

Józef Masłowski, Adam Strzałkowski

50 lat krakowskiej radioastronomii

Prace Komisji Historii Nauki Polskiej Akademii Umiejętności 7, 133-181

2006

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Józef MASŁOWSKI, Adam STRZAŁKOWSKI

50 LAT KRAKOWSKIEJ RADIOASTRONOMII

Wszystko zaczęło się przed około 70 laty. W roku 1931 pracownik naukowy laboratorium Bella w Stanach Zjednoczonych, Karol Jansky, zajmując się rozchodzeniem się fal radiowych o długości 15 m w atmosferze ziemskiej, zaobserwował w odbieranym sygnale występowanie szumów o natężeniu zmieniającym się periodycznie z okresem doby gwiazdowej. Maksimum występowało, gdy Droga Mleczna pojawiała się w obszarze czułości anteny, co wskazywało na ich kosmiczne pochodzenie.

Do tego czasu obserwacje astronomiczne ograniczały się do widzialnego obszaru widma fal elektromagnetycznych, w którym atmosfera ziemska jest przezroczysta. Drugim takim obszarem przezroczystości jest zakres fal radiowych o długościach powyżej kilku milimetrów (Ryc. 1). Odkrycie przez Jansky'ego promieniowania z kosmosu w tym obszarze widma otworzyło dla astronomów nowe okno na Wszechświat.

W latach trzydziestych techniczne możliwości takich obserwacji były jeszcze bardzo ograniczone. Radykalnie sytuacja zmieniła się w czasie II wojny światowej dzięki rozwinięciu technik radarowych, mających znaczenie militarne. Pojawiły się anteny ze zwierciadłami parabolicznymi i czule odbiorniki. W tym czasie G. Reber podejmuje już regularne obserwacje radioastronomiczne na fali o długości 1.9 m.

Na prace Rebera zwrócił uwagę prof. Tadeusz Banachiewicz w roku 1952. Od tego czasu zagadnienia radioastronomii zaczęły się coraz częściej pojawiać na piątkowych zebraniach naukowych w Obserwatorium Krakowskim¹. Rozpoczęto również prace nad podjęciem w Krakowie takich obserwacji. Utworzony został

¹ Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebrania w dniach 19. 12. 1952, 24. 04. 1953, 20. 11. 1953, 19. 02. 1954, 5. 03. 1954, 19. 03. 1954, 7. 05. 1954.

zespół złożony z fizyka Olega Czyżewskiego, inżyniera elektronika Jerzego de Mezera oraz astronoma i fizyka Adama Strzałkowskiego. Niebywale pomógł w tym przedsięwzięciu doc. Kazimierz Kordylewski, udzielając wsparcia i technicznego, i finansowego z Zakładu Aparatów Naukowych NIAiMK, którym wówczas zawiadywał z ramienia Obserwatorium. Na pewnym etapie włączył się w to przedsięwzięcie astronom Wiesław Wiśniewski ze swym niezwykłym talentem organizacyjnym.

Ustalono podstawowe parametry techniczne projektowanego urządzenia: przyjęto, że obiektem zainteresowania będzie Słońce, obserwacje promieniowania radiowego postanowiono przeprowadzać na fali o długości około 1 m i użyć do tego celu anteny o zwierciadle parabolicznym o średnicy około 5 m.

Na Helu stały pozostawione jeszcze przez Niemców anteny radarowe, które nadawałyby się znakomicie do tych celów. Zwrócono się zatem do wojska o przekazanie jednej z nich Obserwatorium. Z dość nieoczekiwanym skutkiem, bo skończyło się wszystko przesłuchiwaniami na UB, indagowaniem, skąd wiemy o tych antenach, jakkolwiek były doskonale widoczne nawet ze statku spacerowego na Zatoce. Ze starań tych nic nie wyszło i nie pozostawało nic innego, jak przystąpić do budowy anteny we własnym zakresie.

Konstrukcję anteny opracował inż. Leon Kowalski, mechanik Obserwatorium. Wybrano konstrukcję ażurową zwierciadła parabolicznego, spawaną z rur stalowych, pokrytą miedzianą siatką. Inż. Kowalski opracował również montaż paralaktyczny radioteleskopu, wsparty na dwóch masztach (Ryc. 2). Ruch w kącie godzinowym odbywał się przy użyciu mechanizmu zegarowego także konstrukcji Kowalskiego, w deklinacji teleskop mógł być ustawiany ręcznie w niewielkim zakresie kątów, wymagany przez ruch Słońca.

Kowalski znalazł firmę spawalniczą inż. Wolframa na Zabłociu, która podjęła się wykonania tej konstrukcji. Kowalski postawił tylko pytanie, jaka ma być dokładność wykonania czaszy teleskopu. Oczywiście nie mieliśmy o tym żadnego pojęcia. Co prawda udało się nam już wtedy sprowadzić z Ameryki cykl książek zawierających niedawno odtajnione po wojnie informacje techniczne o radarze, ale tego problemu dla anten tam nie rozważano. Po oszacowaniach i symulacjach zdecydowano, że można dopuścić tolerancję kształtu rzędu 1% długości fali, a zatem odstępstwa od paraboloidy około 1 cm. Kowalski orzekł, że należy tu zastosować współczynnik bezpieczeństwa 3 i zażądał od Wolframa dokładności 3 mm! I tu zaczął się cyrk. Kowalski wykonał z ogromną dokładnością szablony drewniane o obrysie paraboli, wkładał go do pospawanej czaszy, obracał i... odrzucał jedną po drugiej. To naprawdę niebywale, że w końcu udało się Wolframowi pospawać z rur zwierciadło o takiej dokładności! W dodatku okazało się, że obok akceptowanej przez Kowalskiego czaszy leżą w warsztacie Wolframa jeszcze dwie odrzucone, ale i tak o dokładności lepszej od przyjętej 1 cm. Było jasne, że z wykorzystaniem ich można zbudować interferometr. Zaproponowaliśmy zakup od Wolframa tych odrzuconych zwierciadeł po niższej cenie. Ale temu stanowczo się sprzeciwił Kowalski:

– Nie można demoralizować rzemieślnika! – oświadczył.

Takie to były jeszcze wtedy czasy!

Postanowiono umieścić radioteleskop na przejmowanym wtedy przez Obserwatorium forcie Skała jako pierwsze zlokalizowane tam urządzenie do obserwacji astronomicznych. W ten sposób historia początków krakowskiej radioastronomii stała się zarazem historią Obserwatorium na Skale.

W tym czasie było już jasne, że należy z obserwacjami astronomicznymi wynieść się poza miasto. Obserwatorium Astronomiczne zlokalizowane przez Śniadeckiego w Ogrodzie Botanicznym za miastem, w dzielnicy Wesoła, znalazło się teraz w środku miasta i to między starym Krakowem a powstającym właśnie ogromnym zakładem przemysłowym, Nową Hutą. Praktycznie uniemożliwiała to obserwacje astronomiczne, zwłaszcza fotometryczne. W poszukiwaniach miejsca na nowe obserwatorium pojawiły się wtedy dwie szkoły. Stefan Piotrowski, zajmujący się z Adamem Strzałkowskim fotoelektrycznymi obserwacjami fotometrycznymi, potrzebował naprawdę dobrych warunków atmosferycznych. Piotrowski, wykorzystując swoje rodzinne powiązania z klimatologami, uzyskał od profesora Władysława Milaty wyniki jego studiów warunków meteorologicznych w okolicach Krakowa. Wynikało z nich, że przy wybieraniu miejsca na nowe obserwatorium należy się kierować raczej na północ. Wybrano Jerzmanowice, około 20 km od Krakowa, w połowie drogi do Olkusza. Konkurencyjne miejsce zaproponowali dr Janusz Pagaczewski i dr Irena Kocyan. Poszukiwali czegoś bliżej Krakowa i zaproponowali fort Skała². Piotrowski był temu zdecydowanie przeciwny. Powstawało już wtedy lotnisko wojskowe w pobliskich Balicach i można było sobie wyobrazić, co stanie się z obserwacjami fotometrycznymi, gdy w nocy oświetlą nagle pasy startowe dla lądującego samolotu. Piotrowski jednak przeniósł się już wtedy do Warszawy, Strzałkowski do Instytutu Fizyki i lobby fotometryczne przegrało.

Zapadła decyzja przejścia Skały na Obserwatorium³. W CK Monarchii Kraków był ważną twierdzą, stopniowo rozbudowywaną. W połowie XIX wieku powstał wewnętrzny system fortyfikacji z fortem wokół kopca Kościuszki i licznymi bunkrami na obrzeżach miasta⁴. W roku 1874 podjęto budowę drugiego pierścienia fortów (Ryc. 3)⁵. Jednym z głównych był właśnie wybrany przez Obserwatorium fort umieszczony w miejscu, które według Bogdanowskiego⁶ nazywało się *Śmierdząca Skała*. Potem jakoś ten przymiotnik zniknął i fort zaczął być nazywany po prostu *fort Skała*. To też nie było całkiem ściśle, bo naprawdę

² Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebranie w dniu 17. 10. 1952.

³ Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebranie w dniu 20. 02. 1953.

⁴ Janusz Bogdanowski, *Warownie i zieleń twierdzy Kraków*, Wyd. Literackie, Kraków (1957).

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

nazywał się *fortem Franciszka Józefa I* i ślady tej nazwy widoczne były jeszcze nad wejściem z tarasu, gdy przejmowało go Obserwatorium. Fort był duży, rozbudowany (Ryc. 4)⁷ z kopułą, w której znajdowała się jeszcze wtedy armata (Ryc. 5). W czasie II wojny światowej Niemcy urządzili w nim najpierw obóz jeńców rosyjskich – w Chełmie krążyły o nim jeszcze wtedy dość makabryczne wieści – a potem magazyny, podobno lakierów. Opuszczając fort, wysadzili prowadzący do niego mostek i strop nad sienią, niszcząc w ten sposób dojście do kopuły i na taras. Do fortu można się było dostać, tylko schodząc najpierw stromą ścieżką do fosy pełnej zaskrońców, a następnie przez okno do latryny fortecznej. Gdy w końcu wizytował tę nową siedzibę Obserwatorium prof. Banachiewicz, Oleg Czyżewski, który był taternikiem i grotołazem, przywiózł linę poręczówkę i zabezpieczono nią ścieżkę po zboczu fosy. Prof. Banachiewicz przyjechał z prawdziwym, oryginalnym *Alpenstockiem*.

Aby jednak uzyskać dostęp do fortu, sprowadzono na Skałę dwóch murarzy uniwersyteckich, którzy wykonali i mostek, i strop na piętrze, tak że już nie trzeba było z narażeniem życia chodzić po desce nad otchłanią.

Pierwsze obserwacje radioastronomiczne Słońca zaplanowano w czasie całkowitego zaćmienia widocznego w Polsce w dniu 30 czerwca 1954 roku. Czasu było niewiele, biorąc pod uwagę, że nie tylko antenę, ale również aparaturę odbiorczą, a nawet używany do standaryzacji sygnału generator szumów, należało wykonać we własnym zakresie. Zespół radioastronomiczny uzyskał w tym zakresie poważną pomoc ze strony prof. Henryka Niewodniczańskiego, który żywo interesował się tymi pracami. Jeszcze jako młody student w Wilnie nie był pewny, czy ma zostać fizykiem, czy astronomem, i którego z braci Dziewulskich: Wacława, fizyka, czy Władysława, astronoma, ma wybrać na swego mistrza.

Radioteleskop przetransportowano na Skałę dopiero na początku czerwca i ustawiono na szczycie fortu koło kopuły z armatą (Ryc. 2). W drugiej połowie czerwca rozpoczęły się prace nad uruchamianiem aparatury (Ryc. 6). Na Skałę nie była jeszcze wówczas doprowadzona energia elektryczna, aparatura zasilana była z baterii akumulatorów, ładowanej z agregatu napędzanego silnikiem benzynowym.

W dniu 30 czerwca 1954 roku na skutek problemów technicznych obserwacje rozpoczęto dopiero 30 minut przed momentem całkowitości i kontynuowano przez 2 godziny i 20 minut. Dodatkowym utrudnieniem była ekipa filmowa, która pojawiła się wtedy na Skale (Ryc. 7).

Wyniki obserwacji (1, 2) (Ryc. 8) wykazywały stosunkowo duży rozrzut wywołany niestabilnością i małą czułością aparatury. Niemniej jednak były to pierwsze w Polsce obserwacje radioastronomiczne wykonane za pomocą do tego celu zbudowanej aparatury i miały znaczący wpływ na dalsze losy krakowskiej radioastronomii.

⁷ Por. jw. przyp. 3.

Należy pamiętać, że było to przedsięwzięcie pionierskie. Upłynęło bowiem zaledwie 9 lat od opublikowania przez wspomnianego już G. Rebera⁸) pierwszej w świecie radiowej mapy struktury Drogi Mlecznej na fali 1.87 m wraz z opisem użytego systemu odbiorczego (antena + odbiornik) i około 5 lat od opublikowania przez tego samego autora⁹) podobnej radiowej mapy nieba na fali o długości 62.5 cm. Zaledwie 2 lata wcześniej, w roku 1951, H. I. Ewen i E. M. Purcell¹⁰) odkryli linię promieniowania radiowego o długości fali 21.1 cm, emitowaną przez atomy neutralnego wodoru w stanie podstawowym.

Po śmierci prof. T. Banachiewicza, jesienią 1954 r. prof. K. Koziel przejmuje kierownictwo Obserwatorium Astronomicznego UJ (OAUJ) łącznie z radioteleskopem, stojącym od czerwca bezczynnie na szczycie fortu Skała jako niemy świadek wielkiego wydarzenia naukowego i stanowiącym tylko dodatkową atrakcję dla miłośników fortów. Aż do połowy 1955 roku nie było wiadomo, co z tym urządzeniem – użytym tylko raz do obserwacji zaćmienia Słońca w 1954 roku – można jeszcze zrobić. Brak środków finansowych na jego konieczną modernizację, a zwłaszcza brak pracowników w OAUJ zainteresowanych radioastronomią, wykluczał dalszy rozwój badań w tej nowej dziedzinie naukowej. Adam Strzałkowski przeniósł się wtedy do pracy w Instytucie Fizyki UJ, inż. Jerzy de Mezer opuścił zespół, mgr inż. Leon Kowalski przeszedł na emeryturę, a Oleg Czyżewski nigdy nie był pracownikiem OAUJ. Pod koniec czerwca 1955 roku prof. K. Koziel zaproponował absolwentowi astronomii, mgr. Józefowi Masłowskiemu, zatrudnienie na stanowisku asystenta OAUJ i pracę pod swoim kierunkiem nad zagadnieniem wyznaczenia stałej libracji fizycznej i figury Księżyca. Było to zagadnienie niemające nic wspólnego z radioastronomią, którą Masłowski zainteresował się, będąc jeszcze studentem. Masłowski propozycję przyjmuje, ale z myślą o rokujących przyszłość badaniach w dziedzinie radioastronomii kontynuuje równocześnie rozpoczęte studia inżynierskie z elektroniki na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Jak to niekiedy się zdarza, odpowiedź na pytanie „*co dalej z radioteleskopem stojącym na forcie Skała*” nadeszła z zupełnie nieoczekiwanej strony. Właśnie w tym czasie prof. Stefan Manczarski, sekretarz naukowy Zespołu Heliofizyki przy Komisji Międzynarodowego Roku Geofizycznego 1957 – 1958 (MRG) poszukiwał możliwości prowadzenia ciągłych obserwacji całkowitego promieniowania Słońca w zakresie fal radiowych. Nadarzała się więc okazja, z której w pełni skorzystał prof. K. Koziel, aby radioteleskop krakowski włączyć ponownie do prac badawczych. Na spotkaniu z prof. S. Manczarskim zapadła decyzja o prowadzeniu na forcie Skała w Krakowie systematycznych obserwa-

⁸ G. Reber, *ApJ* Vol. , s. 279 (1944).

⁹ G. Reber, *Proc. IRE*, Vol. 36, s. 1215 (1948).

¹⁰ H. I. Ewen, E. M. Purcell, *Nature* Vol. 168, s. 356 (1951).

cji promieniowania radiowego Słońca. Środki finansowe, konieczne do realizacji tego zadania, zobowiązał się dostarczyć prof. S. Manczarski z funduszu przyznanego i uruchomionego dla MRG uchwałą Prezydium Rządu z kwietnia 1956 roku, co czyniło całe przedsięwzięcie możliwym do wykonania. W celu realizacji tego zadania utworzony został pod kierunkiem prof. K. Koziela nowy zespół złożony z osób zainteresowanych radioastronomią, w skład którego weszli: byli członkowie poprzedniego zespołu: A. Strzałkowski i Oleg Czyżewski, jako konsultanci naukowcy zatrudnieni w Instytucie Fizyki UJ, oraz J. Masłowski i pracownik techniczny inż. C. Jarosz, obaj zatrudnieni w OAUJ. Zespół ten określił zakres niezbędnych prac, harmonogram ich realizacji oraz zaproponował wykonawców. Umożliwiło to oszacowanie kosztów całego przedsięwzięcia i przekazanie tej informacji prof. S. Manczarskiemu, który w znacznej części koszty te zaakceptował. Warto w tym miejscu wymienić najistotniejsze prace zrealizowane własnymi siłami w zespole, a mianowicie konstrukcję aparatury odbiorczej na pasmo 810 MHz (długość fali 37 cm) (O. Czyżewski (3)), budowę urządzenia do automatycznego sterowania czaszą radioteleskopu zgodnie z ruchem dziennym Słońca (J. Masłowski (4)), pokrycie powierzchni czaszy blachą miedzianą, zaprojektowanie i montaż na osi godzinowej radioteleskopu zestawu przekładni ślimakowej, umożliwiającej napęd silnikiem elektrycznym (C. Jarosz, przekładnię wykonał Mostostal - Kraków na zlecenie Zespołu) oraz zbudowanie kabiny na aparaturę wewnątrz pomieszczenia pod kopułą pancerną, oczywiście po usunięciu znajdującej się tam jeszcze armaty. Doprowadzenie energii elektrycznej i linii telefonicznej oraz generalny remont i adaptację jednego ze zrujnowanych pomieszczeń fortu na pomieszczenie dla stróża prof. K. Koziel zlecił Działowi Technicznemu UJ, który wywiązał się z powierzonych sobie zadań jeszcze w 1956 roku.

