ACTA UNIVERSITATIS LODZIENSIS
FOLIA GEOGRAPHICA PHYSICA 3, 1998

Jacek Walczewski

MIEJSKA STACJA OBSERWACYJNA W KRAKOWIE JAKO PRZYKŁAD UKIERUNKOWANEGO SYSTEMU BADAŃ KLIMATU MIASTA

THE URBAN OBSERVING STATION IN CRACOW AS AN EXAMPLE OF A DEDICATED SYSTEM FOR URBAN CLIMATE STUDIES

Stacja miejska w Krakowie została zorganizowana w związku z potrzebą uzyskiwania danych metorologicznych dla rozwiązywania problemów jakości powietrza. Stacja obejmuje dwa bloki: operacyjny i badawczy. Pierwszy blok prowadzi normalne obserwacje przy użyciu dwóch stacji automatycznych, pionowego sodaru oraz sodaru dopplerowskiego. Zadania są następujące: monitoring warunków dyspersji zanieczyszczeń, dostarczania danych do informacji publicznej, tworzenie zbiorów danych dla potrzeb modelowania dyspersji. Blok badawczy prowadzi różnego rodzaju badania w meteorologii warstwy granicznej.

WPROWADZENIE

Standardowa sieć pomiarowa służby meteorologicznej najczęściej nie spełnia warunków, jakie wynikają ze specyficznych potrzeb miasta, szczególnie w obszarze problemów związanych z modelowaniem dyspersji zanieczyszczeń atmosfery. W miastach, szczególnie tych, które dotkliwie odczuwają skutki antropopresji, powstaje zatem potrzeba tworzenia miejskich stacji obserwacyjnych. Ich lokalizacja winna w sposób możliwie pełny reprezentować warunki panujące na obszarze miejskim. Program ich pracy musi obejmować dwie grupy zagadnień: uzyskiwanie tradycyjnych danych meteorologicznych, reprezentujących w tym wypadku obszar miejski oraz dodatkowy zakres pomiarów i obserwacji, wynikający z potrzeb konkretnego miasta. Zbiory danych, tworzone w stacji miejskiej, powinny więc umożliwiać wyznaczanie tradycyjnych charakterystyk klimatycznych, uzupełnionych o elementy klimatu warstwy granicznej atmosfery, wzbogaconych w miarę możności o dane

umożliwiające ocenę procesów wymiany ziemia–atmosfera, niezbędnych dla pogłębionego studium klimatu miasta (Oke 1978).

STACJA MIEJSKA W KRAKOWIE – HISTORIA I LOKALIZACJA

Stacja miejska w Krakowie, stanowiąc element systemu monitoringu jakości powietrza, nazywana jest Centralną Stacją Obserwacyjną (CSO). Powstanie stacji zostało wymuszone potrzebami ochrony powietrza w mieście, w którym problem zanieczyszczenia atmosfery przez wiele lat posiadał wymiar dramatyczny. Potrzebę powstania stacji sygnalizowano ze strony środowisk naukowych już w latach siedemdziesiątych. Początkiem realizacji tych postulatów było rozpoczęcie w końcu 1979 r. systematycznych sondaży atmosfery metodą akustyczną (Walczewski 1984, 1994a). Rozszerzenie zakresu pomiarów nastąpiło podczas eksperymentów MONAT-84 i MONAT-85 w latach 1984 i 1985, zaś od roku 1990 stacja została włączona w powstający system automatycznego monitoringu jakości powietrza, funkcjonując od tego czasu jako Centralna Stacja Obserwacyjna (CSO).

CSO znajduje się w dzielnicy Czyżyny, na terenie Muzeum Lotnictwa. Jest to teren dawnego Lotniska Rakowickiego, zlikwidowanego w latach sześćdziesiątych. Od strony wschodniej i zachodniej znajdują się obszary rozproszonej zabudowy, od południa i północy – obszary zieleni. Odległość do Centrum miasta (Rynku Głównego) wynosi w linii prostej (w kierunku zachodnim) 4 km. W kierunku wschodnim znajduje się dzielnica Nowa Huta i kombinat metalurgiczny, którego część centralna położona jest w odległości około 6,5 km. Dane CSO reprezentują więc warunki meteorologiczne, które mogą być w przybliżeniu odniesione zarówno do centrum miasta, jak i do huty, a oba te obszary stanowią istotne dla Krakowa źródła emisji zanieczyszczeń. Dla porównania, stacja meteorologiczno-synoptyczna Balice, z której dane odnoszone są często do Krakowa, odległa jest od centrum miasta o 10 km, zaś od kombinatu hutniczego o ponad 20 km.

