

Jacek Walczewski

Zakład Teledetekcji Atmosfery



Okoliczności powstania Pracowni Raketowych Sondowań Atmosfery PIHM

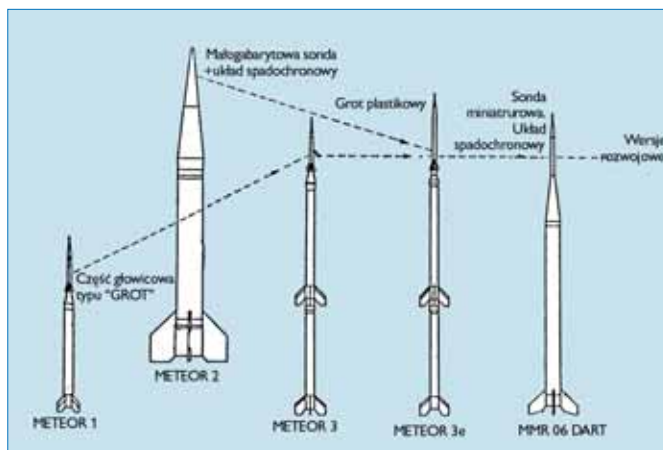
Przedstawienie w krótkim artykule 43 lat działalności jednostki naukowo-badawczej nie jest łatwe. Będę zatem zmuszony do ujęć syntetycznych, pomijając wiele spraw bardziej szczegółowych lub wymieniając je jedynie z nazwy.

1.04.2004 minęła 43 rocznica powstania w Krakowie, w ramach ówczesnego Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, Pracowni Raketowych Sondowań Atmosfery (PRSA), która – po licznych przemianach – stała się w r. 1985 Zakładem Teledetekcji Atmosfery Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Pracownia przejęła w znacznej części dorobek istniejącej w latach 1957-1959 na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie Komórki Techniki Raketowej i Fizyki Atmosfery (KTRiFA) oraz istniejącej od r. 1956 Sekcji Technicznej Polskiego Towarzystwa Astronautycznego. Wymienione jednostki organizacyjne były twórcami „Programu RM” – programu budowy polskiej rakiety meteorologicznej i zrealizowały w latach 1958-1961 na Pustyni Błędownskiej próby w locie 7 typów rakiet doświadczalnych, dążąc do przeniesienia na grunt polski idei prof. Itokawy z Japonii: budowy rakiety meteorologicznej na podstawie badań małych rakiet doświadczalnych oraz budowy rakiet kosmicznych na podstawie doświadczeń z raketami meteorologicznymi. Jak wiemy, w Polsce udało się zrealizować tylko pierwszą część tego programu – choć na przełomie lat 60. i 70. XX w. byliśmy już bardzo bliscy części drugiej.

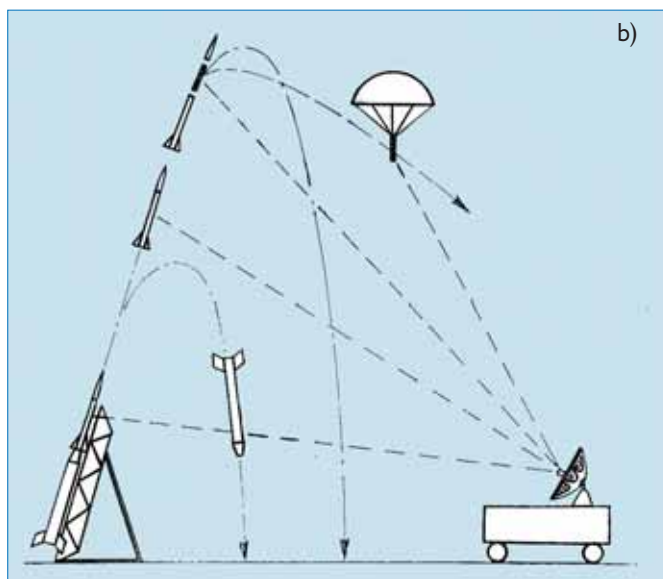
Sprawa podjęcia prac nad raketami meteorologicznymi w PIHM była omawiana już od r. 1960, przy poparciu służby meteorologicznej Wojsk Lotniczych. Było to związane z zagrożeniem Polski przez produkty licznych w latach 50. eksplozji jądrowych w atmosferze. Substancje promieniotwórcze były wyrzucane na duże wysokości – ok. 40 km, powyżej zasięgu ówczesnego balonowego sondażu atmosfery. Istniała zatem potrzeba pomiarów prędkości i kierunku wiatru na tych wysokościach w celu ostrzeżenia o zagrożeniu radioaktywnym.