Mniej więcej w tym czasie A. Strzałkowski przekazuje J. Masłowskiemu plik luźnych kartek, wypełnionych liczbami i schematami układów elektronicznych, mówiąc przy tym: *Niech Pan z tym coś zrobi!* Po bliższym zapoznaniu się z zawartością tego pliku okazało się, że w gorącym okresie przygotowań do obserwacji zaćmienia Słońca w 1954 roku, doc. K. Kordylewskiemu udało się – sobie tylko znanymi sposobami – zainteresować na tyle problemem obserwacji radioastronomicznych ówczesne władze Wojskowej Akademii Technicznej (WAT) w Bemowie k. Warszawy, iż podjęto się tam wykonania pomiarów całkowitego strumienia promieniowania radiowego Słońca na częstotliwości 600 MHz (fala 50 cm) w czasie trwania całego zjawiska zaćmienia. Te właśnie wyniki pomiarów dotarły do Obserwatorium, do J. Masłowskiego, który podjął się ich redukcji i opracowania z astronomicznego punktu widzenia. Pomiarzy te okazały się na tyle dobre i rzetelne, że z uzyskanej krzywej zaćmienia Słońca można było wyznaczyć prawdopodobny model rozkładu radiowej jasności w funkcji odległości od środka tarczy Słońca (przy założeniu pełnej symetrii), a tym samym podać jej interpretację fizyczną (5) (Ryc. 9).

Pod koniec 1956 roku, dzięki funduszom z Komisji MRG i rekomendacji prof. E. Rybki¹¹, dochodzi do kilkutygodniowego wyjazdu szkoleniowego dwóch członków Zespołu: O. Czyżewskiego i J. Masłowskiego do Ondřejova w Czechosłowacji, gdzie prowadzone są już od kilku lat systematyczne obserwacje radiowe Słońca. Celem tego wyjazdu było zapoznanie się z konstrukcją aparatury odbiorczej na decymetrowy zakres fal radiowych, techniką jej montażu i zestrojeniem, metodyką prowadzenia obserwacji ciągłych i z redukcją ich wyników. Wyjazd ten okazał się niezwykle owocny i potrzebny, gdyż zdobyte tam doświadczenia praktyczne i cenne informacje z zakresu techniki mikrofalowej pozwoliły na uniknięcie wielu próbnych czy też nietrafionych rozwiązań przy konstrukcji krakowskiej aparatury odbiorczej.

Nie bez znaczenia dla prac zespołu było wsparcie, którego udzielił dyrektor Instytutu Fizyki UJ, prof. Henryk Niewodniczański, w postaci udostępnienia zarówno trudno osiągalnych materiałów do konstrukcji aparatury, jak i możliwości bezpłatnego wykonania w warsztatach mechanicznych Instytutu zasadniczych elementów mikrofalowych (dipola w ognisku czaszy, obudowy do lokalnego oscylatora, mieszacza i generatora szumów), czy też korzystania z instrumentów pomiarowych. Wojskowa Akademia Techniczna (WAT) wypożyczyła generator sygnałowy, konieczny do końcowego zestrojenia aparatury, a Ośrodek Telewizji w Warszawie nieodpłatnie przekazał koncentryczny kabel wysokiej częstotliwości o stosunkowo niskim tłumieniu, niezbędny do połączenia anteny z aparaturą odbiorczą, znajdującą się w kabinie pod kopułą.

Pierwszy pomiar natężenia promieniowania radiowego Słońca na częstotliwości 810 MHz (fala 37 cm) za pomocą nowej aparatury został wykonany 9 czerwca 1957 roku. W tym czasie dobiegały również końca prace przy montażu zespołu przekładni ślimakowej na osi godzinowej anteny. Urządzenie do jej automatycznego sterowania zostało po sprawdzeniu zamontowane dopiero 18 września, kończąc tym samym zaplanowane prace przystosowujące krakowski radioteleskop do ciągłych, wielogodzinnych obserwacji Słońca¹².

Systematyczne obserwacje radiowe Słońca rozpoczęły się, zgodnie ze zobowiązaniem względem MRG, 1 października 1957 roku (6). Polegały one na analogowej rejestracji sygnału z wyjścia odbiornika na taśmie papierowej przy użyciu miliamperomierza samopiszącego. Amplituda tego sygnału miała być proporcjonalna do natężenia samopromieniowania radiowego Słońca. Obserwacje prowadzone były początkowo przez 3 godziny (później przez dłuższy czas) dziennie. Przed rozpoczęciem każdej obserwacji i po jej zakończeniu, jak również co godzinę w czasie obserwacji, dokonywano pomiaru promieniowania tła nieba, jak rów-

¹¹ Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebranie w dniu 30. 11. 1956.

¹² Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebranie w dniu 20. 09. 1957.

niez kalibracji przez włączenie na wejście odbiornika zamiast anteny generatora szumów, którego moc wyjściowa mogła być regulowana w dostatecznie dużym zakresie. Pozwalało to na pełną kontrolę wzmocnienia i nieliniowości aparatury oraz na wyrażenie analogowego zapisu w jednostkach fizycznych strumienia słonecznego (1 s.u. = 10^{-22} W m⁻² Hz⁻¹). Jednakowoż taka procedura wymagała obecności obserwatora w kabinie nieomal przez cały czas obserwacji. Dodatkowo, biorąc pod uwagę często występujące kłopoty z dojazdem miejskimi środkami komunikacyjnymi z Krakowa do fortu Skała (ok. 10 km), taki system obserwacji był niezwykle uciążliwy i trudny do zaakceptowania przez tak mały zespół. I tym razem – jak zwykle – z pomocą przyszedł prof. S. Manczarski, przekazując do dyspozycji z puli MRG pełny etat naukowo-techniczny, na którym – po stosownym przeszkoleniu – zatrudniona została absolwentka technikum elektrycznego, p. Maria Osuch jako obserwator. Taka procedura obserwacji była stosowana z niewielkimi modyfikacjami aż do jesieni 1995 roku, kiedy to uruchomiony został nowy, 8-metrowy radioteleskop z pełną automatyką, sterowany komputerowo według zadanego programu obserwacyjnego i pracujący już bez udziału obserwatora i bez jego stałej obecności w kabinie.

Patrząc z perspektywy obecnie istniejących możliwości technicznych, z trudem można uwierzyć, że prawie wszystkie elementy radioteleskopu (mechanizmy napędu, automatyka sterowania, odbiornik mikrofalowy, wzorcowy generator szumów jako kalibrator) zostały wykonane we własnym zakresie z części i z materiałów dostępnych w tamtym czasie na rynku lub pochodzących z demobilu poniemieckiego. Elementy te były więc prototypami – i jako takie – nie gwarantowały bezawaryjnej pracy w dłuższych okresach. Zespół zdawał sobie sprawę, że elementy te będą wymagały ciągłej opieki technicznej, polegającej na ich częstych przeglądach i konserwacji, a w przypadku wystąpienia awarii konieczna będzie jak najszybsza naprawa, połączona prawdopodobnie z modernizacją.

Opieką nad mechanizmami napędu czaszy i jej konstrukcją mechaniczną został obciążony inż. C. Jarosz, zaś opieka nad aparaturą elektroniczną i automatyką sterowania czaszą spadła na barki O. Czyżewskiego i J. Masłowskiego, i to łącznie z redukcją na bieżąco wyników obserwacji do postaci wymaganej przez program MRG. To ostatecznie zobowiązanie okazało się bardzo czasochłonne, gdyż polegało na odczycie z taśmy papierowej – przy użyciu linijki milimetrowej – średnich wartości poziomu zarejestrowanego sygnału w pięciominutowych interwałach, a następnie – przy wykorzystaniu sygnału kalibracyjnego i najczęściej suwaka logarytmicznego – wyrażeniu tych średnich w jednostkach strumienia słonecznego (s.u.). Z tak uzyskanych średnich tworzone były średnie godzinowe i średnie dzienne wartości strumienia dla każdego dnia obserwacji oraz średnia miesięczna. Ponadto należało wyznaczyć lub przynajmniej oszacować podstawowe parametry, charakteryzujące tzw. *wybuchy radiowe*, zwane również *zdarzeniami niezwykle* (bardziej lub mniej gwałtowny wzrost strumienia radiowego i znacznie wolniejszy spadek, trwający nawet do kilkunastu godzin), a mianowicie: moment

pojawienia się wybuchu, moment wystąpienia maksimum strumienia, czas trwania wybuchu i jego typ morfologiczny oraz, tam gdzie to było możliwe, chodziło o oszacowanie całkowitej energii wybuchu. Tak opracowane wyniki obserwacji były przekazywane prof. K. Kozielowi jako kierownikowi zespołu, który w formie comiesięcznych biuletynów¹³ przysyłał je m.in. do central w Moskwie, w Gorkim czy też w Ondřejovie. Niestety, nie zachował się do naszych czasów żaden egzemplarz tego biuletynu ani jego kopia. Wyniki te, w nieco zmienionej formie, były dodatkowo publikowane również przez prof. K. Kozieła (7, 8, 11) w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. W tym miejscu warto może wspomnieć, że – dla bezpośrednich realizatorów zadania – okres ten był czasem niespotykanego już później entuzjazmu, a odniesiony pełny sukces był największą nagrodą, rekompensującą całkowicie ogromny nakład pracy i poświęcony własny czas bez oglądania się na profity naukowe w postaci np. publikacji, na które już brakowało czasu.

W tym okresie dochodzi do dość istotnych zmian organizacyjnych. W miejsce istniejącej Katedry Astronomii, rektor UJ – idąc za uchwałą Rady Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UJ – powołuje w połowie 1957 roku dwie katedry astronomiczne z zakładami, a mianowicie: Katedrę Astronomii Obserwacyjnej, której kierownikiem zostaje od 1 stycznia 1958 roku, przybyły z Obserwatorium Uniwersytetu Wrocławskiego, prof. Eugeniusz Rybka oraz Katedrę Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej, którą obejmuje prof. Karol Kozieł. Kilka miesięcy później katedry te tworzą zespół katedr pod nazwą Obserwatorium Astronomiczne, którego kierownikiem zostaje prof. E. Rybka. Tak powstały zespół katedr nie przetrwał długo i już po roku – chociaż nazwa *Obserwatorium Astronomiczne* pozostała – rozpadł się z powrotem na dwie katedry bez ściślejszego wzajemnego współdziałania. Każda z nich – na przemian, co drugi tydzień – organizowała oddzielnie swoje własne zebranie naukowe.

Wkrótce po objęciu stanowiska kierownika Katedry Astronomii Obserwacyjnej, prof. E. Rybka rozpoczyna starania o budowę nowego Obserwatorium na forcie Skała i włączenie tej budowy do inwestycji jubileuszowych związanych z 600-leciem fundacji Uniwersytetu. W planach budowy tego Obserwatorium, oprócz warsztatu mechanicznego, pracowni fotograficznej, a zwłaszcza pracowni elektronicznej jako niezbędnego zaplecza, miała zostać skonstruowana nowa, większa czasza radioteleskopu do radiowych obserwacji Słońca, według założeń technicznych, które zasadniczo opracował jeszcze Oleg Czyżewski. Ten nowy radioteleskop miał zastąpić dotychczas używany, który w trakcie eksploatacji wykazywał pewne mankamenty. Niestety, koszt wykonania nowej czaszy był na tyle wysoki, że nie mieścił się już w przyznanych funduszach na budowę

¹³ Księga protokołów zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego – zebranie w dniu 20. 12. 1957.

Obserwatorium. Nie doszło więc do jej konstrukcji. Udało się jedynie przenieść istniejącą czaszę, powiększoną przez inż. Czesława Jarosza do średnicy 7 m, ze szczytu fortu do nowego miejsca na południowym stoku wzgórza i wybudować odpowiednią kabinę dla znacząco zmodernizowanej aparatury odbiorczej oraz obserwatora. Uroczyste otwarcie nowego Obserwatorium nastąpiło 5 maja 1964 roku, a więc jeszcze w ramach obchodów 600-lecia Uniwersytetu.

Tymczasem w Katedrze prof. K. Koziela powstał projekt budowy nowego odbiornika do radiowych obserwacji Słońca na fali 74 cm (405 MHz) – podharmoniczna fali o długości 37 cm – celem wzbogacenia zarówno danych obserwacyjnych o informacje spektralne całkowitego promieniowania, jak i rozszerzenia zakresu fal dla obserwacji kolejnego, częściowego zaćmienia Słońca w dniu 15 lutego 1961 roku. Impulsem, który spowodował rozpoczęcie prac przygotowawczych w tym zakresie, była decyzja prof. K. Koziela, wyrażona na prowadzonym przez niego zebraniu naukowym w dniu 17 kwietnia 1959 roku, o kontynuacji – pomimo zakończenia Międzynarodowego Roku Geofizycznego – dotychczas prowadzonych regularnych, codziennych rejestracji promieniowania radiowego Słońca na fali 37 cm. Bardzo ważnym i znaczącym wydarzeniem był referat Olega Czyżewskiego, wygłoszony na prowadzonym również przez prof. K. Koziela zebraniu naukowym w dniu 30 października 1959 roku, zatytułowany *Wstępne wyniki obserwacji wybuchów radiowych promieniowania Słońca na fali 37 cm*, w którym przedstawił w pełni udaną próbę ich interpretacji fizycznej. Autor oparł swoją analizę na rejestracji 295 wybuchów w okresie od 1 października 1957 do 31 grudnia 1958 roku, stwierdzając istnienie pełnej korelacji między wybuchami a erupcjami chromosferycznymi klasy 2+, 3 oraz 3+ oraz między czasem trwania erupcji a czasem trwania wybuchu. Wyniki tej analizy zostały opublikowane (9) w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, a jej fragment pokazany jest na ryc. 10. Wydawało się więc, że zaistniały solidne podstawy do dalszego rozwoju radiowych badań Słońca, a tym samym do dalszej rozbudowy radiowej bazy obserwacyjnej, która dostarczałaby wyniki na poziomie prac doktorskich, a więc umożliwiających awanse naukowe.

W roku 1958 prof. M. G. J. Minnaert zaproponował delegowanie jednego z krakowskich radioastronomów na kurs radioastronomii w Varennie we Włoszech, na którym ustalono ramy współpracy pomiędzy obserwatoriami radioastronomicznymi w Europie zajmującymi się badaniami Słońca. W kursie tym miał wziąć udział Oleg Czyżewski, jednakże nie mógł wyjechać, gdyż wyjazd ten nie został wcześniej zaplanowany. W ten sposób Krakowska Stacja Radiowych Obserwacji Słońca pozostała poza wspólnotą europejską bez ściślejszych, bezpośrednich i osobistych kontaktów naukowych ze specjalistami z zakresu heliofizyki, a zwłaszcza fizyki plazmy, która w Krakowie nie była uprawiana i nie miała żadnych tradycji. Uniemożliwiało to prowadzenie znaczących prac teoretycznych z wykorzystaniem własnych obserwacji.

Również okazało się, że planowane prace nad rozbudową aparatury radiowej znacznie przekraczają możliwości czasowe zespołu. Inż. C. Jarosz, pełniąc

funkcje mechanika całego Obserwatorium, nie mógł poświęcić dostatecznie dużo czasu zagadnieniom radioastronomii. Oleg Czyżewski przeszedł wtedy do pracy w Akademii Górniczo-Hutniczej w grupie zajmującej się pod kierownictwem prof. Mariana Mięśowicza fizyką wysokich energii, co zakończyło jego życiową przygodę z radioastronomią. Ostatnim jego wkładem był wspomniany już udział w konstrukcji aparatury odbiorczej na fali o długości 74 cm, dzięki czemu stały się możliwe obserwacje w Krakowie kolejnego, częściowego zaćmienia Słońca w dniu 15 lutego 1961 roku na dwóch długościach fali 37 cm i 74 cm (819 MHz i 405 MHz) (10).

Po odejściu Olega Czyżewskiego z radioastronomii, chociaż w dalszym ciągu interesował się jej losem i chętnie służył swoim doświadczeniem aparaturowym, cały ciężar opieki elektronicznej oraz technicznej spadł na barki Józefa Masłowskiego. Jednakże jego głównym zadaniem były rachunki związane z pracą doktorską, a dotyczące wyznaczania stałych libracji fizycznej i figury Księżyca na podstawie heliometrycznych obserwacji Hartwiga wykonanych w Bambergu w latach 1890–1912. Wyjazd do Manchesteru do prof. Zdenka Kopala i możliwość przeprowadzenia tych rachunków na komputerze znacznie przyspieszają ich wykonanie.

W lipcu 1962 roku zespół radioastronomii powiększa się przez zatrudnienie mgr. Jerzego Machalskiego, już z zakresem obowiązków związanych całkowicie z radioastronomią, a nieco później na połowie etatu, a od roku 1963 na pełnym etacie asystenckim, kolejnego absolwenta astronomii, mgr. Stanisława Zięby.