STRUKTURA I WYPOSAŻENIE STACJI

Struktura CSO obejmuje dwa „bloki": operacyjny i badawczy. W bloku operacyjnym znajdują się urządzenia pracujące w trybie ciągłym, natomiast w badawczym znajdują się urządzenia wykorzystywane okresowo w ramach kampanii pomiarowych, związanych z różnymi programami badań naukowych.

W bloku operacyjnym pracują:

1. Automatyczna stacja meteorologiczna (ciągły pomiar temperatury, opadu, prędkości i kierunku wiatru na wysokości 10 i 20 m).

2. Zespół tradycyjnych przyrządów meteorologicznych, obsługiwanych manualnie (odczyty o godz. 7.00 i 12.00 GMT).

3. Sodar sondujący pionowo. Aktualnie jest to typ „SAMOS-4C", sodar cyfrowy opracowany w Zakładzie Teledetekcji Atmosfery IMGW w Krakowie i wprowadzony do użytku w sierpniu 1993 r. Poprzednio (od października 1979 r.) były to kolejne wcześniejsze wersje sodarów SAMOS, stopniowo doskonalonych (Walczewski 1984, 1989; Zarębski 1994). Ostatnio przystąpiono do homogenizacji zbiorów danych sodaru pionowego z uwzględnieniem charakterystyk technicznych sodarów (Walczewski 1997, 1997a). Zadaniem sodaru pionowego jest ciągłe rejestrowanie charakterystyk struktury warstwy granicznej atmosfery, do wysokości 1000 m, a szczególnie detekcja i określanie położenia warstw inwersyjnych, jak również obserwacja przebiegu i intensywności konwekcji.

4. Sodar dopplerowski produkcji francuskiej firmy REMTECH, typ PA-2, wykorzystywany do pomiaru wiatrów górnych (zasięg przeciętnie 500–600 m, maksymalnie 900 m).

5. Automatyczna stacja meteorologiczna STAWAG, konstrukcji Zakładu Teledetekcji Atmosfery IMGW – Kraków, służąca do ciągłego automatycznego wyznaczania stanu równowagi atmosfery metodą długości Monina-Obuchowa (Burzyński i in. 1995). Stacja mierzy automatycznie temperaturę i prędkość wiatru na wysokościach 2 i 10 m, oraz kierunek wiatru na wysokości 10 m.

Blok badawczy obejmuje:

1. Zespół urządzeń na wieży gradientowej 20 m.

2. Zespół urządzeń do sondażu atmosfery balonem na uwięzi (balon i sonda konstrukcji Zakładu Teledetekcji Atmosfery IMGW – Kraków).

3. Lidar do pionowego sondażu atmosfery, typ LIVERS konstrukcji Zakładu Teledetekcji Atmosfery IMGW – Kraków (Kaszowski, Bielak 1994). Lidar wyposażony jest w laser rubinowy i służy do obserwacji warstw aerozolowych w atmosferze. Zasięg (w zależności od warunków) 2000–3000 m.

4. Spektrometry korelacyjne firmy kanadyjskiej Barringer, typ COSPEC, pięć sztuk, wraz z oprzyrządowaniem do montowania w samochodzie lub samolocie pomiarowym. Przyrządy służą do pomiarów emisji w smudze, napływu na określone obszary oraz pionowego profilu stężeń (przy wykorzystaniu samolotu), dwutlenku siarki i dwutlenku azotu (Orkisz 1994, Walczewski, Orkisz 1994).

REALIZOWANE ZADANIA I WAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA BADAWCZE

W ramach ciągłej służby CSO wykonuje następujące zadania:

1. Bieżąco ocenia warunki dyspersji zanieczyszczeń atmosfery. CSO utrzymuje kontakt z Wojewódzkim Inspektoratem Ochrony Środowiska,

informując – w razie potrzeby – o pogorszeniu się warunków dyspersji i o tendencji nasilania się lub zanikania takich warunków. W razie wystąpienia epizodów smogowych warunki dyspersji są monitorowane w zestawieniu z prognozą meteorologiczną, dla potrzeb ewentualnego ostrzegania smogowego i innych działań wojewódzkich organów decyzyjnych. Zasadnicze znaczenie dla tego typu monitoringu posiada informacja sodarowa. Monitoring i prognoza warunków dyspersji są również wykonywane dla potrzeb zakładów przemysłowych i energetycznych.