Ówczesny dyrektor PIHM prof. Julian Lambor (1901-1973) był przychylny sprawie, ale dopiero 1.04.1961 mógł podpisać decyzję o utworzeniu Pracowni Raketowych Sondowań Atmosfery. Były jeszcze problemy lokalowe, bo Oddział PIHM w Krakowie nie miał jeszcze nowego budynku i nie mógł pomieścić nowej pracowni. Z pomocą przyszedł prof. Tadeusz Kochmański (1904-1986), były zwierzchnik KTRiFA AGH – przyjął PRSA do swoich pomieszczeń na lata 1961-1962, a w r. 1963 z kolei mgr Marian Markowski (1918-1989), współorganizator prób raketowych na Pustyni Błędownskiej, przyjął nas do pomieszczeń Aeroklubu na byłym lotnisku w Krakowie-Czyżynach. Czyżyny zostały miejscem pobytu Zakładu aż do dziś, choć zmieniały się pomieszczenia i budynki. Tu też uruchomiono w r. 1967 pierwszą w Polsce stację odbioru danych z satelitów meteorologicznych.

Kierownikiem PRSA został mgr inż. Jacek Walczewski, były kierownik KTRiFA AGH i przewodniczący Sekcji Technicznej PTA. Jemu przyszło prowadzić nowo utworzoną jednostkę przez wszystkie jej losy koleje, aż do dziś.



Schemat przedstawiający rolę polskich rakiet w rozwoju nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych w dziedzinie rakiet meteorologicznych



Sonda „SOMIT” (a) i jej działanie we współpracy z radiolokatorem telemetryczno-śledzącym „Meteor” (b). Dzięki plastikowemu korpusowi grota sygnał sondy jest odbierany przez radar od momentu ustawienia rakiety na wyrzutni. Po wyrzuceniu z grota na pułapie lotu sonda opada na spadochronie mylarowym, otwieranym „dętką” ciśnieniową. Radar odbiera dane temperatury, a śledząc położenia sondy mierzy profil wiatru.

Główne okresy w historii Zakładu

W historii Zakładu można wyróżnić 3 główne okresy:

1961-1974 – rozwoju rakiet meteorologicznych i sondaży górnej atmosfery oraz równoległe rozwijanej działalności w zakresie odbioru danych z satelitów meteorologicznych i interpretacji tych danych.

1975-1980 – przejściowy, po zamknięciu działalności rakietowej. Zmiana orientacji tematycznej w kierunku teledetekcji, wdrażanie nowych technik: lidar, sodaru, radiometru lotniczego, spektrometru korelacyjnego. Wyodrębnienie do oddzielnej jednostki prac związanych z wykorzystaniem satelitów meteorologicznych.

Od 1981 – rozwój technik teledetekcyjnych i badań warstwy granicznej atmosfery, z zastosowaniami w ocenach jakości powietrza i monitoringu atmosfery.

W tym czasie zmieniały się kilkakrotnie struktury organizacyjne i nazwy Zakładu:

1961-1965 – Pracownia Rakietowych Sondowań Atmosfery;

1965-1975 – Zakład Badań Rakietowych i Satelitarnych;

1975-1979 – Zakład Badań Górnej Atmosfery (i oddzielnie Ośrodek Odbioru Danych Satelitarnych);

1980-1984 – Zakład Meteorologii Kosmicznej;

od 1985 – Zakład Teledetekcji Atmosfery.