Ich zatrudnienie było wydarzeniem bardzo ważnym dla dalszych losów krakowskiej radioastronomii również z tego powodu, że przejęli najbardziej czasochłonne prace, wykonywane dotychczas przez Józefa Masłowskiego, co umożliwiło mu poświęcenie wystarczającego czasu na dokończenie – po powrocie z Anglii – rachunków libracyjnych, napisanie pracy doktorskiej i na jej obronę w maju 1964 roku. Dało mu to możliwość zajęcia się całkowicie radioastronomią.

W tym czasie prof. K. Koziół uzyskuje ze Społecznego Funduszu Odbudowy Stolicy (SFOS) środki finansowe na budowę nowego radioteleskopu o średnicy czaszy 15 m, której podjął się MOSTOSTAL – Nowa Huta. Radioteleskop ten został przez wykonawcę formalnie przekazany do użytku w roku 1965 i w przyszłości miał zastąpić stary, siedmiometrowy radioteleskop w obserwacjach radiowych Słońca. Koordynatorem tej inwestycji i pełnomocnikiem ze strony UJ był Józef Masłowski¹⁴.

Od roku 1963 prawie cały wysiłek zespołu radioastronomicznego – liczącego już 3 osoby – w dalszym ciągu koncentrował się na radioastronomii słonecz-

¹⁴ Informacje o tej inwestycji można znaleźć w artykule Jerzego Machalskiego *Historia rozwoju aparatury radioastronomicznej w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego* w tomie 10 Monografii Komisji Historii Nauki PAU (2006) *Polscy twórcy aparatury naukowej*.

nej: bieżącej codziennej rejestracji radiopromieniowania Słońca, usuwaniu coraz częściej występujących awarii różnych podzespołów aparatury odbiorczej i częściowej jej modernizacji. W roku 1966 zostały uruchomione systematyczne obserwacje Słońca na drugiej długości fali 74 cm przy użyciu aparatury zbudowanej również we własnym zakresie. Umożliwiało to uzyskiwanie dodatkowej informacji o widmie promieniowania radiowego Słońca wzbudzonego. Ilość otrzymanych danych obserwacyjnych gwałtownie wzrosła, i to na tyle, że ich redukcja przekraczała możliwości czasowe zespołu. Zostaje więc zatrudniony kolejny absolwent astronomii, mgr Adam Michalec, który przejmuje od S. Zięby znaczącą część prowadzenia obserwacji i odpowiedzialność za ich właściwe wykonywanie. Stanisław Zięba podejmuje wówczas ambitne, ale bardzo czasochłonne zadanie uzyskania jednorodnej serii z dotychczas istniejących danych obserwacyjnych, które – wskutek licznych zmian i modernizacji aparatury – zawierały błędy systematyczne, nie do pominięcia przy analizie zmian promieniowania radiowego Słońca w dłuższych okresach, a później w kolejnych cyklach jego aktywności. Był to również materiał wyjściowy do jego rozprawy doktorskiej. Jerzy Machalski, będąc ciągle zaangażowany w obserwacje radiowe Słońca i częściową analizę jego aktywności, bierze coraz większy udział w oprzyrządowaniu nowego, piętnastometrowego radioteleskopu. W szczególności należy podkreślić jego duży wkład i pełne zaangażowanie się w uruchamianie oraz przystosowanie tego radioteleskopu do obserwacji ciągłych. Uzyskane rezultaty stanowiły istotną część jego rozprawy doktorskiej. Warto wspomnieć, że po raz pierwszy zaistniała możliwość uczestnictwa członków zespołu w kilku regionalnych międzynarodowych sympozjach poświęconych radioastronomii słonecznej, fizyce Słońca i magneto-hydrodynamicie, podczas których w referatach prezentowali uzyskane wyniki radiowych badań Słońca w Krakowie. Wyniki tych badań, w formie znacznie rozszerzonej, zostały również opublikowane (12-16). Te wyjazdy, chociaż bardzo cenne z naukowego punktu widzenia, były jednak zbyt krótkie, aby mogły zaowocować nawiązaniem ścisłej i bezpośredniej współpracy naukowej.

Było już wtedy jasne, że ograniczenie badań wyłącznie do radioastronomii słonecznej nie gwarantuje uzyskiwania znaczących danych obserwacyjnych, warunkujących dalszy rozwój radioastronomii jako nowej dziedziny. Należało wyjść z badaniami w zakres radioastronomii pozagalaktycznej, dla której przedmiotem badań były tzw. *radioźródła*, identyfikowane optycznie w tym czasie z galaktykami i kwazarami jako jądrami galaktyk radiowo aktywnych, oraz podjąć prace nad mechanizmami nietermicznymi emisji promieniowania radiowego. Pokładane w tym względzie nadzieje, wiązane z piętnastometrowym radioteleskopem, okazały się wysoce nierealne z uwagi na kłopoty związane z jego uruchomieniem (błędy konstrukcyjne) i zbyt niską czułością, spowodowaną głównie małymi rozmiarami nietypowej czaszy. Korzystając z danych o radioźródłach pozagalaktycznych, dostępnych w literaturze, lecz bardzo – jak się później okazało – niekompletnych, Józef Masłowski podejmuje próbę ich klasyfikacji pod wzglę-

dem energetycznym oraz pracę nad mechanizmem „kolapsu grawitacyjnego” jako teoretycznie możliwego źródła energii dla emisji promieniowania radiowego. Uzyskane wyniki zostają opublikowane (54, 55) jako pierwsze prace z radioastronomii pozagalaktycznej w Krakowie.

Chociaż były to prace raczej przyczynkowe, to pokazały, że jest możliwe – równocześnie z radioastronomią słoneczną – prowadzenie badań z zakresu radioastronomii pozagalaktycznej, dających znacznie większe szanse na uzyskiwanie – w krótkim stosunkowo czasie – błyskotliwych i znaczących wyników, a tym samym umożliwiających znacznie szybsze awanse naukowe pracowników zespołu. Jednakże warunkiem koniecznym rozwoju w Krakowie tego typu badań był długoterminowy staż naukowy w którymś z przodujących w świecie ośrodków radioastronomicznych.

W roku 1968 przechodzi na emeryturę prof. Eugeniusz Rybka, a Katedrę Astronomii Obserwacyjnej UJ obejmuje, przybyły z Obserwatorium Warszawskiego, doc. Konrad Rudnicki. W następnym roku prof. K. Koziół zatrudnia na etacie naukowo-technicznym kolejnego absolwenta astronomii, mgra Marka Urbanika, powierzając mu opiekę techniczną nad aparaturą elektroniczną przy siedmiometrowym radioteleskopie, ogólną konserwację jego sterowania i automatyki napędu oraz pomoc przy konstrukcji aparatury odbiorczej dla nowego, piętnastometrowego radioteleskopu.

Na początku roku 1969 będący już na emeryturze prof. E. Rybka uzyskuje w przodującym na świecie i dysponującym doskonałą aparaturą ośrodkiem radioastronomicznym National Radio Astronomy Observatory (NRAO) w Wirginii w USA, którego dyrektorem był dr. David S. Heeschen, jego bliski znajomy i przyjaciel, zaproszenie dla J. Masłowskiego na dłuższy staż naukowy.

Po początkowych trudnościach, związanych z brakiem zgody uczelni i z uzyskaniem paszportu, w końcu listopada 1969 roku Józef Masłowski wyjeżdża do NRAO z własnym programem badawczym, który w całości realizuje w ciągu 15-miesięcznego pobytu. Trzonem tego programu było uzyskanie przy użyciu mającego 91,5 m radioteleskopu (Ryc. 11) pełnej informacji o radioźródłach położonych w obszarze nieba zwanym GB, o powierzchni liczącej ponad 500 stopni kwadratowych, na drodze wykonania bardzo głębokiego przeglądu tego obszaru na częstotści 1400 MHz (długość fali 21 cm), tzw. *radiowej mapy nieba*, pokazanej na ryc. 12. Ponieważ znakomita większość radioźródeł przeglądu była nowo odkryta, wykonane zostały, przy użyciu tego samego radioteleskopu, dodatkowe pomiary ich jasności radiowej na częstotści 2695 MHz celem uzyskania niezwykle cennej informacji o ich własnościach spektralnych w zakresie wysokich częstotści. Wstępne wyniki tego przeglądu zostały opublikowane jeszcze w czasie pobytu Masłowskiego na stażu (56).

Wyjazd ten miał doniosłe znaczenie dla dalszego rozwoju radioastronomii w Krakowie przez nawiązanie bliskich kontaktów i współpracy naukowej. J. Masłowski – jeszcze przed powrotem do kraju – uzyskuje od dr. D. S. Heeschena

obietnicę zaproszenia kolejnych pracowników z Krakowa na długoterminowe staże. Podobne zapewnienie uzyskał od przebywającego wtedy w NRAO prof. P. G. Mezgera, dyrektora Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) w Bonn w Niemczech, gdzie w końcowych fazach rozruchu znajdował się największy w świecie, w pełni sterowany komputerowo, radioteleskop o średnicy 100 metrów (Ryc. 13).

W marcu 1971 roku Józef Masłowski powraca do kraju, przywożąc z sobą obszerny materiał obserwacyjny dotyczący radioźródeł pozagalaktycznych i kontynuuje, rozpoczęte jeszcze w NRAO, opracowanie go z myślą o habilitacji. W czerwcu tego roku swoich prac doktorskich bronią: Jerzy Machalski – z zagadnień dotyczących możliwości obserwacyjnych piętnastometrowego radioteleskopu (17, 18, 22) oraz Stanisław Zięba z zagadnień promieniowania radiowego Słońca w paśmie 800 MHz na podstawie obserwacji w latach 1957–1967 (16, 19, 20).

We wrześniu 1971 roku pojawia się w katedrze prof. K. Koziela nowy samodzielny pracownik naukowy, matematyk specjalizujący się w zagadnieniach statystyki, prof. Andrzej Zięba, przeniesiony z Uniwersytetu Wrocławskiego.

Po powrocie Józefa Masłowskiego z USA nastąpił wzrost zainteresowania badaniem radioźródeł, czego owocem były liczne publikacje (60, 61, 62, 73). Badania te korespondowały z badaniami w dziedzinie optycznej nad anizotropią i niejednorodnościami w rozmieszczeniu galaktyk, z zastosowaniem nowej metody prof. A. Zięby, tzw. redukcji statystycznej.

We wrześniu 1973 roku opuszcza zespół radioastronomii dr Stanisław Zięba, podejmując za namową prof. A. Zięby pracę nad przystosowaniem metody „redukcji statystycznej” do badań rozmieszczenia różnych obiektów na niebie. Swoje wyniki badań uzyskane z obserwacji radiowych Słońca publikuje w wielu pracach (21, 23, 24, 25, 26).

Józef Masłowski habilitował się w połowie roku 1974 na podstawie rozprawy, w skład której weszły publikacje z lat 1971–1974 (56–63), co stanowiło pierwszy krok w rozwoju samodzielnej kadry naukowej w dziedzinie radioastronomii w Krakowie. W tym samym czasie Jerzy Machalski otrzymuje zaproszenie od dr. D. S. Heeschena na roczny staż naukowy w NRAO, na który wyjeżdża z własnym programem badawczym, będącym kontynuacją rozszerzonego programu jego poprzednika, J. Masłowskiego. Adam Michalec doktoryzuje się na podstawie rozprawy, w której wykorzystuje obserwacje radioźródeł 4C na częstotliwości 2695 MHz (64), wykonane w NRAO przez Józefa Masłowskiego.

Jesienią 1974 roku na dyrektora Obserwatorium zostaje powołany prof. A. Zięba, który w rok później obejmuje również stanowisko kierownika Katedry Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej OAUJ po prof. K. Kozielu, który przechodzi na wcześniejszą emeryturę i opuszcza Kraków. Przeprowadza on daleko idące zmiany organizacyjne w Obserwatorium, łącznie ze zwolnie-

niem 3 pracowników naukowych i zamierzoną likwidacją warsztatu mechanicznego, którą na szczęście udało się powstrzymać.

Pod koniec 1975 roku powraca do kraju dr Jerzy Machalski po zakończonym stażu w NRAO i przywozi bardzo cenne wyniki z wykonanych tam przeglądów radiowych dwóch obszarów nieba, oznaczonych przez niego jako GB2 i GB3. Niezrażony początkowymi trudnościami w podjęciu normalnej pracy, spowodowanymi zaszły mi już zmianami w Obserwatorium i niezbyt przychylnym stosunkiem ówczesnej dyrekcji do tego typu badań, rozpoczyna opracowanie swoich obserwacji pod kątem ich interpretacji, przygotowując równocześnie szereg publikacji z myślą o habilitacji. J. Masłowski otrzymuje stanowisko docenta w połowie 1976 roku. Niemal równocześnie nadchodzi z MPIfR w Bonn zaproszenie od prof. R. Wielebńskiego na roczny pobyt naukowy z dostępem do w pełni już wyposażonego stumetrowego radioteleskopu (Ryc. 13). MPIfR był już wtedy jednym z przodujących ośrodków radioastronomicznych, chętnie wizytowanym przez uczonych z całego świata: astrofizyków i radioastronomów. Na pobyt ten wyjeżdża J. Masłowski z programem badawczym podjętym w zespole, w skład którego weszli pracownicy naukowci MPIfR: dr I. I. K. Pauliny-Toth, dr A. Witzel i dr H. Kühr. Dzięki wspólnemu wysiłkowi dokonano przeglądów kilku niewielkich fragmentów nieba, oznaczonych jako GB, 5C2 i 5C6, uzyskując wartościowe wyniki (65, 66, 68, 69, 70), dotyczące jasności radioźródeł na częstościach 5 GHz oraz 15 GHz (fale: 6-cm i 2-cm) oraz ich własności spektralnych (wykorzystane m.in. w monografii J. M. Krolika¹⁵). J. Masłowski nawiązuje w czasie tego pobytu liczne kontakty naukowe, które obficie zaowocowały w przyszłości, i uzyskuje od dyrektora MPIfR, prof. R. Wielebńskiego, zapewnienie o „otwartych drzwiach” dla kolejnych wizyt naukowych radioastronomów z Krakowa.

W połowie 1977 roku J. Masłowski powraca do Obserwatorium – wówczas ośrodka bardzo sfrustrowanego zmianami organizacyjnymi, a także tym, że nie została zatwierdzona przez CKK habilitacja dr. Stanisława Zięby z roku 1976, której trzon stanowiła metoda „redukcji statystycznej” prof. A. Zięby z własnym wkładem habilitanta, pozwalającym na obliczanie wskaźników tej metody dla różnych próbek obiektów pozagalaktycznych wraz z jej komputerową aplikacją.

W połowie roku 1978 mgr Marek Urbanik broni swojej pracy doktorskiej dotyczącej radioźródeł pozagalaktycznych, z częściowym zastosowaniem – zmodyfikowanej przez dr. Stanisława Ziębę – metody „redukcji statystycznej”.

Jesienią 1978 roku prof. A. Zięba wyjeżdża niespodziewanie za granicę, rezygnując z pracy w OAUJ. Funkcję dyrektora Obserwatorium obejmuje J. Masłowski. Zatrudnia na stanowisku asystenta mgr. Michała Ostrowskiego jako teoretyka, którego brak odczuwała od dłuższego czasu krakowska radioastronomia.

¹⁵ J. M. Krolik, *Active Galactic Nuclei – from the Central Black Hole to the Galactic Environments*, Princeton University Press (1999).

W marcu 1980 roku habilituje się dr Jerzy Machalski na podstawie wyników badań nad przestrzennym rozmieszczeniem i ewolucją radioźródeł pozagalaktycznych otrzymanych z własnego przeglądu radiowego nieba, GB2, opublikowanych w cyklu prac (73–78). W ten sposób krakowska radioastronomia uzyskuje drugiego samodzielnego pracownika naukowego. W następnym roku obejmuje on już stanowisko docenta. Wyjeżdża kilkakrotnie do NRAO na kilkumiesięczne pobyty naukowe, gdzie – we współpracy głównie z dr. J. J. Condonem, pracownikiem naukowym w NRAO – podejmuje nową tematykę badań radioźródeł pozagalaktycznych, wybranych z przeglądów GB i GB2 i stanowiących reprezentatywną próbkę (360 obiektów) całej populacji. Bada dokładną strukturę radiową tych radioźródeł przy użyciu systemu anten VLA (Ryc. 14). Umożliwiło to ich precyzyjne identyfikacje optyczne, a tym samym utworzenie bazy obserwacyjnej dla badania zarówno ewolucji osobniczej, jak i ewolucji kosmologicznej całej populacji. Uzyskane wyniki, publikowane w wielu pracach (79–94), były licznie cytowane i zostały wykorzystane w pracach różnych autorów; również przez kolegów z Obserwatorium Astronomicznego UJ (S. Zięba i K. Chyży (131) i przez S. Rysia – w pracy doktorskiej napisanej pod kierunkiem doc. J. Machalskiego). W roku 1987 do NRAO wyjeżdża na 3 miesiące również J. Masłowski, w ramach współpracy i wzajemnych wizyt roboczych pracowników naukowych. Wspólnie z dr. K. I. Kellermannem prowadzi tam badania radiowej struktury źródeł, wybranych z własnych kompletnych próbek, przy użyciu systemu VLA na częstotści 5 GHz (fala 6-cm) ze zdolnością rozdzielczą około 1 sekundy łuku (71, 72). Przykładowe struktury zaobserwowanych radioźródeł pokazane są na ryc. 15.