2. Dostarcza danych do wojewódzkich biuletynów dotyczących jakości powietrza w ramach funkcji informacji publicznej sieci monitoringu. CSO przygotowuje – w standardowej formie – dwie strony informacji do biuletynów miesięcznych, oraz oddzielny rozdział w biuletynach rocznych, gdzie m. in. dokonuje się meteorologicznej interpretacji stanu zanieczyszczenia powietrza i przebiegu epizodów smogowych (*Informacja...*, 1993–1997; *Raport...*, 1994–1996).

3. Wykonuje pomiary emisji i napływu SO_2 i NO_2 za pomocą mobilnych spektrometrów korelacyjnych. W szczególności wykonywane są regularnie w ciągu roku oceny napływu wspomnianych zanieczyszczeń na Kraków oraz całkowitej emisji (zorganizowanej i niezorganizowanej) z obszaru kombinatu hutniczego.

4. Tworzy zbiory danych dla potrzeb modelowania dyspersji zanieczyszczeń. Całość danych CSO ujmuje się w wieloletnie zbiory danych godzinowych, obejmujące m. in. takie dane niestandardowe, jak ocena głębokości warstwy mieszania i oznaczenia stanów równowagi nowoczesnymi metodami. Zbiory wykorzystywane są do obliczeń modelowych w ramach różnego rodzaju ekspertyz dla organów wojewódzkich oraz do różnych zadań specjalnych, jak np. wykonywane w roku 1996 obliczenia rozkładu zanieczyszczeń od źródeł komunikacyjnych w Krakowie, dla okresu pięciu lat. Do tych celów opracowano metody homogenizacji i uzupełniania zbiorów (Burzyński 1997). Opracowano także metodę przenoszenia wyników niektórych obserwacji sodarowych na inne lokalizacje geograficzne (Walczewski 1995).

W ramach prac badawczych wykorzystywano dane CSO do różnych zadań, z których wymienimy tylko ważniejsze. Szczególnie cenny był tu wieloletni zbiór danych sodarowych z lat 1980–1997, obejmujący już dane z ponad 70 000 godz. obserwacyjnych, co pozwala na wykonywanie analiz o charakterze klimatologicznym. Morfologia ech sodarowych pozwala na określanie typów struktury warstwy granicznej i wyciąganie wniosków, dotyczących procesów przekazywania energii w układzie ziemia–atmosfera. Tak więc struktury inwersyjne i konwekcyjne oznaczają określone kierunki strumieni ciepła, zaś poranne i wieczorne przemiany tych struktur sygnalizują odwracanie się kierunku tych strumieni. Mając to na uwadze, prowadzono studia przebiegów dobowych czterech podstawowych typów echa sodarowego

(warstwy przyziemne, warstwy wzniesione, struktury konwekcyjne, struktury bezechowe), badając ich zmienność sezonową i zależności od typów pogody (Walczewski 1984, 1986, 1989; Walczewski (red.) 1994b). Badano proces porannych przemian struktury warstwy granicznej, jako czynnik w dużej mierze związany z przebiegiem dobowym (Walczewski 1984, 1995a; Walczewski, Stasiak 1995). Opracowano katalog przebiegów dobowych głównych typów ech sodarowych dla wszystkich miesięcy roku, wraz z ich interpretacją (Walczewski (red.) 1994b), klasyfikację porannych przemian struktury warstwy granicznej i częstość występowania poszczególnych typów w zależności od pór roku. Opracowano metodykę interpretacji danych sodarowych w kategoriach stanów równowagi atmosfery (Walczewski, Feleksy-Bielak 1988) i na tej podstawie sporządzono katalog przebiegów dobowych i statystyk typów stanów równowagi w układzie rocznym, sezonowym i miesięcznym, obalając pewne stereotypy, oparte na klasyfikacji Pasquilla (dominacja równowagi obojętnej). Wnioski te okazały się zbieżne z wynikami prac zagranicznych. Umożliwiło to uzyskiwanie bardziej realistycznych wyników przy modelowaniu dyspersji zanieczyszczeń (Tomaszewska 1995; Tomaszewska, Orkisz 1997).