Okres badań rakietowych i satelitarnych 1961-1974

W latach 1962-1963 przeprowadzono próby w locie 3 rakiet doświadczalnych. Wnioski z wyników były takie, że dano pierwszeństwo rakiecie z głowicą typu „Grot” – miniaturowym pociskiem o średnicy 4 cm i długości do 80 cm, wyrzucanym przez odłączony po zakończeniu pracy silnik rakietowy na maksymalny pułap jedynie dzięki nabytej energii kinetycznej. Było to pierwsze takie roz-

wiązanie w Europie. Równocześnie opracowano i wypróbowano metodę pomiaru wiatru za pomocą śledzenia radarem swobodnie opadającego obłoku miniaturowych dipoli [1, 2]. Dzięki temu „Grot” mógł nie zawierać czulej na wysokie przyspieszenia aparatury, a jedynie ładunek wyrzucanych na pułapie lotu dipoli.

Tak przygotowaną koncepcję rakiety meteorologicznej przekazano do realizacji Instytutowi Lotnictwa. Próby prototypów rakiety „Meteor-1” odbyły się w latach 1963-1964, zaś w r. 1965 PIHM rozpoczął regularny sondaż rakietowy stratosfery. Sondaż rakietami tego typu trwał do 1971 r. Wystrzelono 177 rakiet, początkowo z okolic Ustki, potem z własnej bazy rakietowej w Łebie. Silniki i groty rakiet wpadały do morza, w strefie przybrzeżnej, zamykanej w porze sondaży dla żeglugi na 1 godz.

Dzięki większej rakiecie „Meteor-3” podniesiono pułap sondaży z 37 km do 67 km, a dzięki rakiecie „Meteor-2” wyposażonej w aparaturę uzyskano zdolność sięgania do wysokości 90 km, z możliwością pomiaru wiatru w zakresie 90-60 km (dipole), zaś wiatru i temperatury poniżej 60 km za pomocą sondy „RAMZES”, opracowanej w ZBRiS. Rakietą „Meteor-2” mogła stać się pierwszym stopniem małej rakiety kosmicznej, niestety, nie weszła już do eksploatacji [6, 10, 24]. W organizacji międzynarodowej „Interkosmos” (pod przewodnictwem b. ZSRR), do której wstąpiliśmy w 1967 r., preferowano rakietę rosyjskie. Do nich też adaptowano ostatnie wielkie osiągnięcie konstrukcyjne ZBRiS: „Grot” z masy plastycznej („przeźroczystej” dla fal radiowych) z miniaturową sondą do pomiaru temperatury (system „GROT-SOMIT”) [5]. System ten wykorzystano w rakietach rosyjskich „MMR-06-DART”, a później w rakietach „Miera” [7].

W latach 1969-1971 we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną rozpoczęto próby zastosowania do pomiarów wiatru dipoli zawartych w pociskach wyrzucanych z armat („sonda działowa”). Pierwsze próby wypadły pomyślnie, ale badań nie kontynuowano.

Przez pewien czas pracowano nad rakietą do sztucznych oddziaływań na chmury „RASKO” w celu zapobiegania katastrofalnym opadom gradowym. Program ten przerwano w 1973 r.

Ostatnie polskie rakietę meteorologiczną wystrzelono w Łebie w 1974 r. i wtedy też zlikwidowano znajdującą się tam bazę rakietową. Międzynarodowy zakaz dokonywania eksplozji jądrowych w atmosferze zmniejszył w Polsce poparcie dla sondaży rakietowego. Zdążono jeszcze zbadać cechy cyrkulacji sezonowej w średniej stratosferze, określić daty i przebieg „zwrotów sezonowych”, kiedy to 2 razy w roku kierunek wiatrów zmienia się o 180° [3, 4].



Start rakiety „Meteor-1”, 1967 r.

Antena kierunkowa pierwszej stacji odbioru danych satelitarnych (antena przerobiona z anteny radaru wojskowego)

Stacja odbioru danych satelitarnych w Krakowie - Czyżynach (1969 r.)

W 1974 r. opracowano metodę zastosowania danych stratosferycznych do prognozowania sumy opadów w Polsce w okresie letnim („algorytm W. Suryjaka”). Prognozy takie z dobrymi wynikami przygotowywano w latach 1972-1977.