W roku 1992 Jerzy Machalski uzyskuje tytuł profesora nauk fizycznych z zatrudnieniem na stanowisku profesora nadzwyczajnego. Stał się on znanym i wysoko cenionym w świecie radioastronomem, współpracującym z wieloma ośrodkami zagranicznymi, m.in.: NRAO w USA, Obserwatorium Astrofizycznym Asiago (Włochy), Narodowym Obserwatorium Radiowym w Nobeyamie (Japonia), Obserwatorium Astronomicznym w Turku (Finlandia), Narodowym Centrum Astrofizyki Radiowej w Pune (Indie) i in. Wypromował czterech doktorów z zakresu radioastronomii. Od 1988 roku jest kierownikiem Zakładu Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej. Był również przewodniczącym Rady Obserwatorium Astronomicznego UJ w latach 1984–2002. Od momentu objęcia profesury jego zainteresowania naukowe i prowadzone prace koncentrują się zarówno na komplementarnych badaniach własności optycznych i rentgenowskich Aktywnych Jąder Galaktyk (AGN) odpowiedzialnych za powstawanie potężnych radioźródeł pozagalaktycznych (95–100), jak i badaniach własności radiowych tzw. „normalnych” galaktyk, których słabe promieniowanie radiowe pochodzi z procesów ewolucyjnych populacji gwiazd danej galaktyki (101, 103, 105). Wspólnie z M. Jamrozym podjęli ostatnio tematykę związaną z tzw. „gigantycznymi” radiogalaktykami, których rozmiary liniowe sięgają kilku Mpc (10²⁵

cm lub kilka milionów lat świetlnych) (102, 106), i odkryli trzecią co do wielkości radiogalaktykę we Wszechświecie (104), (Ryc. 16).

Dr Marek Urbanik – w dwa lata po swoim doktoracie – wyjeżdża z rekomendacji J. Masłowskiego w roku 1980 do MPIfR w Bonn na zaproszenie prof. R. Wielebinskiego na roczny staż naukowy. Po przyjeździe okazało się, że program naukowy – który miał być realizowany we współpracy z dr. I. I. K. Pauliny-Tothem, wcześniej przebywającym z wizytą roboczą w Obserwatorium na zaproszenie dyrektora, dotyczący badania widm w kompletnych próbkach radioźródeł słabych z użyciem stumetrowego radioteleskopu – zaledwie zdążył wystartować, gdy współrealizator zmienił swoje zainteresowania naukowe. Marek Urbanik nawiązuje kontakt z prof. R. Wielebinkim i jego zespołem (dr dr R. Beck, U. Klein, R. Graeve), zajmującym się strukturą pól magnetycznych w galaktykach spiralnych. Po wejściu w problematykę pól magnetycznych w galaktykach rozpoczyna realizować na stumetrowym radioteleskopie swój pierwszy program obserwacji radiowej polaryzacji promieniowania wybranych galaktyk spiralnych, który kontynuuje w 1981 roku, gdy zastaje go tam stan wojenny. Do kraju wraca bez kompletu uzyskanych danych obserwacyjnych, gdyż część dokumentacji obserwacji ginie w czasie wysyłki do Krakowa. Odzyskanie i opublikowanie danych (109–113) zajmuje mu kilka lat. Habilituje się w 1987 roku, stając się trzecim z kolei samodzielnym pracownikiem nauki w dziedzinie radioastronomii w Obserwatorium i inicjatorem prowadzenia badań w zakresie radioastrofizyki galaktyk spiralnych, struktury i roli pól magnetycznych oraz frontów uderzeniowych w tych galaktykach. Nie powraca już do zespołu radioastronomii słonecznej.

W roku 1988, po 3-letnim urlopie wychowawczym, do pracy w Obserwatorium powraca mgr Katarzyna Otmianowska-Mazur, przenosząc się równocześnie z Zakładu Astronomii Obserwacyjnej do Zakładu Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej pod opiekę naukową doc. M. Urbanika. Publikuje pierwsze swoje wyniki (115) dotyczące pola magnetycznego w turbulentnym dysku galaktycznym i w roku 1993 broni pracy doktorskiej, napisanej pod kierunkiem swego opiekuna naukowego. W tym czasie doc. M. Urbanik nawiązuje szeroką współpracę naukową m.in.: z MPIfR – Bonn, Ruhr-Universität Bochum, Observatoire Paris-Meudon i Astrophysikalisches Institut Potsdam, rozbudowując równocześnie swój zespół o kolejnych pracowników: mgr. Mariana Soidę (ze stopniem doktora od 2002 roku) i dr. Krzysztofa Chyżego. Ta szeroka naukowa współpraca międzynarodowa, objawiająca się m.in. licznymi wzajemnymi wizytami naukowymi pracowników, zaowocowała liczącymi się w świecie publikacjami (115–128) i (166–176). Wyniki te, jak: obserwacyjne wykrycie istnienia wielkoskalowych helikalnych pól magnetycznych w galaktykach spiralnych oraz – ku zaskoczeniu teoretyków – także w galaktykach nieregularnych spotkały się z dużym zainteresowaniem i uznaniem. Ważnym rezultatem jest też odkrycie tzw. „kominów” magnetycznych w halo galaktyk oraz pierwsze identyfikacje szoków i kompresji w galaktykach odizolowanych i należących do gromad galaktyk. Obserwacje te zainspirowały

podjęcie teoretycznych badań modelowych. Ryc. 17 pokazuje obecne możliwości uzyskania danych o galaktykach poprzez stosowanie różnych technik obserwacyjnych i redukcyjnych poprzez nałożenie na siebie obrazów tej samej galaktyki widzianej optycznie, na falach radiowych oraz poprzez strukturę pola magnetycznego (122).

W roku 2003 doc. Markowi Urbanikowi, który stał się niekwestionowanym autorytetem w badaniach pól magnetycznych w galaktykach spiralnych, zostaje nadany tytuł naukowy profesora nauk fizycznych, z zatrudnieniem na stanowisku profesora nadzwyczajnego.

Michał Ostrowski w roku 1983 broni swojej rozprawy doktorskiej napisanej pod kierunkiem J. Masłowskiego i z jego rekomendacją już w następnym roku (1984) wyjeżdża na dwuletni staż naukowy do Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik w Garching, do pracy w silnym zespole, kierowanym przez prof. G. Morfilla. Rozpoczyna tam badania związane z procesami akceleracji i propagacji cząstek naładowanych. Po powrocie do Krakowa w roku 1986 kontynuuje te badania, ale już w powiązaniu z obiektami astronomicznymi, w tym z radioźródłami. Praktycznie co roku odbywa krótkie staże, początkowo w tym samym ośrodku, a potem w MPIfR w Bonn i w Institut für Theoretische Physik Ruhr-Universität w Bochum, gdzie współpracuje z prof. R. Schlickeiserem.

Stopień doktora habilitowanego Michał Ostrowski uzyskuje na Wydziale Matematyki i Fizyki UJ w roku 1994, na podstawie rozprawy, której tematyka dotyczyła przyspieszania naładowanych cząstek do wysokich energii w falach uderzeniowych (132–137). Tę tematykę, znacznie poszerzoną o propagację cząstek wysokich energii w obszarach silnie turbulენტnej plazmy, w dżetach radioźródeł pozagalaktycznych oraz w kwazarach, kontynuuje w latach następnych w szerokiej współpracy międzynarodowej i krajowej. Na specjalne podkreślenie zasługują jego umiejętność zainteresowania tymi zagadnieniami naszych (i nie tylko naszych) młodych absolwentów oraz doktorantów i zdolność naukowej współpracy z nimi (G. Michałek, J. Bednarz, T. Kobak, Ł. Stawarz), co zaowocowało licznymi i wartościowymi publikacjami (155–164). Nie jest to miejsce właściwe, aby omówić nawet najważniejsze osiągnięcia naukowe Michała Ostrowskiego. Wystarczy wspomnieć, że osiągnięty dorobek naukowy po habilitacji przyniósł mu międzynarodowe uznanie; miano „rasowego” teoretyka – autorytetu w zagadnieniach z pogranicza astrofizyki ultrawysokich energii i radioastrofizyki. W tym czasie (1994–1999) pracował równocześnie jako wicedyrektor ds. nauki i aparatury, a od 1999 roku na stanowisku dyrektora Obserwatorium Astronomicznego UJ po Józefie Masłowskim, który zakończył kolejną kadencję.

W roku 2001 dr. hab. Michałowi Ostrowskiemu zostaje nadany tytuł profesora nauk fizycznych. W tym samym roku obejmuje stanowisko kierownika Zakładu Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej OAUJ po prof. J. Masłowskim, który przechodzi na emeryturę.

W połowie czerwca 2004 roku habilituje się dr Katarzyna Otmianowska-Mazur (współpracownik prof. M. Urbanika) na podstawie rozprawy opartej na wynikach uzyskanych w szeregu prac (166–175) dotyczących pól magnetycznych w galaktykach spiralnych, ich modelowania numerycznego oraz możliwości radiowej weryfikacji obserwacyjnej. Tak się złożyło, że habilitacja dr K. Otmianowskiej-Mazur wypadła nieomal dokładnie w 50 rocznicę wykonania pierwszej obserwacji radiowej Słońca w Krakowie, a sama habilitantka stała się piątym samodzielnym pracownikiem naukowym pozagalaktycznej radioastronomii w Obserwatorium.

Niestety takimi sukcesami nie może się pochwalić radioastronomia słoneczna. Nie dorobiła się ani jednego samodzielnego pracownika naukowego. Lata 1973–1978 to okres stagnacji w radioastronomii słonecznej. Po odejściu dr. S. Zięby z grupy radioastronomicznej pod opiekę naukową prof. Andrzeja Zięby w roku 1973, cały ciężar kontynuowania codziennych radiowych obserwacji Słońca spoczywał – przez nieomal 6 lat – na barkach Adama Michalca, którego wspomagali Marek Urbanik i w miarę swoich możliwości Jerzy Machalski oraz Józef Masłowski, głównie w postaci opieki technicznej nad aparaturą radioastronomiczną i jej modernizacją. Ci ostatni robili to po części z sentymentu do badań radiowych Słońca i widząc potrzebę utrzymania ciągłości obserwacji, a po części z wewnętrznego poczucia obowiązku niezniszczenia pracy wielu osób, które zapoczątkowały prowadzenie tych obserwacji w Krakowie i dbały o ich rozwój. W tym czasie wyniki systematycznie prowadzonych obserwacji radiowych Słońca – po wstępnej redukcji, trafiały do przysłowiowej „szuflady”. Nie udawało się bowiem zainteresować początkujących astronomów radiową problematyką słoneczną na tyle, aby wiązali z nią swoją przyszłość naukową. Na ogół po magisterium z radioastronomii słonecznej bardzo szybko swoje zainteresowania kierowali w inne dziedziny, w których łatwiej było uzyskiwać kolejne stopnie naukowe.

Dr Stanisław Zięba, po niezatwierdzonej przez CKK habilitacji z zastosowania metody statystycznej prof. A. Zięby do zagadnień astronomicznych, za namową kolegów powraca w końcu 1978 roku do zespołu radioastronomii słonecznej, wnosząc duże ożywienie. Wspólnie z dr. Adamem Michalcem rozpoczęli opracowywać, z udziałem Krzysztofa Chyżego, zarówno bieżące obserwacje radiowe Słońca, jak i od nowa te leżące w „szufladzie”, prowadzone w pasmach 810 MHz i 405 MHz. Od roku 1980 wyniki tych opracowań są publikowane w wydawanym przez Obserwatorium aż do roku 1995 biuletynie „Monthly Report on Solar Radio Emission” (28). Dr S. Zięba prowadził kilka prac magisterskich z radioastronomii słonecznej, których częściowe wyniki zostały opublikowane (29–37). Równocześnie podejmuje wysiłki uzyskania stażu naukowego w którymś z ośrodków zagranicznych, jednak bez pozytywnego rezultatu. Krótkoterminowe wyjazdy razem z A. Michalcem do prof. Radicatięgo, dyrektora Scuola Normale Superiore w Pizie we Włoszech, nie dawały spodziewanych wyników naukowych. Wydawało się,

że dopiero przyjazd – na zaproszenie J. Masłowskiego – prof. H. Van der Laana, dyrektora Obserwatorium w Leiden i obserwatorium radiowego w Westerborku w Holandii, z wizytą roboczą do Obserwatorium Astronomicznego UJ, otwiera tu nowe możliwości. Z rekomendacji J. Masłowskiego i po rozmowie z prof. H. Van der Laanem, dr S. Zięba otrzymuje zaproszenie na półroczny staż naukowy w Leiden, dokąd wyjeżdża w roku 1981 z własnym programem obserwacyjnym na tamtejszy interferometr radiowy, dotyczącym obserwacji kilkunastu zwartych radioźródeł, podejrzewanych o posiadanie słabych struktur rozciągniętych wokół ich jąder. Do takich obserwacji interferometr w Westerborku był instrumentem idealnym. Jednakże uzyskane interferometryczne mapy tych źródeł były ze względu na problemy techniczne niedostatecznej do ich publikacji jakości. Problematyka związana z fizyką asymetrycznych struktur w radioźródłach rozciągniętych jest jeszcze przez pewien czas uprawiana w Krakowie i S. Zięba wspólnie z K. Chyżym publikują prace (129, 130, 131) poświęcone różnym aspektom tego zagadnienia. Wyniki te stały się podstawą rozprawy doktorskiej mgr. K. Chyżego, napisanej pod kierunkiem J. Masłowskiego i obronionej w roku 1994.

Znaczącym okresem dla dalszego rozwoju radiowych obserwacji Słońca były lata 1990–1995. Podjęto prace nad unowocześnieniem aparatury, która po ponad 35-letniej nieprzerwanej pracy była podtrzymywana przy życiu tylko wielkim wysiłkiem. Ważnym krokiem było zatrudnienie na połowie etatu naukowo-badawczego Andrzeja Kułaka, pracownika naukowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, wysokiej klasy specjalisty od elektroniki mikrofalowej i zamilowanego eksperymentatora. Wkrótce też zostaje zatrudniony na stanowisku technika inż. Jerzy Kubisz, absolwent Instytutu Elektroniki AGH. Obydwaj przejmują w znacznym stopniu opiekę techniczną nad aparaturą radioteleskopu oraz nad jej modernizacją.

Prace magisterskie, prowadzone pod kierunkiem dr. S. Zięby w latach 1990–1991, poświęcone były rozpatrzeniu – na drodze symulacji – technicznych możliwości prowadzenia spektralnych (mgr Marek Gierliński) lub interferometrycznych (mgr Zdzisław Dec) obserwacji Słońca w Krakowie. Wyniki tych prac i liczne dyskusje doprowadziły do wniosku, że najsensowniej jest rozszerzyć dotychczasowe obserwacje o kilka nowych częstości z zakresu fal decymetrowych, nastawiając się raczej na badania długookresowych i wolnozmiennych zachowań strumienia radiowego Słońca niż na rejestrację wraz z lokalizacją na tarczy Słońca szybkozmiennych, gwałtownych zjawisk słonecznych, od lat badanych przez grupę Benza w Szwajcarii. Aby te obserwacje w tak rozszerzonym zakresie prowadzić i uzyskiwać wartościowe wyniki, należało: a) zastąpić starą, już skorodowaną siedmiometrową antenę paraboliczną nową i większą, np. ośmiometrową, b) zautomatyzować całą procedurę obserwacyjną, c) zakupić firmowy odbiornik w postaci programowalnego radiospektrometru firmy Hewlett-Packard, z którego można zdalnie wybierać żądane pasma radiowe oraz d) zakupić i umieścić w ognisku czaszy radioteleskopu firmową, szerokopasmową antenę spiralną.

Podjęte przez Józefa Masłowskiego starania o uzyskanie z Komitetu Badań Naukowych i innych źródeł koniecznych funduszy na ten cel, przy istotnym wsparciu ówczesnego rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego, prof. Andrzeja Pelczara, przyniosły pozytywne rezultaty. Uzyskane środki finansowe były wystarczające do pełnej realizacji tej pierwszej – po wielu latach – gruntownej modernizacji obserwacji radiowych Słońca. Była to olbrzymia praca całego zespołu obserwatorów (dr. A. Kułaka, dr. S. Zięby, dr. A. Michalca, inż. J. Kubisza) i warsztatu mechanicznego OAUJ. Czasza radioteleskopu i jej napędy zostały zaprojektowane i wykonane łącznie z montażem na forcie Skała przez Zakład Aparatury Naukowej UJ pod kierunkiem mgr. inż. Andrzeja Szula. Nad całością inwestycji czuwał J. Masłowski. Na specjalne podkreślenie zasługuje bezpośredni udział w przygotowaniu aparatury odbiorczej prof. J. Machalskiego. Obszerna informacja o tej inwestycji znajduje się w artykule J. Machalskiego¹⁶.

W październiku 1995 roku został uruchomiony nowy, ośmiometrowy radioteleskop z pełną automatyką i z nowym systemem prowadzenia obserwacji oraz zbierania danych, bez udziału i obecności obserwatora w kabinie. Nowe obserwacje, prowadzone równocześnie w 10 pasmach (na 10 długościach fal) z zakresu od 10 cm do ponad 1 metra, zostały już wykorzystane w publikacjach (39 – 49) oraz przez innych zagranicznych badaczy w kilku opublikowanych pracach. Niemal dziesięcioletnia, prawie bezawaryjna praca nowego urządzenia radioastronomicznego rokuje duże nadzieje na dalsze uzyskiwanie cennych wyników obserwacji radiowych Słońca.

Dr S. Zięba zasadniczy wysiłek skierował na opracowanie całego zestawu programów komputerowych do redukcji i opracowania nowych obserwacji Słońca, pozwalających również na wyrafinowaną analizę statystyczną występowania okresowości różnych wskaźników aktywności Słońca, łączenia ich ze wskaźnikami radiowymi oraz wzajemnych ich relacji w zmianach czasowych, np. z cyklu na cykl, a nawet w poszczególnych cyklach aktywności Słońca (49). W szczególności programy te pozwalają na proste i przejrzyste prezentacje wyników prowadzonych badań, czego przykładem mogą być ryc. 18 i ryc. 19. Kontynuowane są też opracowania (38) zaległych radiowych obserwacji Słońca z lat 1977–1979.