Zajęto się problemem wykorzystania danych sodarowych do oceny głębokości warstwy mieszania (Walczewski 1994), łącząc te badania z wykorzystaniem lidarowych obserwacji warstw aerozolowych, sondaży balonowych oraz lotniczych pomiarów z użyciem spektrometru korelacyjnego (Bielak, Kaszowski 1997; Bielak i in. 1997; Walczewski, Orkisz 1994). Badania te są w toku i zmierzają do rozróżnienia zasięgu atmosferycznych mechanizmów mieszania od zasięgu mieszania konkretnych substancji (aerozole i gazy).

Wykorzystanie sodaru dopplerowskiego pozwoliło na znaczne rozszerzenie charakterystyk anemologicznych w odniesieniu do wiatrów górnych. Dzięki ciągłości pomiarów sodarowych zastąpiono róże wiatrów z trzech terminów pomiarowych różami, które uwzględniają pomiary całodobowe, oraz przedstawiono wysokościowe charakterystyki wiatru z podziałem na stany równowagi atmosfery (Walczewski, Śliwińska 1994; Rozwoda 1995, 1997). Podjęto prace nad empirycznym modelem skrętu wiatru w warstwie granicznej. Są to prace o dużym znaczeniu dla wiarygodności obliczeń pól zanieczyszczeń modelami dyspersji.

WNIOSKI

Przykład miejskiej stacji obserwacyjnej w Krakowie ukazuje wysoką użyteczność takiej stacji dla celów praktycznych i nauki. Dane ze stacji miejskiej pozwalają na zwiększenie wiarygodności różnych ocen środowiska

atmosferycznego w porównaniu z ocenami opartymi na danych pochodzących ze stacji pozamiejskich lub uzyskiwanych metodami parametryzacji. Warunkiem powodzenia w pracy stacji jest jednak właściwy dobór narzędzi pomiarowych. Do narzędzi szczególnie skutecznych w badaniu warstwy granicznej należy sodar, umożliwiający ciągłość obserwacji i dający dostęp do bogatego zasobu informacji, przy bardzo niskim koszcie jednostkowym informacji. Doświadczenia CSO w Krakowie, jak i doświadczenia wielu ośrodków zagranicznych, wskazują na konieczność korzystania z kilku różnych systemów pomiarowych, dopełniających się wzajemnie i umożliwiających skuteczniejszą interpretację wyników pomiarów. Można wyrazić życzenie i nadzieję, że dla wszystkich większych ośrodków miejskich w Polsce otworzą się możliwości organizowania miejskich stacji obserwacyjnych. W pracy takich stacji mogą okazać się użyteczne doświadczenia CSO w Krakowie.

LITERATURA

Bielak A., Kaszowski W., 1997, *Pomiary głębokości warstwy mieszania z użyciem lidaru, sodaru oraz balonu na uwięzi*, Wiad. IMGW, t. 20, z. 1

Bielak A., Burzyński J., Kaszowski W., Walczewski J., 1997, *Some Parameterization Formulae for Mixing Height Compared with Joint Sodar and Lidar Observations*, [w:] *Proc., EURASAP Workshop „Determination of Mixing Height-Current Progress and Problems" Roskilde, Denmark, 1–3 October*

Burzyński J., 1997, *Tworzenie zbiorów historycznych danych meteorologicznych do obliczeń pola imisji modelem dyspersji*, Wiad. IMGW, t. 20, z. 1

Burzyński J., Psuj J., Zarębski M., 1995, *Stacja automatyczna do wyznaczania warunków dyspersji skażeń w przyziemnej warstwie atmosfery*, Wiad. IMGW, t. 18, z. 3–4

Informacja o poziomie zanieczyszczenia powietrza, 1993–1997, Wyd. Urzędu Wojew. w Krakowie

Kaszowski W., Bielak A., 1994, *Lidar LIVERS do pionowego sondażu atmosfery*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Oke T. R., 1978, *Boundary Layer Climates*, Ed. J.Wiley-Sons, New York–London