Okres 1961-1974 był też znaczący dla postępu w dziedzinie odbioru i wykorzystania danych satelitarnych w meteorologii. Pierwsze sygnały satelitarne odebrano w PRSA w 1963 r., wkrótce po uruchomieniu amerykańskiego systemu automatycznej transmisji, dostępnej dla wszystkich („APT”). Regularny odbiór obrazów rozpoczęto natomiast w 1967 r. Rejestrator obrazu trzeba było importować, natomiast pozostałe elementy systemu odbiorczego wykonano w ZBRiS. Wykonano zdalnie sterowaną antenę odbiorczą, adaptując w warsztacie ZBRiS antenę radaru wojskowego wraz z systemem napędowym. Tak w Krakowie-Czyżynach powstała pierwsza w Polsce stacja odbioru obrazów z satelitów meteorologicznych. Zarejestrowane obrazy, po naniesieniu siatki współrzędnych geograficznych, przesyłano do krakowskiego Biura Prognoz za pośrednictwem gońca. Transmisję obrazów przez radio uruchomiono w 1975 r.

Równocześnie zaawansowano prace nad interpretacją danych satelitarnych, włączając się do działalności międzynarodowej Grupy Roboczej Meteorologii Kosmicznej „Interkosmosu” oraz rozwijając liczne inne kierunki współpracy międzynarodowej.

Okres przejściowy – 1975-1980

Likwidacja sondażu raketowego była ciężkim ciosem dla Zakładu. Część personelu odeszła, pozostali postanowili przekwalifikować się i wykorzystać dynamicznie rozwijające się techniki teledetekcyjne. Jednak Ośrodek Odbioru Danych Satelitarnych stał się odrębną jednostką organizacyjną. Skupiono zatem uwagę na „teledetekcji naziemnej”. Zorganizowano wewnętrzne szkolenie i z pomocą Instytutu Geofizyki PAN zbudowano lidar nadający się do śledzenia warstw i smug dymowych [11].

W czasie wyjazdu zagranicznego zetknięto się przypadkowo z urządzeniem nazywającym się „sodar”. W r. 1976 uruchomiono prace konstrukcyjne i w r. 1978 uzyskano pierwsze sodarowe obrazy procesów w warstwie granicznej atmosfery. W końcu 1979 r. udało się za pomocą zbudowanego samodzielnie sodaru uruchomić pierwszą w Polsce stację ciągłego akustycznego sondażu atmosfery (w Krakowie-Czyżynach). Uzyskano rewelacyjne wyniki w zakresie określania stanów równowagi atmosfery, głębokości warstwy mie-

szania i monitorowania dobowych przemian struktur warstwy granicznej atmosfery. Dane te okazały się niezwykle przydatne w badaniach procesów dyspersji zanieczyszczeń atmosfery [8, 12, 14].

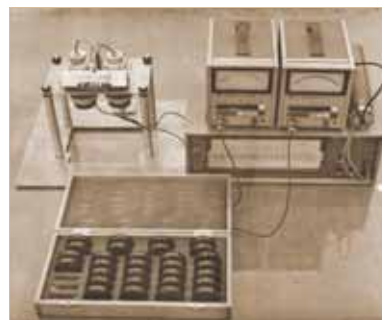
Kontakty z Uniwersytetem Jagiellońskim, zwłaszcza z zespołem prof. Władysława Grodzińskiego (1934-1988), zaowocowały propozycją włączenia się do badań Puszczy Niepołomickiej. Skonstruowano radiometr 2-kanałowy mierzący zdolność odbijającą powierzchnii ziemi w 2 pasmach promieniowania, charakteryzujących stan fizjologiczny roślinności („wskaźnik roślinności”). Instalując ten przyrząd w samolocie AN-2 Aeroklubu Krakowskiego wykonywano loty pomiarowe na wybranych trasach nad Puszczą. Mierzono zmienność tzw. „wskaźnika roślinności” na trasie, w różnych sezonach i dla różnych zbiorowisk roślinnych [16]. Informacja ta inspirowała specjalistów z dziedziny dendrologii do bardziej szczegółowych badań „in situ”. Badania te prowadzono w latach 1979-1984. Śmierć prof. Grodzińskiego w 1988 r. przerwała tę współpracę.