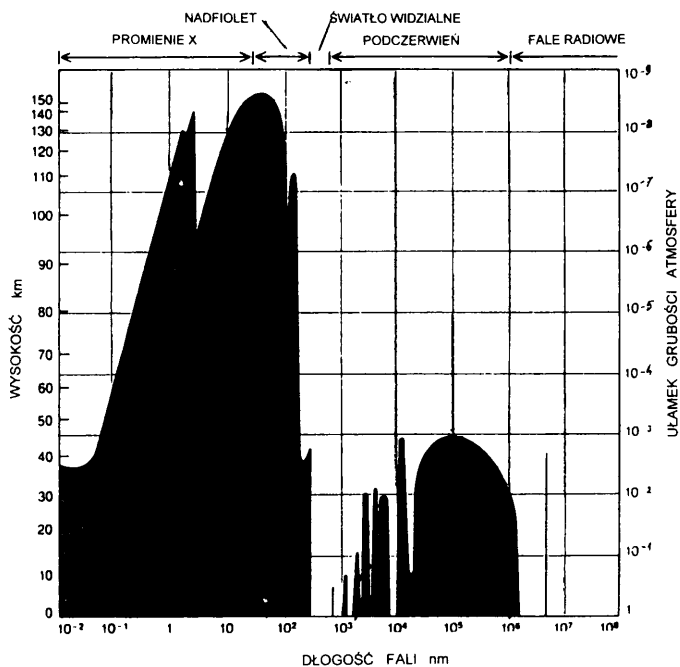
Od roku 1995 A. Kułak z A. Michalcem i S. Ziębą realizują również nową problematykę badawczą, mającą na celu przebadanie związków pomiędzy aktywnością radiową Słońca a naturalnymi rezonansami pola elektromagnetycznego ultraniskiej częstości we wnętrzu Ziemia - jonosfera, zw. rezonansami Schumanna. Wyniki badań tych rezonansów, wykorzystujące dane z dotychczasowych, nieregularnych jeszcze pomiarów prowadzonych w Bieszczadach, zostały już opublikowane w kilku pracach (50–53).

W roku 2002 dyrektor Obserwatorium Astronomicznego UJ, prof. Michał Ostrowski, zlecił dr. Grzegorzowi Michałkowi pełną opiekę naukową nad obserwacjami radiowymi Słońca i pracami związanymi z ich kontynuowaniem.

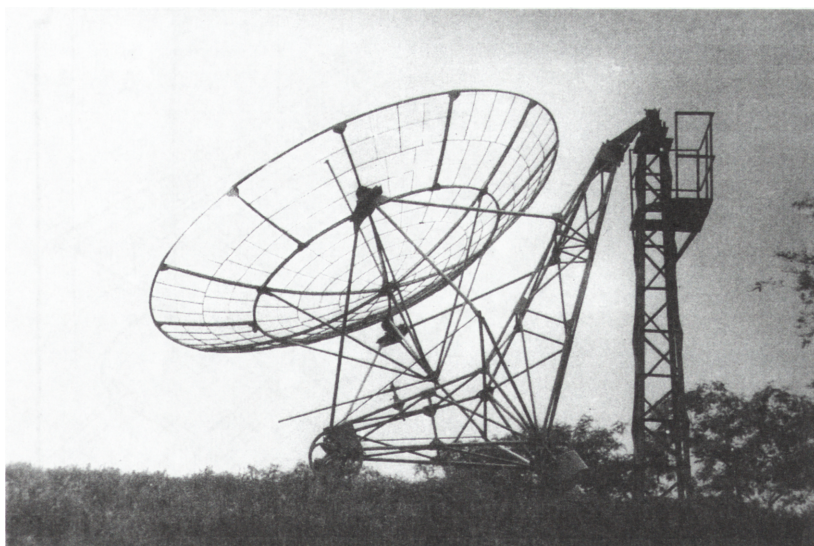
¹⁶ J. Machalski, op. cit.

G. Michałek był już współautorem kilku wartościowych prac (144, 145, 149). Nawiązał on ścisły, osobisty kontakt naukowy z NASA Godard Space Flight Center oraz Catholic University of America, co umożliwiło mu bezpośredni dostęp do aktualnych obserwacji koronalnych wyrzutów materii słonecznej, obserwowanych za pomocą satelity SOHO. Jest to źródło nowych danych obserwacyjnych, które wnoszą dodatkowe niezwykle cenne informacje, uzupełniające dane radiowe w badaniach nad procesami fizycznymi determinującymi aktywność Słońca.

W ciągu 50 lat aktywności naukowej Obserwatorium Astronomicznego UJ w dziedzinie radioastronomii powstała i rozwinęła się stosunkowo duża i licząca się już w nauce światowej grupa samodzielnych pracowników nauki (5 osób) i nawiązana została szeroka współpraca z wiodącymi ośrodkami naukowymi na świecie, która umożliwia dostęp do unikatowych radioastronomicznych narzędzi badawczych i tym samym uzyskiwanie wartościowych wyników obserwacyjnych. Rozwinięta tematyka radioastronomiczna jest wciąż atrakcyjna dla młodych pracowników nauki, co rokuje, że ta dziedzina badań będzie się dobrze rozwijać w Krakowie.



Ryc. 1. Przezroczystość atmosfery dla fal elektromagnetycznych w różnych obszarach widma



Ryc. 2. Pierwszy radioteleskop Obserwatorium Krakowskiego konstrukcji inż. Leona Kowalskiego



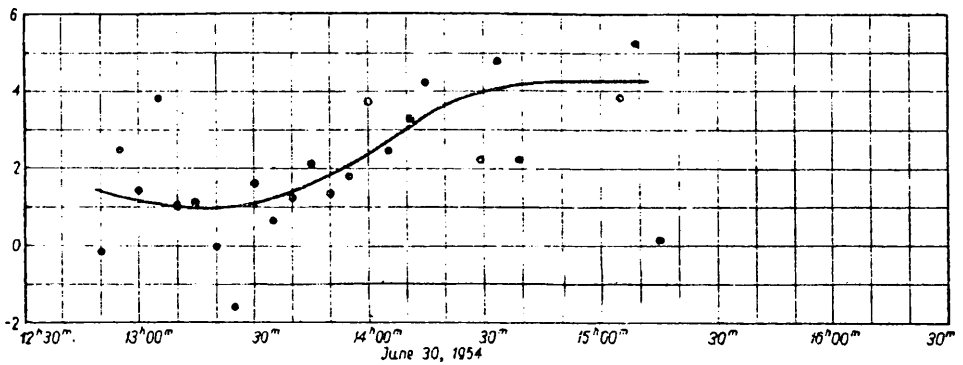
Ryc. 5. Kopuła z armatą na forcie Skała, obok Oleg Czyżewski



Ryc. 6. Prace nad uruchamianiem aparatury – na górnym zdjęciu przy aparaturze odbiorczej od lewej Oleg Czyżewski, Adam Strzałkowski i Jerzy de Mezer, na dolnym przy radioteleskopie na pierwszym planie Jerzy de Mezer, na dalszym Oleg Czyżewski, przy aparaturze odbiorczej Adam Strzałkowski



Ryc. 7. Ekipa filmowa na Skale w czasie całkowitego zaćmienia Słońca 30 czerwca 1954 r. Trzeci, czwarty i piąty od prawej kolejno: Jerzy de Mezer, Oleg Czyżewski i Adam Strzałkowski



Ryc. 8. Wyniki obserwacji promieniowania Słońca w czasie zaćmienia 30 czerwca 1954 r.

Radio Frequency Observations of the Solar Eclipse of June 30, 1954

by

J. Masłowski

SUMMARY: Observations of solar radio radiation during the eclipse of June 30, 1954 were carried out¹⁾ by the Military Academy of Technology on 50 cm wave-length (600 MHz).

The present paper contains a description of the apparatus, the method of measurement and the chief effects responsible for systematic errors. The eclipse curve has been deduced and a model of the distribution of brightness over the solar disc is given.

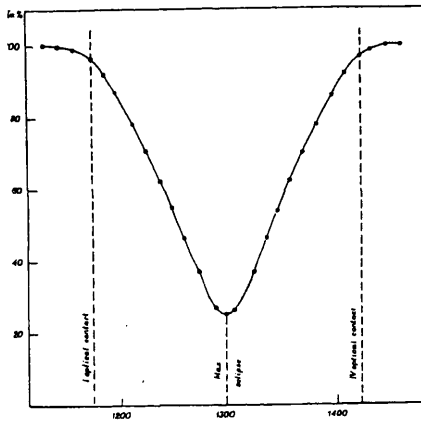
Vol. 7 *Radio Observations of Solar Eclipses* 203

Fig. 5. The adjusted eclipse curve obtained in Bemowo on 600 MHz.

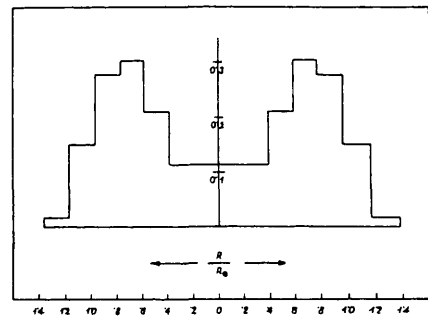
206 *J. Masłowski* A. A.

Fig. 7. Model of brightness distribution on 600 MHz.

Ryc. 9. Fragment pierwszej pracy opublikowanej w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, poświęconej interpretacji wyników radiowych obserwacji zaćmienia Słońca na fali o długości 50 cm (600 MHz), wykonanych przez Wojskową Akademię Techniczną w Bemowie k. Warszawy. Lewy rysunek przedstawia przebieg strumienia radiowego (wyrażony w procentach) w funkcji czasu w czasie zaćmienia, prawy rysunek przedstawia uzyskany rozkład jasności radiowej na tarczy Słońca (przekrój przez równik słoneczny) w funkcji promienia fotosfery. Wyraźnie widoczne jest radiowe pojaśnienie brzegowe i znacznie większy rozmiar tarczy Słońca widziany w promieniowaniu radiowym niż rozmiar fotosfery ($R=1$)

810 MHz Radio Bursts in Correlation with Chromospheric Flares

by

O. Czyżewski

The object of this paper is a study of the correlation between solar radio bursts of a frequency of 810 MHz observed from 1957, October 1, to 1958, December 31, and chromospheric flares. Daily observations were performed from 9^h to 12^h U. T. The hours of observations amounted to a total of 1230.

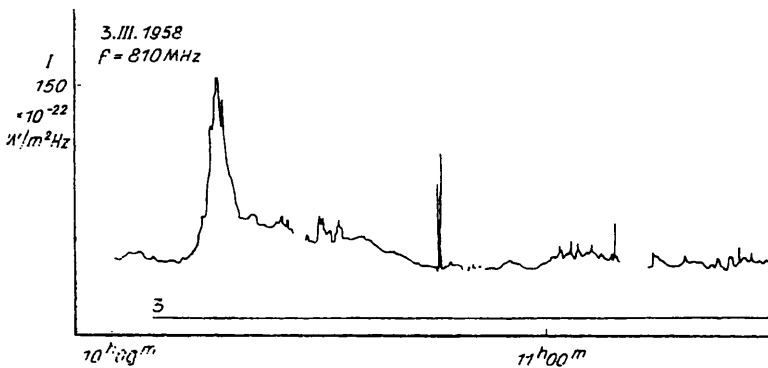
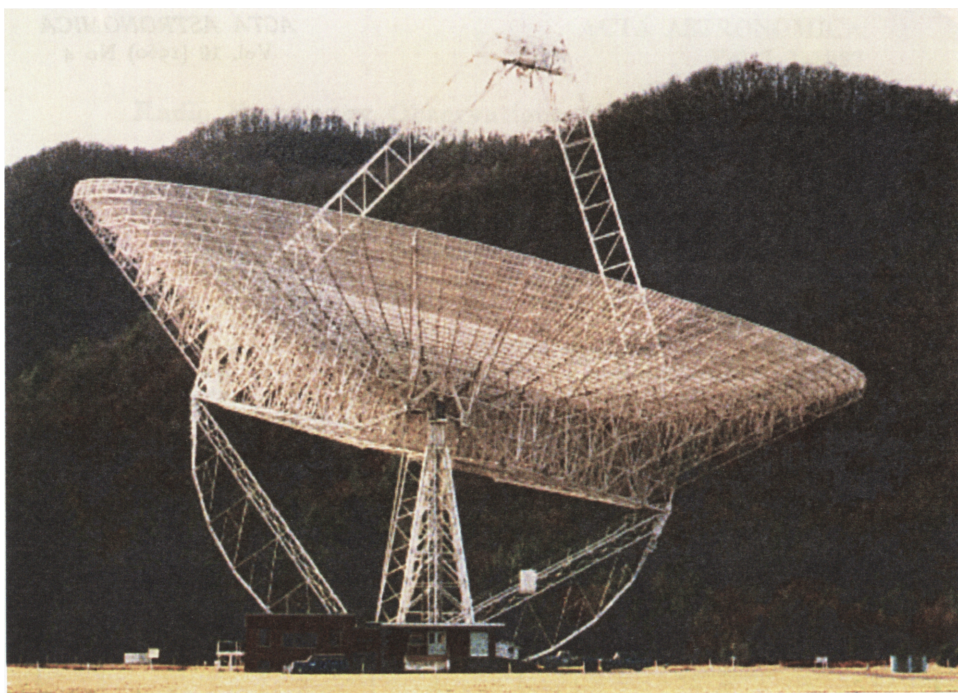


Fig. 4. Example of radio event correlated with flare.

Ryc. 10. Fragment pierwszej pracy opublikowanej w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, poświęconej interpretacji fizycznej zaobserwowanych w Krakowie wybuchów radiowych na Słońcu w okresie od 1. 10. 1957 do 31. 12. 1958 (1230 godzin obserwacji) na fali 37 cm i ich 100-procentowej korelacji z rozbłyskami chromosferycznymi typu 2+, 3 oraz 3+, będącymi ich prekursorami. Dołączony rysunek przedstawia typowy przebieg wybuchu w funkcji czasu, skorelowany z rozbłyskami chromosferycznymi typu 3 (linia pozioma, równoległa do osi czasu)



Ryc. 11. Radioteleskop o średnicy 91.5 metra w National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, West Virginia, USA, pracujący jako instrument przejściowy, używany przez Józefa Masłowskiego w 1970 i 1971 r., a następnie przez Jerzego Machalskiego w 1975 r. do wykonania pierwszych większych przeglądów radiowych nieba na częstotliwości 1400 MHz (przeglądy GB, GB2 i GB3) celem detekcji radioźródeł słabych (strumień $S(1400) > 90$ mJy), które dotychczas nie były znane, i uzyskania kompletnych próbek do studiów statystycznych oraz badania ich ewolucji kosmologicznej. Radioteleskop ten był oddany do użytku radioastronomów pod koniec 1962 roku

Astron. & Astrophys. 14, 215, (1971)

A Green Bank Sky Survey in Search of Radio Sources at 1400 MHz I. A Spectral Analysis of the 5C1 Sources

J. MASŁOWSKI*

National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, West Virginia**

Received March 3, revised May 27, 1971

The NRAO 300-foot telescope has been used to make a survey of the sky at 1400 MHz in a 6° strip of declination between $+45^\circ 8'$ and $+51^\circ 7'$ and between right ascension $7^h 17^m$ and $16^h 23^m$. This paper presents a map of the full survey and gives a brief description of the observations and the reduction procedure. The region of the survey that overlapped the 5C1 survey is also briefly discussed. A limiting flux density $S = 0.09 \times 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ of the survey has been reached.

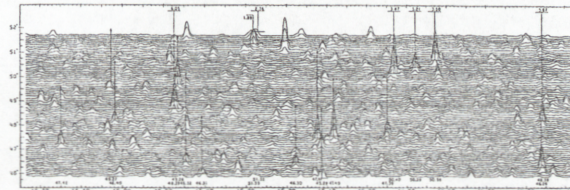


Fig. 2a. Survey at 1400 MHz (epoch 1970.25). One flux unit corresponds to one degree of declination on the vertical axis (see text).

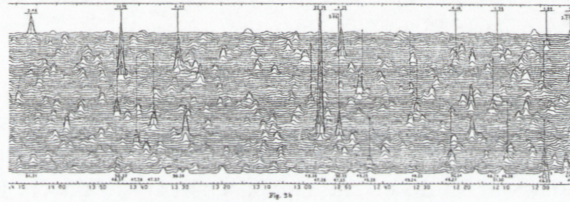


Fig. 2b.

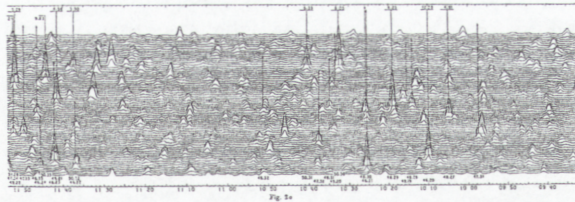


Fig. 2c.

