michalska
Zakład Ochrony Środowiska i Higieny Transportu
81-519 Gdynia, ul. Powstania Styczniowego 9b
tel. 58 349-37-67, mail: gosia@gumed.edu.pl