Na Targach Poznańskich zetknięto się z ciekawym przyrządem produkcji kanadyjskiej – spektrometrem korelacyjnym mierzącym z ziemi zawartość SO_2 lub NO_2 w słupie powietrza nad przyrządem. Udało się skłonić Hutę im. Sendzimira w Krakowie do zakupu urządzenia, które w r. 1980 znalazło się w Zakładzie, umożliwiając liczne pomiary i badania, nie tylko dla Huty [15].

Wykonano też kilka ciekawych studiów oceny dyspersji dymów przemysłowych na podstawie obrazów satelitarnych [13].

Okres po roku 1980 – teledetekcja i monitoring

Po okresie przejściowym, zajęto się przede wszystkim doskonaleniem przyswojonych w tym czasie nowych metod pomiarowych i analizą powstających z ich pomocą zbiorów danych, co w przypadku np. sodaru przyniosło rewelacyjne wyniki. Uzyskano nowe spojrzenie na meteorologiczne uwarunkowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza, wprowadzono pojęcie „klimatu dyspersyjnego”. Badania te były wzbogacane porównaniami z wynikami obserwacji lidarowych [19]. W miarę rozrastania się zbiorów danych sodarowych – z upływem czasu – otwierały się coraz nowe pola badań. W r. 1989 wprowadzenie sodaru dopplerowskiego umożliwiło pomiary profili pionowych prędkości i kierunku wiatru [18, 20]. Do 1984 r. prowadzono jeszcze radiometryczne badania Puszczy Niepołomickiej dla dendrologów.



Od lewej:

Zestaw aparatury radiometru lotniczego do badań pokrywy roślinnej

Lidar „LIMZ-OI” zbudowany w Zakładzie (1979 r.).

Spektrometr korelacyjny „COSPEC” w samochodzie pomiarowym (a) i w samolocie (b)

Praktyczne wykorzystanie spektrometru korelacyjnego – w wersji mobilnej – umożliwiło wykonywanie licznych pomiarów emisji SO_2 i NO_2 (ze źródeł punktowych i obszarowych) oraz napływu tych zanieczyszczeń na wybrane obszary. Pozyskano dodatkowe egzemplarze spektrometrów, łącznie 5 [21].

Badania satelitarne na krótko powróciły do Zakładu (lata 1980-1983), ale w r. 1984 już trwale stały się przedmiotem pracy oddzielnego Zakładu. Stację odbioru danych satelitarnych przeniesiono z Czyżyn na ul. Borowego, do budynku Biura Prognoz. Było to zrozumiałe wobec faktu ogromnego i stale rosnącego znaczenia informacji satelitarnej dla Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej.

W okresie „raketowym” uzyskano duże doświadczenie w działaniach systemowych – wszak sondaż raketowy wymagał operowania całym systemem urządzeń i przedsięwzięć. Doświadczenie to okazało się niezwykle przydatne przy monitoringu jakości powietrza [9]. Przede wszystkim podjęto się organizacji szeregu wielkich eksperymentów monitoringu atmosfery mających na celu wypróbowanie i wdrożenie równoległe różnych metod pomiarów i modelowania stanu zanieczyszczenia powietrza na dużych obszarach (miasta lub aglomeracji). W latach 1984-1985 wzięto udział w zorganizowaniu na terenie Krakowa eksperymentów „MONAT-84” i „MONAT-85”, z równoległymi pomiarami parametrów meteorologicznych, emisji i imisji zanieczyszczeń, oraz modelowania pola imisji. Pionierski eksperyment „MONAT-84” trwał 29 dni i uczestniczyło w nim wiele instytucji. Po raz pierwszy w Polsce obliczano modelem dyspersji rozkład zanieczyszczeń powietrza na obszarze dużego miasta.

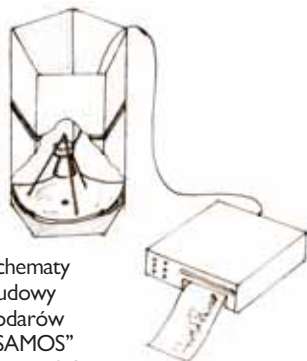
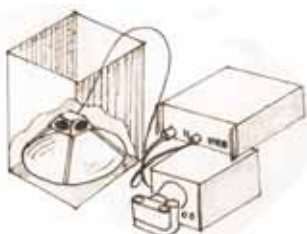
W 1985 r. uzyskano zaproszenie do koordynowania w latach 1986-1990 programu „Podstawy ochrony powietrza atmosferycznego w województwie katowickim”. W jego ramach zorganizowano na obszarze GOP w 1987 r. eksperyment „EWAG-87”,

a w r. 1988 eksperymenty modelowania i prognozowania imisji „TEST-1” i „TEST-2” – ten ostatni był pierwszym w Polsce przedsięwzięciem modelowania pola stężeń SO_2 na obszarze 3500 km^2 , na danych bieżących.