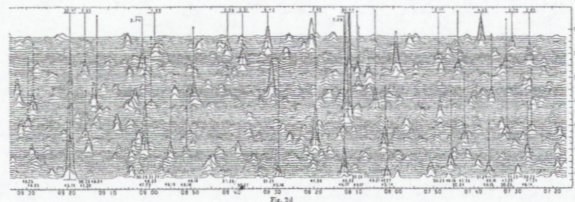
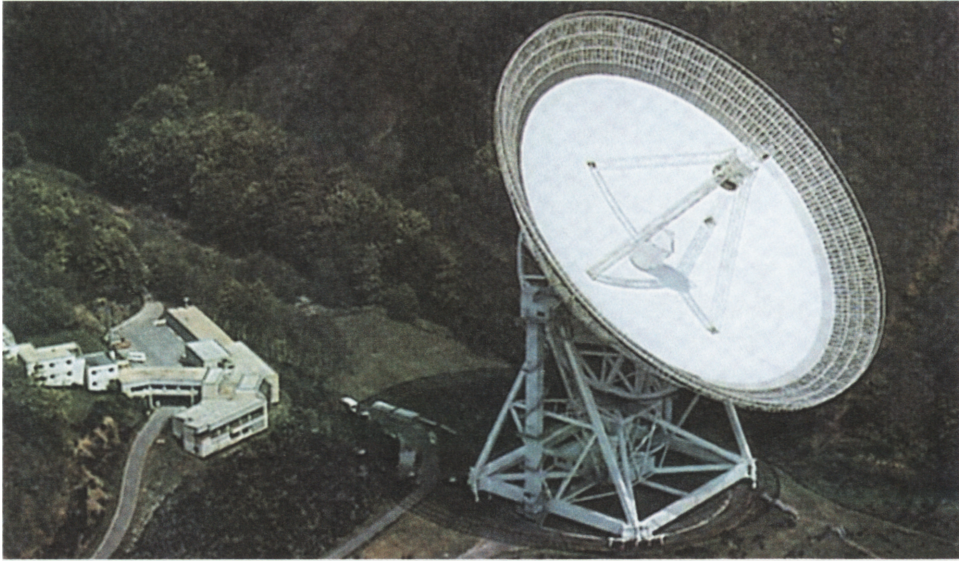
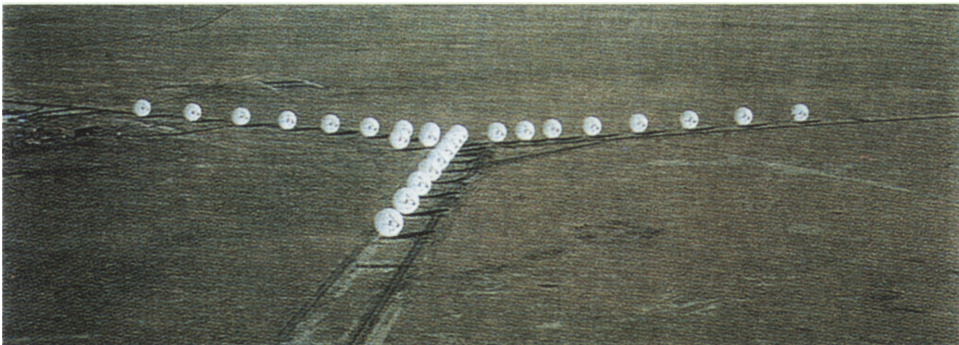


Fig. 2d.

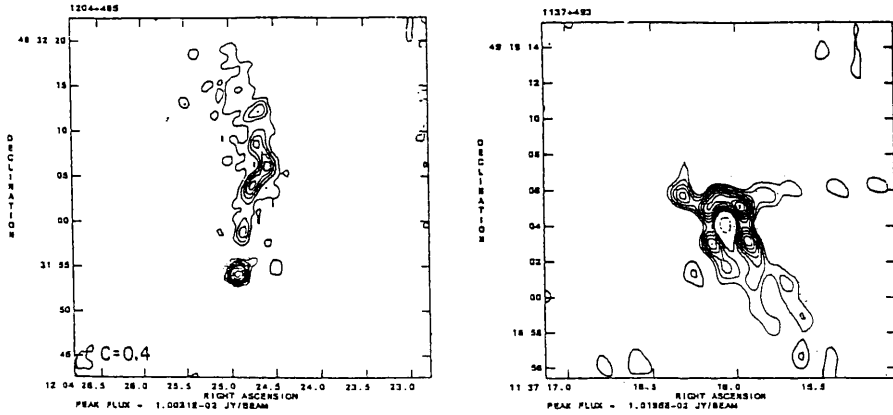
Ryc. 12. Radiowa mapa obszaru nieba GB, uzyskana przez Józefa Masłowskiego z obserwacji 91.5-metrowym radioteleskopem. Na osi odciętych odłożona jest rektascensja, a na osi rzędnych – deklinacja. Najślabsze, wyraźnie widoczne radioźródła mają strumienie 90 mJy (przekraczają 5-krotnie poziom szumów własnych). Linie pionowe wyznaczają pozycje uprzednio znanych radioźródeł, odkrytych na częstości 178 MHz (katalog 3C – Cambridge). Łatwo można zauważyć, że kilkanaście z nich miało błędnie wyznaczoną pozycję



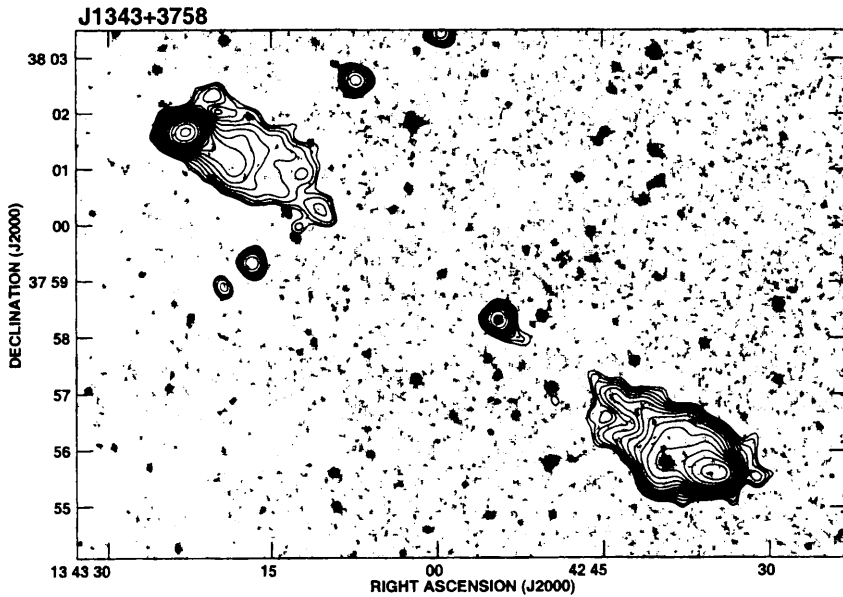
Ryc. 13. Największy na świecie, w pełni ruchomy i komputerowo sterowany radioteleskop, usytuowany w Effelsbergu w Niemczech, w Max-Planck-Institut für Radioastronomie, użyty przez Józefa Masłowskiego w 1976 i 1978 r. do wykonania kilku radiowych przeglądów niewielkich obszarów nieba (oznaczonych 5C2, 5C6 i GB) na częstotliwości 4850 MHz (fala 6cm) dla wyznaczenia krzywej zliczeń radioźródeł oraz do pomiaru strumienia radioźródeł GB do badań ich własności spektralnych. Radioteleskop ten był również użyty przez Marka Urbanika do pomiarów polaryzacji promieniowania radiowego galaktyk spiralnych i wyznaczenia struktury ich pól magnetycznych



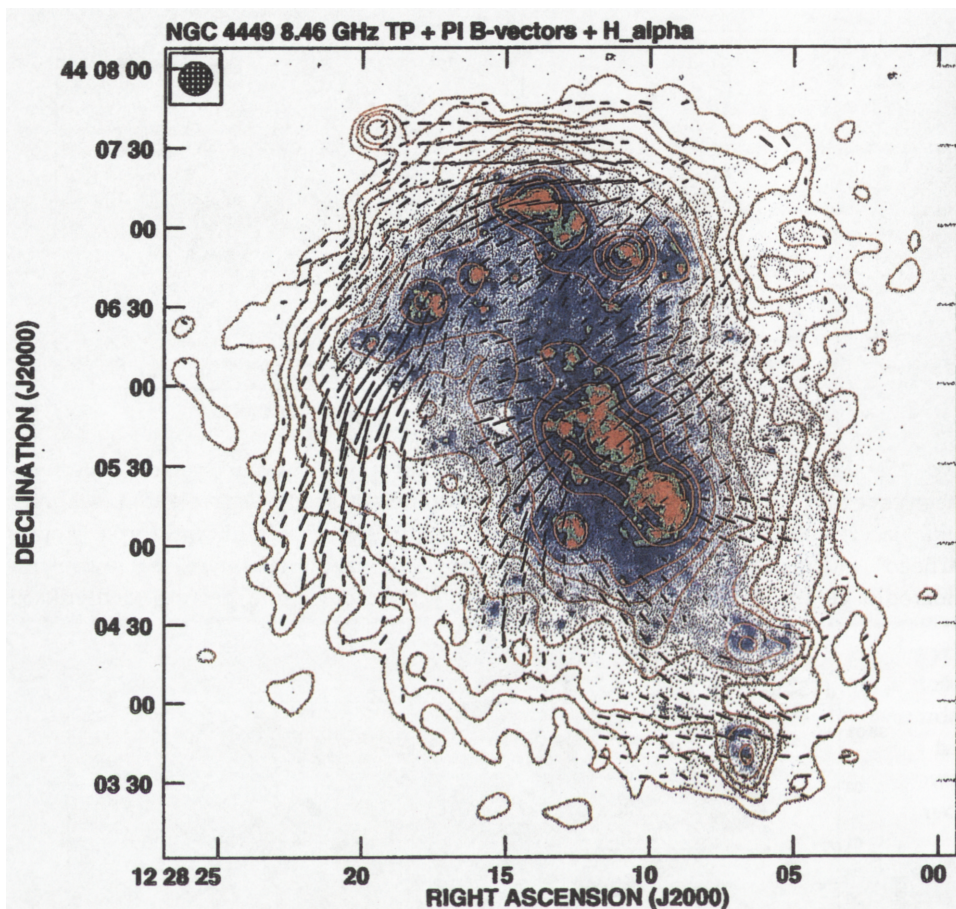
Ryc. 14. System interferometryczny, Very Large Array (VLA), na płaskowyżu St. Augustin w Nowym Meksyku, USA, złożony z 27 anten o średnicy 25 metrów każda, z możliwością ich przemieszczania wzdłuż torowisk ułożonych w kształcie litery Y na odległość do 30 km. Zdolności rozdzielcze systemu sięgają ułamka sekundy łuku i zależą od częstotliwości, na której prowadzone są obserwacje, oraz od rozmieszczenia anten na torowiskach. Wystarczy kilkuminutowa obserwacja, aby uzyskać pełny obraz radioźródła. System ten był użyty przez Jerzego Machalskiego i Józefa Masłowskiego do otrzymania struktur radioźródeł odkrytych w obszarach GB i GB2 oraz 5C6



Ryc. 15. Przykładowe mapy radioźródeł, uzyskane przy użyciu systemu interferometrycznego VLA w Green Bank, USA, ze zdolnością rozdzielczą około 1 sekundy łuku na częstotści 5 GHz. Po lewej radioźródło GB1204+485 o strukturze typu „kometarnego”, zidentyfikowane z obiektem optycznym gwiazdopodobnym, po prawej radioźródło GB1137+493 o strukturze typu „C” - brak optycznie pewnej identyfikacji

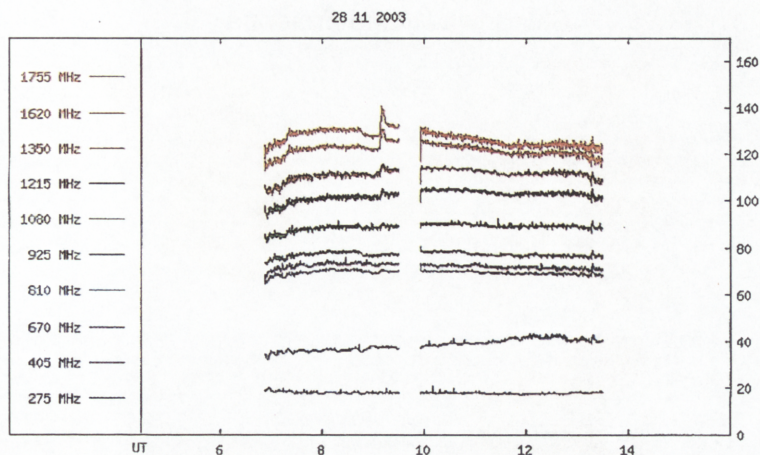


Ryc. 16. Mapa radiowa (kontury oznaczają wzrastające natężenie promieniowania) trzeciej pod względem rozmiaru liniowej radiogalaktyki we Wszechświecie (3.14 Mpc), odkrytej przez J. Machalskiego i M. Jamrozego. Kontury radiowe nałożone są na obraz optyczny nieba. Widać centralny zwarty składnik radiowy, pokrywający się z obrazem oddległej galaktyki, co oznacza istnienie w niej aktywnego jądra galaktycznego (ang. AGN)

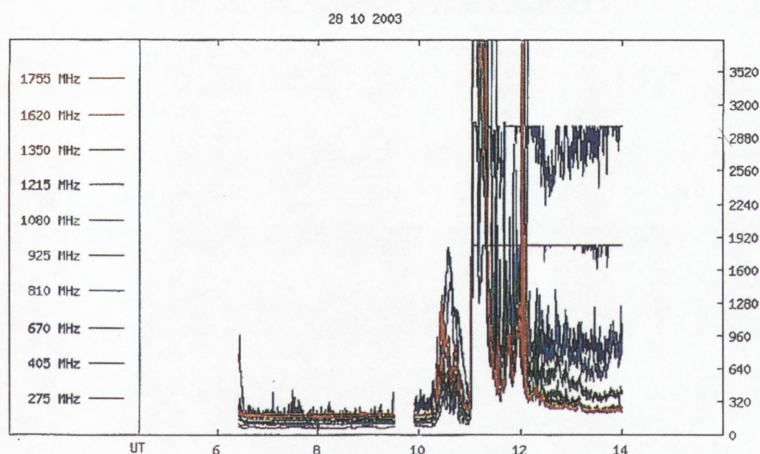


Ryc. 17. Mapa galaktyki nieregularnej NGC 4449, uzyskana przez nałożenie wyników obserwacji systemem interferometrycznym VLA (USA) z wynikami ze stumetrowego radioteleskopu MPIfR oraz obserwacji w linii H α . Kontury (brązowe) wskazują kształt galaktyki na falach radiowych, wektory (czarne) – strukturę pola magnetycznego, a tło (kolorowe) – kształt galaktyki w linii H α . Widać wyraźnie istniejące silne, koherentne pole magnetyczne, wymagające opracowania nowych teorii jego ewolucji

Słońce spokojne:

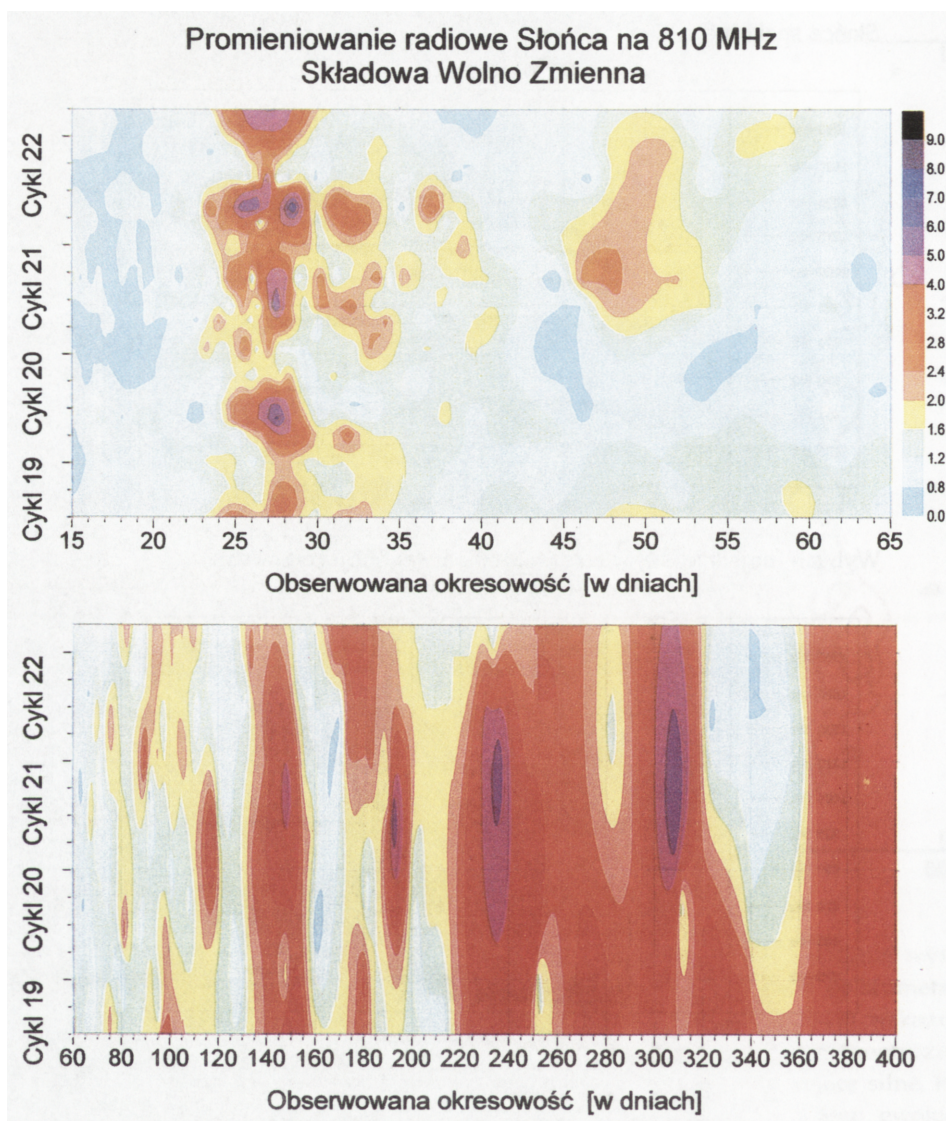


Wybuch (najsilniejszy w całej historii obserwacji radiowych):