Orkisz K., 1994, *Napływ SO_2 na obszar Krakowa i emisja SO_2 z huty żelaza w Krakowie; pomiary spektrometrem korelacyjnym*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Raport o stanie zanieczyszczenia powietrza w Krakowie w roku 1994, 1995, 1996, W. i. Wojewody Krakowskiego, 1995, 1996, 1997

Rozwoda W., 1995, *Wysokościowe charakterystyki wiatru w Krakowie w zależności od stan w równowagi atmosfery*, Wiad. IMGW, t. 18, z. 3–4

Rozwoda W., 1997, *Badania przebiegu prędkości i kierunku wiatru w warstwie granicznej w warunkach określanych jako „cisza wiatrowa"*, Wiad. IMGW, t. 20, z. 1

Tomaszewska A. M., 1995, *Konsekwencje błędnych oznaczeń stanów równowagi atmosfery w wynikach modelowych obliczeń pola imisji*, Wiad. IMGW, t. 18, z. 3–4

Tomaszewska A. M., Orkisz K., 1997, *Porównanie obserwowanych i obliczonych wartości parametrów dyspersji smogu*, Wiad. IMGW, t. 20, z. 1

Walczewski J., 1984, *Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad Krakowem w oparciu o wyniki sondażu akustycznego*, Mat. Bad. IMGW, Meteor., nr 10

Walczewski J., 1986, *Verlaeufe von Sodar-Echos als klimatologische Charakteristik der Grenzschicht*, Ann. der Meteor. (Neue Folge), Nr. 23

Walczewski J., 1989, *Development of Sodar and Acoustic Sounding of the Atmosphere in Poland*, Zeitschr. f. Meteor., Bd. 39, H. 3

Walczewski J., 1994, *Niektóre charakterystyki warstwy mieszania wyznaczone za pomocą sodaru pionowo sondującego w Krakowie*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Walczewski J., 1994a, *Centralna Stacja Obserwacyjna systemu monitoringu atmosfery w Krakowie*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Walczewski J. (red.), 1994b, *Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad miastem (na przykładzie Krakowa)*, Mat. Bad. IMGW, Meteor.

Walczewski J., 1995, *Metoda wykorzystania danych sodarowych z Krakowa do oceny średniej głębokości warstwy mieszania w innych miejscowościach*, Wiad. IMGW, t. 18, z. 3–4

Walczewski J., 1995a, *Zmienność niektórych elementów meteorologicznych mierzonych na powierzchni ziemi podczas pojawiania się i zaniku struktur konwekcyjnych*, Wiad. IMGW, t. 8, z. 3–4

Walczewski J., 1997, *Zasięg rozpoznawania struktur warstwy granicznej przez sodary o różnych charakterystykach technicznych*, Wiad. IMGW, t. 20, z. 1

Walczewski J., 1997a, *Some Aspects of Estimation of Mixing Height Using Vertical Sodar Records*, [w:] *Proc., EURASAP Workshop „Determination of the Mixing Height-Current Progress and Problems", Roskilde, Denmark, 1–3 October*

Walczewski J., Feleksy-Bielak M., 1988, *Diurnal Variation of Characteristic Sodar Echoes and the Diurnal Change of Atmospheric Stability*, Atm. Environ., Vol. 22, No 9

Walczewski J., Orkisz K., 1994, *Zastosowanie spektrometru korelacyjnego do wyznaczania głębokości mieszania SO_2 w atmosferze w warunkach konwekcyjnych*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Walczewski J., Śliwińska U., 1994, *Kierunki wiatrów górnych w Krakowie w 1993 r.*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Walczewski J., Stasiak M., 1995, *Przebieg roczny występowania typów porannych przemian w warstwie granicznej – obserwacje sodarowe w Krakowie w r. 1994*, Wiad. IMGW, t. 18, z. 3–4

Zarębski M., 1994, *Sodar cyfrowy SAMOS-4C*, Wiad. IMGW, t. 17, z. 3

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział w Krakowie

SUMMARY

Urban station in Cracow was organized to meet the needs of meteo data connected to air quality problems. Station comprises an operational block and a research block. The first one conducts routine observations with use of 2 automatic stations, a vertical sodar and a 3-beam Doppler Sodar. The tasks are: monitoring of dispersion conditions and data supply for public information; creation of data files for dispersion modelling. The research block conducts different kinds of studies in Boundary Layer Meteorology.