Początek lat 90. to koordynacja części programu Banku Światowego „Zarządzanie jakością powietrza” dla Krakowa i Górnego Śląska (1991-1993); udział w uruchamianiu systemu automatycznego monitoringu jakości powietrza w Krakowie (1991); opracowanie pierwszego projektu systemu ostrzeżeń smogowych dla Krakowa i systemu prognozowania zanieczyszczenia powietrza (1992) [17, 22, 23].

W 1990 r. zorganizowano w Krakowie konferencję Europejskiej Asocjacji Nauk o Zanieczyszczeniu Powietrza (EURASAP), a w r. 1994 współorganizowano seminarium NATO „Zanieczyszczenie powietrza w miastach” w Ericce (Włochy). W latach 1992-1996 współpracowano z holenderską agencją KEMA. W latach 1998-1999 wspólnie z Czeską Służbą Meteorologiczną prowadzono badania transportu zanieczyszczeń powietrza w rejonie Bramy Morawskiej. W latach 1999-2001 współpracowano z USA w implantacji w Polsce nowoczesnego amerykańskiego modelu dyspersji „CALMET/CALPUFF”. Od r. 2001 podjęto udział w akcjach Unii Europejskiej COST-715 „Rozwój pomiarów i badań meteorologicznych w obszarach zurbanizowanych o wysokim zanieczyszczeniu powietrza” i COST-720 „Zintegrowane naziemne stacje teledetekcyjne dla pomiarów profili pionowych w atmosferze”.

W różnych okresach obsługiwano niektóre zakłady przemysłowe w zakresie ocen oddziaływania na jakość powietrza. Zakład zorganizował w 1984 r. w Krakowie-Czyżynach miejską stację meteorologiczną i utrzymuje ją do dziś. Stacja dysponuje 20-letnim ciągiem pomiarów i obserwacji, łącznie z obserwacjami sondażowymi.



Schematy budowy sonarów „SAMOS” – typ 1,2,3.



Aparatura sonaru „SAMOS-1” z fotograficzną rejestracją echa.)



Aparatura sonaru „SAMOS-3” - zapis echa na papierze elektroczułym



Lidar pionowo-sondujący „LIVERS” w Krakowie-Czyżynach 1991 r., poniżej przykład zapisu echa struktury warstwy granicznej atmosfery na sonarze; zapis od wieczoru jednego dnia do południa dnia następnego



Do 2003 r. pracownicy Zakładu opublikowali ponad 260 prac i artykułów naukowych (w tym prace dotyczące badań satelitar-nych tylko z okresu 1966-1985).

W artykule wykorzystano:

1. Walczewski J.: Wstęp do zagadnień dynamiki niektórych biernych czujników wiatru. *Wiad. St. Hydr. Met.*, t. 1 (13), z. 1, 1965, s. 1-11.
2. Walczewski J.: Dynamika swobodnie opadających dioli igielkowych. Praca doktorska obroniona na Politechnica Krakowskiej w r. 1967.
3. Walczewski J.: Seasonal reversals of the stratospheric winds over Ustka on the Polish coast of the Baltic Sea in the years 1967-1969. *Artificial Satellites*, Vol. 6, No. 1, 1971, s. 29-46.
4. Walczewski J., Włodarska J.: Morphological types of the seasonal wind reversals in the stratosphere. *Artificial Satellites*, Vol. 6, No. 1, 1971, s. 47-56.
5. Bielak A., Ksyk A., Walczewski J.: GROT-SOMIT – a dart-sonde system for meteorological rockets. *Artif. Satellites*, Vol. 9, No. 1, 1974, s. 3-30.
6. Walczewski J.: Polskie rakiety doświadczalne i meteorologiczne – 1958-1974. *Studia i materiały z dziejów nauki polskiej*, ser. D, z. 8, 1975, s. 117-141.
7. Walczewski J.: Ispolzowanije polskich meteorologiczeskich raket serii Meteor pri razwitiu unificirovannoj raketnoj sistemy MMR-06-DART. *Issledowanije verchnej atmosfery zemli (Trudy II. Mezdun. Simpozjuma po Kosmiceskoj Meteorologii)*. Moskwa, 1978, s. 213-220.
8. Czyżyło M., Walczewski J.: Prototyp urządzenia do akustycznego sondowania atmosfery – SODAR i możliwości jego wykorzystania i rozwoju. *Mat. Sesji Nauk. „Teledetekcja atmosfery”*, Kraków 29.11.1978., Wyd. Warszawa 1979, s. 65-80.
9. Walczewski J.: Metoda oceny, porównania i wyboru systemów monitoringu środowiska. *Mat. Bad. IMGW*, 1980, ser. Meteorologia, s. 95.
10. Walczewski J.: Polskie rakiety badawcze. WKi Ł, Warszawa 1982, s. 247.
11. Bielak A., Kaszowski W.: Pierwsza seria sondowania atmosfery przy użyciu lidarów LIMZ-01 *Przegl. Geofiz.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 75-88.
12. Czyżyło M., Matuła W., Walczewski J.: Rozwój sodaru SAMOS. *Przegl. Geofiz.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 45-52.
13. Dworak T. Z., Walczewski J.: Zastosowanie teledetekcji kosmicznej dla określenia zanieczyszczenia atmosfery (na przykładzie Krakowa). *Przegl. Geof.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 31-44.
14. Walczewski J.: System pomiarów teledetekcyjnych jako perspektywiczne rozwiązanie monitoringu warstwy granicznej atmosfery. *Przegl. Geofiz.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 3-16.
15. Czyżyło M., Dyląg M., Orkisz K., Walczewski J.: Pomiar smug SO₂ za pomocą spektrometru korelacyjnego. *Przegl. Geofiz.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 111-117.
16. Czyżyło M., Orkisz K., Walczewski J.: Badanie Puszczy Niepołomickiej za pomocą lotniczego radiometru profilowego. *Przegl. Geofiz.*, t. 30, z. 1, 1985, s. 89-99.
17. Walczewski J.: Teledetekcyjne metody pomiaru parametrów atmosfery i charakterystyk emisji niezbędnych dla obliczeń pola emisji za pomocą modeli dyfuzji. *Ochrona powietrza* t. 19, nr 3, 1985, s. 58-60.
18. Walczewski J.: Application of Sodar in urban air-quality monitoring system. *Acoustic remote sensing applications*, S. P. Singal Editor, Springer Verlag, 1997, s. 385-394.
19. Bielak A., Kaszowski W., Walczewski J.: Aerosol layers in the atmosphere observed by vertical-sounding lidar, as an indication of mixing-layer height – comparison with acoustic sounding data. *Physica Applicata*, Vol. 29, No. 4, 1999, s. 449-459.
20. Walczewski J.: Dwadzieścia lat polskiego sodaru. *Wiad. IMGW*, t. 22, z. 3, 1999, s. 5-21.
21. Orkisz K., Walczewski J.: Udział napływu w średnich stężeniach SO₂ w Krakowie – próba oceny na podstawie pomiarów mobilnym spektrometrem korelacyjnym. *Wiad. IMGW*, t. 23, z. 3, 2000, s. 81-89.
22. Walczewski J.: Regional air-quality monitoring in Poland – the case of Cracow-Silesian Region. *Arch. Ochr. Środ.*, nr 1, 1995, s. 41-59.
23. Bielak A., Burzyński J., Dębicka K., Godłowska J., Śliwińska U., Tomaszewska A. M., Walczewski J.: Wykorzystanie danych meteorologicznych w monitoringu jakości powietrza – podstawy fizyczne i wskazówki metodyczne. *Bibl. Monitoringu Środowiska*, Warszawa 2000, s. 150.
24. Walczewski J.: Polskie rakiety meteorologiczne. *Gaz. Obserwatora IMGW*, nr 5, 2003, s. 4-7.