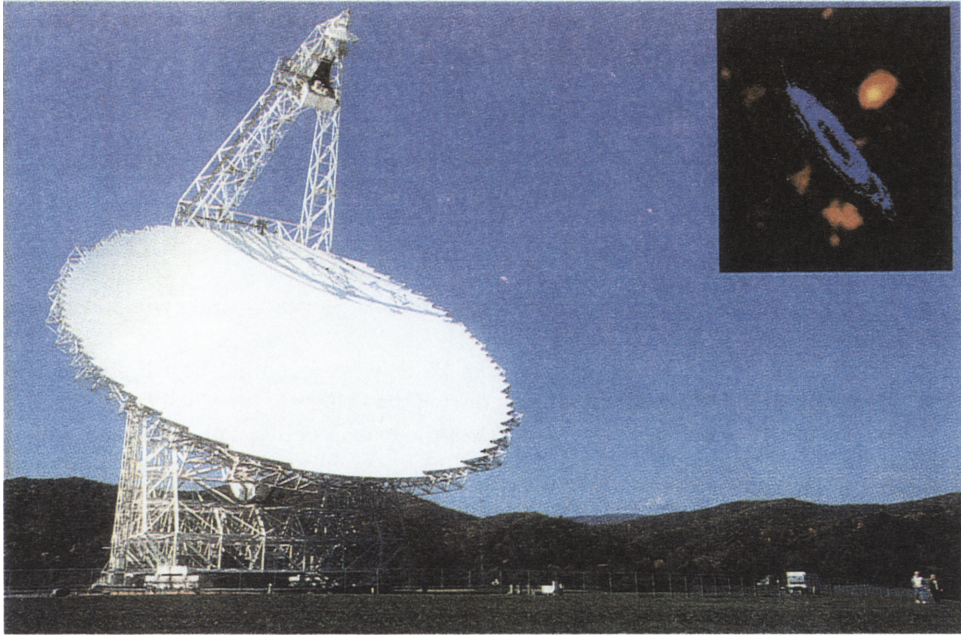
Skala pionowa w jednostkach słonecznych SU

Ryc. 18. Komputerowy zapis natężenia promieniowania radiowego Słońca, obserwowanego w OAUJ równocześnie na 10 częstościach (ramka po lewej stronie) w jednostkach absolutnych strumienia, pokazanych na osi rzędnych. Na osi odciętych – czas uniwersalny w godzinach. Na górnym rysunku – zapis przebiegu promieniowania Słońca spokojnego z 28 listopada 2003, zaś na rysunku dolnym – zapis przebiegu promieniowania Słońca wzbudzonego 28 października 2003 z najsilniejszym wybuchem radiowym w całej historii obserwacji, o natężeniu promieniowania niemieszczącym się w dostępnej skali instrumentalnej. Widoczna przerwa w zapisach jest spowodowana wykonywaniem kalibracji instrumentu



Krakowskie obserwacje radiowe Słońca. Opracowanie danych i analiza wykonana przez S. Ziębę.

Ryc. 19. Zmiany w okresowościach Składowej Wolno Zmiennej, obserwowane w promieniowaniu radiowym Słońca na fali 37 cm w Krakowie. Na osi odciętych - okresowość w dniach, na osi rzędnych - kolejne 11-letnie cykle aktywności Słońca (lata 1957–2004). Łatwo zauważyć pojawianie się lub zanikanie pewnych okresowości z cyklu na cykl, a nawet wewnątrz jednego cyklu



Ryc. 20. Nowy, oddany na początku 2004 roku do użytku w pełni sterowany radioteleskop (GBT – Green Bank Teleskope), w National Radio Astronomy Observatory w Green Bank, West Virginia, USA, który zastąpił zniszczony pod koniec 1988 roku 91.5-metrowy radioteleskop. Czasza tego nowego radioteleskopu jest pozaosiowym wycinkiem paraboloidy o rozmiarach 100 na 110 metrów i obecnie jest największym na świecie instrumentem radioastronomicznym w pełni sterowanym komputerowo, pracującym w zakresie fal od metrowych aż do fal milimetrycznych. W planach krakowskich radioastronomów jest jego użycie do obserwacji ruchów obłoków wodoru neutralnego (HI) wokół galaktyk spiralnych i w gromadach galaktyk

**Bibliografia prac z radioastronomii w Obserwatorium Astronomicznym
Uniwersytetu Jagiellońskiego**

**A) Prace oparte na danych obserwacyjnych uzyskanych w Krakowskim
Ośrodku Radioastronomicznym**

- 1) Wstępne wyniki radiowych obserwacji zaćmienia Słońca w Krakowie 30 czerwca 1954.
O. Czyżewski, J. de Mezer, A. Strzałkowski, *Postępy Astronomii*, 1954, t. II, str. 148-150
- 2) Observations of Solar Radio Radiation during the Eclipse of June 30, 1954.
O. Czyżewski, J. de Mezer, A. Strzałkowski, *Acta Geophys. Polonica*, 1955, Vol. 3, p. 155.
- 3) Aparatura radioteleskopu krakowskiego.
O. Czyżewski, *Postępy Astronomii*, 1958, t. VI, str. 149-154.
- 4) Automatyczne sterowanie anteną radioteleskopu krakowskiego.
J. Masłowski, *Postępy Astronomii*, 1959, t. VII, str. 266.
- 5) Radio Frequency Observations of the Solar Eclipse of June 30, 1954.
J. Masłowski, *Acta Astronomica*, 1957, Vol. 7, pp. 199-207.
- 6) O radioteleskopie krakowskim.
K. Kozieł, *Postępy Astronomii*, 1958, t. VI, str. 148.
- 7) Cracow Solar Radio Observations.
K. Kozieł, *Acta Geophys. Polonica*, 1959, Vol. VII, p. 478.
- 8) Cracow Solar Radio Observations.
K. Kozieł, *Acta Geophys. Polonica*, 1960, Vol. VIII, p. 48 and 177.
- 9) 810 MHz Radio Bursts in Correlation with Chromospheric Flares.
O. Czyżewski, *Acta Astronomica*, 1960, Vol. 10, pp. 247-256.
- 10) Krakowskie obserwacje radiowe zaćmienia Słońca w dniu 15 lutego 1961 w pasmie 810 MHz i 405 MHz.
O. Czyżewski, K. Kozieł, J. Masłowski, *Postępy Astronomii*, 1962, t. X, str. 63.
- 11) Cracow Solar Radio Observations for April 1959 - June 1960.
K. Kozieł, *Acta Astronomica*, 1962, Vol. 12, p. 84.13.
- 12) On the Correlation between 810 Mc/s Radio Bursts and Chromospheric Flares.
J. Machalski, S. Zięba, *Publication of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Science*, 1965, No. 51, pp. 162-168.
- 13) Dienne zmiany poziomu promieniowania Słońca na częstotliwości 810 MHz w okresie minimum aktywności.
S. Zięba, *Postępy Astronomii*, 1966, t. XIV, str. 106.
- 14) The Occurrence of Type IV Radiation in the 19th Cycle of Solar Activity.
J. Machalski, *Acta Astronomica*, 1967, Vol. 18, pp. 397-407.
- 15) The Quiet Sun Radiation at 810 MHz during the Minimum of Solar Activity in 1964.

- S. Zięba, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1969, No. 77, pp. 45-49.
- 16) On Mutual Shifts of Minima of Solar Radio Emission at Various Wavelengths during 1963-1965.
S. Zięba, A. Michalec, *Solnetchnyje Dannye*, 1971, No. 9, pp. 101-106.
- 17) The 15 m Cracow Radiotelescope. I. Technical Description and Observational Possibilities.
J. Machalski, J. Masłowski, *Acta Astronomica*, 1972, Vol. 22, ss. 419-425.
- 18) The 15 m Cracow Radiotelescope. II. Radioastronomical Tests of the Antenna for Background Measurements.
J. Machalski, *Acta Astronomica*, 1973, Vol. 23, pp. 319-330.
- 19) Uwagi na temat promieniowania radiowego Słońca w pasmie decymetrowym.
S. Zięba, *Postępy Astronomii*, 1973, t. XXI, str. 305-311.
- 20) The 810 MHz Solar Radio Emission in the Years 1957-1967.
S. Zięba, *Acta Astronomica*, 1973, 23, pp. 159-167.
- 21) Własności wybuchów promieniowania radiowego Słońca obserwowanych w Krakowie w pasmie 810 MHz w latach 1957-1967.
S. Zięba, I Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, W-wa 1975, str. 120-122.
- 22) Radioteleskopy Obserwatorium Astronomicznego UJ. Konstrukcja, wyposażenie i zastosowanie do obserwacji radioastronomicznych.
J. Machalski, M. Urbanik, I Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, W-wa 1975, str. 112-114.
- 23) Statistical Analysis of Time Properties of 196 Broad Band Solar Radio Bursts Observed in Cracow in the Years 1966-1970.
R. Guła, S. Zięba, *Acta Astronomica*, 1975, 25, pp. 427-438.
- 24) Variations of the Basic Component of Solar Radio Emission in the Years 1957-1967.
S. Zięba, R. Guła, *Acta Astronomica*, 1976, 26, pp. 55-67.
- 25) The 810 MHz Solar Radio Bursts in the Years 1957-1967. I. Observational Data.
S. Zięba, R. Guła, A. Michalec, *Acta Astronomica*, 1976, 26, pp. 351-369.
- 26) Spectra of the Basic Component of Solar Radio Emission.
S. Zięba, R. Guła, A. Michalec, *Acta Astronomica*, 1977, 27, pp. 81-86.
- 27) Promieniowanie radiowe Słońca.
M. Jaszczewska, IX Sesja Astronomiczna, Dąbrowa Górnicza, 1980, str. 35-42.
- 28) Monthly Report on Solar Radio Emission – praca zespołowa.
Vol. 1, No. 1-12, 1980, str. 1-83.
Vol. 2, No. 1-12, 1981, str. 1-83.
Vol. 3, No. 1-12, 1982, str. 1-94.
Vol. 4, No. 1-12, 1983, str. 1-72.
Vol. 5, No. 1-12, 1984, str. 1-61.
Vol. 6, No. 1-12, 1985, str. 1-54.
Vol. 7, No. 1-12, 1986, str. 1-58.
Vol. 8, No. 1-12, 1987, str. 1-55.
Vol. 9, No. 1-12, 1988, str. 1-77.
Vol. 10, No. 1-12, 1989, str. 1-91.
Vol. 11, No. 1-12, 1990, str. 1-66.

- Vol. 12, No. 1-12, 1991, str. 1-85.
Vol. 13, No. 1-10, 1992, str. 1-78.
Vol. 16, No. 1- 9 , 1995, str. 1-25.
- 29) The 810 MHz Solar Radio Emission in the Years 1968-1970.
S. Zięba, M. Jaszczewska, A. Michalec, *Acta Astronomica*, 1982, 32, pp. 93-110.
 - 30) Obserwację radiowe Słońca w Obserwatorium Astronomicznym UJ.
Solar Activity – Materiały z sesji astronomicznych.
S. Zięba, Dąbrowa Górnicza, 1985, No. 4, str. 72-73.
 - 31) Aktywność Słońca a historia.
A. Michalec, *Urania*, 1986, No. 4, str. 120-122.
 - 32) The 810 MHz Solar Radio Emission in the Years 1971-1976.
S. Zięba, M. Hankus, A. Michalec, *Acta Astronomica*, 1986, 36, pp. 219-239.
 - 33) Aktywność Słońca a historia.
Solar Activity – Materiały z sesji astronomicznych.
A. Michalec, Dąbrowa Górnicza, 1986, No. 5, str. 7-11.
 - 34) O podstawowych momentach w 11-letnim cyklu słonecznym.
Solar Activity – Materiały z sesji astronomicznych.
A. Michalec, Dąbrowa Górnicza, 1989, No. 7, str. 8-12.
 - 35) 33-letnia seria krakowskich obserwacji radiowych Słońca.
A. Michalec, *Postępy Astronomii*, 1991, t. 39, str. 90-91.
 - 36) Zatopieni w Słońcu.
A. Michalec, *Urania*, 1992, No. 5, str. 136-141.
 - 37) 23rd Cycle of Solar Activity in the Light of 34 Years of Cracow Observations of Solar Radio Emission.
A. Michalec. *Inside the Stars*, 1993, IAU Colloquium 137, ASP Conference Series, Vol. 40, pp. 87-89. Eds. W. W. Weiss and A. Baglin, San Francisco.
 - 38) The 810 MHz Solar Radio Emission in the Years 1977-1979.
S. Zięba, A. Michalec, K. T. Chyży, *Acta Astronomica*, 1993, Vol. 43, pp. 259-287.
 - 39) Nowości z Obserwatorium Astronomicznego UJ.
A. Michalec, *Acta Universitatis Jagellonicae*, 1995, Nr 2 (195), str. 12-13.
 - 40) Nowy radioteleskop w Krakowie.
A. Michalec, S. Zięba, *Postępy Astronomii*, 1995, t. 43, str. 176-177.
 - 41) Krakowski 8m radioteleskop do obserwacji spektralnych w zakresie fal decymetrowych.
S. Zięba, A. Kułak, J. Machalski, J. Masłowski, A. Michalec, VIII Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, Wrocław 1996, str. 233-234.
 - 42) Interaction of Cosmic Ray Nuclei with the Sun.
A. Michalec, J. Kempa, *Proc. of the International Workshop XXVI on Gross Properties of Nuclei and Nuclear Excitations*. Ed. by M. Buballa, W. Norenberg, J. Wambach and A. Wirzba. Hirscheegg, Austria, January 11-17, 1998, pp. 247-253.
 - 43) Aktywność Słońca a pole geomagnetyczne.
A. Michalec, *Konferencja Ekologia i Zdrowie, Kołobrzeg 28-30 XI 1998* Wyd. Komisja Ochrony Zdrowia Społecznego PAN, Kraków, 1998, str. 145-147.
 - 44) Zmiany promieniowania radiowego Słońca na falach decymetrowych w fazie wzrostu aktywności XXIII cyklu słonecznego.

- S. Zięba, J. Masłowski, A. Michalec, A. Kułak, IX Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, Poznań 1999, str. 243.
- 45) Zaćmienie Słońca w 1999 roku.
A. Michalec, Ekologia i Zdrowie. Wyd. Komisja Ochrony Zdrowia Społecznego PAN, Rzeszów 1999, str. 171-173.
- 46) Olśnienie 1999.
A. Michalec, Numer specjalny Urania – Postępy Astronomii, 1999, tom LXX, str. 23.
- 47) Interpolacja typu „kriging” na przykładzie obserwacji radiowych Słońca.
K. Maślanka, A. Michalec, Wyd. Wave Methods and Mechanics in Biomedical Engineering, Ed. R. Panuszka, M. Iwaniec, E. Reron, Kraków-Zakopane 2000, str. 187-190.
- 48) Aktywność Słońca w naszym tysiącleciu. Wyd. Wave Methods and Mechanics in Biomedical Engineering.
A. Michalec, K. Maślanka, J. Masłowski, A. Kułak, S. Zięba, Ed. R. Panuszka, M. Iwaniec, E. Reron, Kraków-Zakopane 2000, str. 197-202.
- 49) Periodicities in data observed during the minimum and the rising phase of solar cycle 23; years 1996-1999.
S. Zięba, J. Masłowski, A. Michalec, A. Kułak, Astron. Astrophys. 2001, Vol. 377, pp. 297-311.
- 50) Relation of Schumann Resonances and Ionospheric Parameters to Solar Activity.
A. Kułak, J. Kubisz, A. Michalec, G. Michałek, S. Zięba. Proc. SOHO 11 Symposium, „From Solar Min to Max: Half a Solar Cycle with SOHO”, Davos, 11-15 March 2002 (ESA SP-508, June 2002), pp. 485-488.
- 51) Pomiar zmian współczynnika tłumienia pola ELF w 23 cyklu aktywności słonecznej.
A. Kułak, J. Kubisz, S. Micek, A. Michalec, Z. Nieckarz, S. Zięba, X Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych URSI, Poznań, 14-15 marca 2002, str. 273-276.
- 52) Solar variations in extremely low frequency propagation parameters: I. A two-dimensional telegraph (TDTE) model of ELF propagation and fundamental parameters of Schumann resonances.
A. Kułak, S. Zięba, S. Micek, Z. Nieckarz, Journal of Geophys. Research, 2003, Vol. 108, No. A7, p. 1270.
- 53) Solar variations in extremely low frequency propagation parameters: 2. Observations of Schumann resonances and computation of the ELF attenuation parameter.
A. Kułak, J. Kubisz, A. Michalec, S. Zięba, Z. Nieckarz, Journal of Geophys. Research, 2003, Vol. 108, No. 108, p. 1271.

B) Prace oparte na danych obserwacyjnych uzyskanych w zagranicznych ośrodkach radioastronomicznych (uwzględniono tylko prace recenzowane, opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym)

- 54) Extragalactic Radio Sources and an Attempt of their Classification.
J. Masłowski, 1967, Acta Astron., Vol. 17, 77.
- 55) Gravitational Collapse in the General Relativity.
J. Masłowski, 1968, Acta Astron., Vol. 18, 77.

- 56) A Green Bank Sky Survey in Search of Radio Sources at 1400 MHz. I. A Spectral Analysis of the 5C1 Sources.
J. Masłowski, 1971, *Astr. Astroph.*, Vol. 14, 215.
- 57) A Green Bank Sky Survey in Search of Radio Sources at 1400 MHz. II. Spectral Properties of the 5C1 and 5C2 Sources.
J. Masłowski, 1972, *Astr. Astroph.*, Vol. 16, 197.
- 58) A Green Bank Sky Survey in Search of Radio Sources at 1400 MHz. III. Positions and Flux Densities of the GB Sources.
J. Masłowski, 1972, *Acta Astronomica*, Vol. 22, 227.
- 59) A Green Bank Sky Survey in Search of Radio Sources at 1400 MHz. IV. Anisotropy and Counts of Radio Sources.
J. Masłowski, 1973, *Astr. Astroph.*, Vol. 26, 343.
- 60) Observed Anisotropy in the Distribution of Radio Sources in the GB Region of the Sky. I. Non-randomness Distribution of GB Sources.
J. Masłowski, J. Machalski, S. Zięba, 1973, *Astron. Astroph.*, Vol. 28, 289.
- 61) Observational Evidence of Inhomogeneous Universe.
P. Flin, J. Machalski, J. Masłowski, M. Urbanik, A. Zięba, S. Zięba, 1973, *IAU Symp. No. 63*, 121.
Ed. M. S. Longair.
- 62) Observed Anisotropy in the Distribution of Radio Sources in the GB Region of the Sky. II. Counts of Sources in the Different Parts of the GB Region.
J. Masłowski, S. Zięba, J. Machalski, 1974, *Astron. Astroph.*, Vol. 33, 357.
- 63) The 2695 MHz Observations of GB Sources in the 5C Regions.
J. Masłowski, 1974, *Astron. Astroph.*, Vol. 36, 395.
- 64) 2695 MHz Observations of 4C and 4CP Radio Sources in the GB Region.
J. Masłowski, A. Michalec, 1976, *Acta Cosmologica*, Vol. 5, 35.
- 65) The Green Bank Surveys at 1400 MHz.
J. Masłowski, *Radio Astronomy and Cosmology*, 1977, 47, Ed. D. L. Jauncey.
- 66) A 4850 MHz Survey of the 5C6 Area.
J. Masłowski, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, H. Kuhr, 1981, *Astron. Astroph.*, Vol. 95, 285.
- 67) A Complete Sample of Intermediate Strength Radio Sources Selected from the GB/GB2 1400 MHz Surveys. I. Radio Spectra and optical Identifications of Sources Stronger than 0.55 Jy.
J. Machalski, J. Masłowski, 1982, *Astronom. Journal*, Vol. 87, 1132.
- 68) A Complete Sample of Intermediate Strength Radio Sources Selected from the GB/GB2 1400 MHz Surveys. II. High-resolution Maps and Optical Identifications of Sources with very Steep Spectra.
J. Machalski, J. Masłowski, J. J. Condon, M. A. Condon, 1982, *Astron. Journal*, Vol. 87, 1150.
- 69) A Deep Survey of the 5C2 Area at 4850 MHz.
J. Masłowski, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, H. Kuhr, 1984, *Astron. Astroph.*, Vol. 139, 85.

- 70) A 4850 MHz Survey of a Part of the „GB Region” and the Combined Counts of Sources.
J. Masłowski, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, H. Kuhr, 1984, *Astron. Astroph.*, Vol. 141, 376.
- 71) The Structure of Faint Radio Sources. I. VLA Observations and Optical Identifications.
J. Masłowski, K. I. Kellermann, 1988, *Astron. Journal.*, Vol. 95, 1659.
- 72) The Structure of Faint Radio Sources. II. VLA Observations and Optical Identifications of 9 Sources in the 6-cm Intermediate Source Survey.
J. Masłowski, K. I. Kellermann, K. Mitchell, 1993, *Astron. Journal.*, Vol. 105, 30.
- 73) On the Errors in Measurements of Ohio V Radio Sources in the Light of the GB Survey.
J. Machalski, 1975, *Acta Astronomica*, Vol. 25, 43.
- 74) A New Statistical Investigation of the Problem of Isotropy in Radio Source Population at 1400 MHz.
J. Machalski, 1977, *Astron. Astroph.*, Vol. 56, 53.
- 75) The Differential Radio Source Counts at 1400 MHz from the GB2 Sky Survey.
J. Machalski, 1978, *Astron. Astroph.*, Vol. 65, 157.
- 76) The Green Bank Second (GB2) Survey of Extragalactic Radio Sources at 1400 MHz. The Catalogue of Sources.
J. Machalski, 1978, *Acta Astronomica*, Vol. 28, 367.
- 77) Optical Identifications of Flat-spectrum Sources in the GB2 1400 MHz Survey.
J. J. Condon, M. A. Buckman, J. Machalski, 1979, *Astron. J.*, Vol. 84, 149.
- 78) Detailed Radio Spectra of Flat-spectrum Sources in the GB2 1400 MHz Survey.
J. Machalski, J. J. Condon, 1979, *Astron. J.*, Vol. 84, 164.
- 79) An Analysis of the Cosmological Evolution of Radio Sources, I. Spectral-index Dependent Counts of Sources and Spectral-index Distribution at 1400 MHz.
J. Machalski, 1980, *Astron. Astroph. Suppl.*, Vol. 41, 323.
- 80) An Analysis..., II. Evolution Functions for Flat-spectrum Sources at 1400 MHz.
J. Machalski, 1981, *Astron. Astroph. Suppl.*, Vol. 43, 91.
- 81) Further Evidence for the Strong Steepening of the Median Radio Spectrum with Decreasing Intensity of Sources Selected at 5 GHz.
J. Machalski, S. Ryś, 1981, *Astron. Astroph.* Vol. 99, 388.
- 82) A Complete Sample of Intermediate-Strength Radio Sources Selected from the GB/GB2 Surveys. III. High-resolution Observations and Optical Identifications of Sources with Normal or Flat Spectra.
J. Machalski, J. J. Condon, 1983, *Astron. J.*, Vol. 88, 143.
- 83) A Complete Sample of Intermediate-Strength Radio Sources Selected from the GB/GB2 Surveys. IV. VLA Observations and Optical Identifications of a Set of Sources with $0.20 < S < 0.55$ Jy.
J. Machalski, J. J. Condon, 1983, *Astron. J.*, Vol. 88, 71.
- 84) A Complete Sample of Intermediate-Strength Radio Sources Selected from the GB/GB2 Surveys. V. VLA Observations of Very Extended and Confused Sources.
J. Machalski, J. J. Condon, 1985, *Astron. J.*, Vol. 90, 5.

- 85) The GB/GB2 Sample of 122 Intermediate-Strength Radio Galaxies.
J. Machalski, J. J. Condon, 1985, *Astron. J.*, Vol. 90, 973.
- 86) The GB/GB2 Sample of Intermediate-Strength Quasars.
J. Machalski, J. J. Condon, 1986, *Astron. J.*, Vol. 91, 998.
- 87) The Green Bank (GB3) Survey of Extragalactic Radio Sources at 1400 MHz.
S. Ryś, J. Machalski, 1987, *Acta Astronomica*, Vol. 37, 163.
- 88) UBVRI Photometry of Bright GB/GB2 Radio Galaxies and Quasars.
J. Machalski, W. Z. Wiśniewski, 1988, *MNRAS*, Vol. 231, 1065.
- 89) Absolute Magnitude, Intrinsic Colours and Colour-magnitude Relation for Elliptical Radio Galaxies in the GB/GB2 Sample.
J. Machalski, 1988, *Acta Astronomica*, Vol. 38, 163.
- 90) VLA and CCD Observations of the Cluster of Radio Sources 1401+350.
J. Machalski, J. J. Condon, 1990, *Publ. Astr. Soc. Pac.*, Vol. 102, 53.
- 91) Compact Radio Sources in the GB/GB2 Sample. I. 10-GHz and 40-GHz Observations.
J. Machalski, M. Inoue, 1990, *MNRAS*, Vol. 243, 209.
- 92) Radio Variability in Complete Samples of Extragalactic Radio Sources at 1.4 GHz.
S. Ryś, J. Machalski, 1990, *Astron. Astroph.*, Vol. 236, 15.
- 93) Radio and Optical Properties of the GB/GB2 Quasar Sample, I. Spectroscopy of Bright QSO and BL Lac Candidates.
J. Machalski, 1991, *Acta Astronomica*, Vol. 41, 39.
- 94) Radio and Optical Properties of the GB/GB2 Quasar Sample, I. BVR Photometry of Faint QSO Candidates.
J. Machalski, 1992, *Acta Astronomica*, Vol. 42, 335.
- 95) High-frequency Variability of Extragalactic Radio Sources, I. A Dependence of the Apparent Variability on Wavelength, Time Based Observations, and Rate of Time Sampling.
J. Machalski, P. Magdziarz, 1993, *Astron. Astroph.*, Vol. 267, 363.
- 96) High-frequency Variability of Extragalactic Radio Sources, II. A Multi-frequency Model of Variability.
P. Magdziarz, J. Machalski, 1993, *Astron. Astroph.*, Vol. 275, 405.
- 97) Deep Optical Identifications of Compact Radio Sources Selected from the GB/GB2 Sample.
J. Machalski, P. Magdziarz, 1993, *Astron. Astroph. Suppl.*, Vol. 102, 315.
- 98) 1308+328 : A New Highly Variable Extragalactic Object.
J. Machalski, D. Engels, 1994, *MNRAS*, Vol. 266, L69.
- 99) The Radio, Optical and X-ray Properties of the Radio Source 0927+352.
J. Machalski, N. W. Brandt, 1996, *MNRAS*, Vol. 282, 1305.
- 100) The Revised GB/GB2 Sample of Extragalactic Radio Sources.
J. Machalski, 1998, *Astron. Astroph. Suppl.*, Vol. 128, 153.
- 101) Radio Emission from Galaxies in the Las Campanas Redshift Survey.
J. Machalski, J. J. Condon, 1999, *Astrophys. J. Suppl.*, Vol. 123, 41.
- 102) GB2 0909+353 : One of the Largest Double Radio Source.
M. Jamroz, J. Machalski, *Acta Astronomica*, Vol. 49, 181.
- 103) 1.4 GHz Luminosity Function of Galaxies in the Las Campanas Redshift Survey and its Evolution.

- J. Machalski, W. Godłowski, 2000, *Astron. Astroph.*, Vol. 360, 463.
- 104) J1343+3758: The Third Largest FR II-type Radio Galaxy in the Universe.
J. Machalski, M. Jamroz, 2000, *Astron. Astroph.*, Vol. 363, L17.
- 105) Radial Density and Density Evolution of Radio Galaxies in the Las Campanas Redshift Survey.
J. Machalski, W. Godłowski, 2001, *Astron. Astroph.*, Vol. 370, 923.
- 106) The New Sample of Giant Radio Sources, I. Radio Imaging, Optical Identification and Spectroscopy of Selected Candidates.
J. Machalski, M. Jamroz, S. Zoła, 2001, *Astron. Astroph.*, Vol. 371, 445.
- 107) Distribution of Radio Sources on Southern Hemisphere.
M. Urbanik, 1976, *Acta Cosmologica*, Vol. 5, 97.
- 108) A Comparison of Simulated Galaxy Clustering Models with Observations.
S. Zięba, M. Urbanik, K. Rudnicki, S. J. Aarseth, 1982, *Astron. Astrophys.*, Vol. 105, 21.
- 109) Large-Scale X-Ray and Radio Structures Associated with Compact Extragalactic Objects.
P. Biermann, K. Fricke, K. J. Johnston, H. Kuehr, I. I. K. Pauliny-Toth, Strittmatter, M. Urbanik, A. Witzel, 1982, *Astrophys. J. Lett.*, 252, L1.
- 110) A Survey of the Distribution of $\lambda 2.8$ cm Radio Continuum in Nearby Galaxies - NGC 253.
U. Klein, M. Urbanik, R. Beck, R. Wielebinski, 1983, *Astron. Astrophys.* 127, 177.
- 111) A Survey of the Distribution of $\lambda 2.8$ cm Radio Continuum in Nearby Galaxies - A Small Sample of Interacting Galaxies.
M. Urbanik, R. Graeve, U. Klein, 1985, *Astron. Astrophys.*, 152, 291.
- 112) A Survey of the Distribution of 2.8 cm Radio Continuum in Nearby Galaxies - Four Bright Virgo Cluster Spirals.
M. Urbanik, U. Klein, R. Graeve, 1986, *Astron. Astrophys.*, 166, 107.
- 113) The Radio Studies of Spiral Galaxies at 10.7 GHz.
Habilitation papers, M. Urbanik, 1987, Jagellonian University Press, No. 126. Kraków.
- 114) Acceleration of Cosmic Rays by Large Scale Galactic Spiral Shocks.
M. Urbanik, R. Beck, U. Klein, R. Graeve, 1989, *Astrophys. Space Sci.*, 156, 195.
- 115) Magnetic field in a turbulent galactic disks.
K. Otmianowska-Mazur, M. Urbanik, A. Terech, 1992, *Geoph. Astrophys. Fluid Dyn.*, 66, 209.
- 116) Helical magnetic field structure in M31?
M. Urbanik, K. Otmianowska-Mazur, R. Beck, 1994, *Astron. Astrophys.*, 287, 410.
- 117) 3D numerical simulations of the magnetic field evolution in a turbulent interstellar gas.
K. Otmianowska-Mazur, M. Urbanik, 1994, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, 75, 61.
- 118) The magnetic field in a perturbed spiral galaxy NGC 4254.
M. Soida, M. Urbanik, R. Beck., 1996, *Astron. Astrophys.*, 312, 409.
- 119) Observational signatures of axisymmetric galactic magnetic fields.
M. Urbanik, D. Elstner, R. Beck, 1997, *Astron. Astrophys.*, 326, 465.
- 120) Magnetic fields and strong density waves in the interacting galaxy NGC 3627.
M. Soida, M. Urbanik, R. Beck, R. Wielebinski, 1999, *Astron. Astrophys.* 345, 461.
- 121) Regular magnetic field in the dwarf irregular galaxy NGC 4449.

- K. Chyży, R. Beck, S. Kohle, U. Klein, M. Urbanik, 2000, *Astron. Astrophys.*, 355, 137.
- 122) Galactic magnetic fields and spiral arms – 3D dynamo simulations.
D. Elstner, K. Otmianowska-Mazur, S. von Linden, M. Urbanik, 2000, *Astron. Astrophys.*, 357, 138.
- 123) Detection of regular magnetic field in two flocculent galaxies.
J. Knapik, M. Soida, R. Beck, R. J. Dettmar, M. Urbanik, 2000, *Astron. Astrophys.*, 362, 920.
- 124) The thermal and non-thermal gaseous halo of NGC 5775.
R. Tüllmann, R. J. Dettmar, M. Soida, M. Urbanik, J. Rossa, 2000, *Astron. Astrophys.*, 364, L41.
- 125) Unusual magnetic fields in the interacting spiral NGC 3627.
M. Soida, M. Urbanik, R. Beck, R. Wielebinski, C. Balkowski, 2001, *Astron. Astrophys.*, 378, 50.
- 126) Magnetic fields and radio polarization of barred galaxies - 3D dynamo simulations.
K. Otmianowska-Mazur, D. Elstner, M. Soida, M. Urbanik, 2002, *Astron. Astrophys.*, 384, 48.
- 127) Magnetic field in absence of spiral density waves – NGC 4414.
M. Soida, R. Beck, M. Urbanik, J. Braine, 2002, *Astron. Astrophys.*, 394, 407.
- 128) Magnetic fields and ionized gas in the local group irregular galaxies IC 10 and NGC 6822.
K. Chyży, J. Knapik, D. J. Bomans, U. Klein, R. Beck, M. Urbanik, M. Soida, 2003, *Astron. Astrophys.*, 405, 513.
- 129) The Asymmetry of low- and High-redshift Galaxies.
S. Zięba, K. T. Chyży, 1991, *Astron. Astroph.*, Vol. 241, 22.
- 130) Linear Size Evolution of Extended Quasars.
K. T. Chyży, S. Zięba, 1993, *Astron. Astroph.*, Vol. 267, L27.
- 131) Cosmological Evolution and Large Scale Structures of Radio Galaxies and Quasars.
K. T. Chyży, S. Zięba, 1995, *Astron. Astroph.*, Vol. 303, 420.
- 132) Acceleration of Relativistic Particles in Shocks with Oblique Magnetic Fields.
M. Ostrowski, 1988, *MNRAS*, Vol. 233, 257.
- 133) Particle Acceleration at Shock Waves in the Presence of Finite Amplitude Perturbations of Magnetic Fields. I. Parallel Shock.
M. Ostrowski, 1988, *Astron. Astroph.*, Vol. 206, 169.
- 134) Diffusive Particle Acceleration at the Tangential Discontinuity of the Velocity Field.
M. Ostrowski, 1990, *Astron. Astroph.*, Vol. 238, 435.
- 135) Monte Carlo Simulations of Energetic Particle Transport in Weakly Disturbed Magnetic Fields. Particle Acceleration in Relativistic Shock Waves with Oblique Magnetic Fields.
M. Ostrowski, 1991, *MNRAS*, Vol. 249, 551.
- 136) Diffusive First and Second Order Fermi Acceleration at Parallel Shock Waves.
M. Ostrowski, R. Schlickeiser, 1993, *Astron. Astroph.*, Vol. 268, 812.
- 137) Cosmic Ray Acceleration at Relativistic Shock Waves in the Presence of Oblique Magnetic Fields and Finite Amplitude Perturbations.
M. Ostrowski, 1993, *MNRAS*, Vol. 264, 248.

- 138) The Canonical Spectral Index of 4.0 for Cosmic Ray Particles and the Energy Equipartition in non-linear Systems.
M. Ostrowski, 1994, *Comments Astrophys.*, Vol. 17, 207.
- 139) High-energy Neutrinos from Sources of Gamma-ray Bursts are not detectable.
M. Ostrowski, A. Zdziarski 1995, *Astrophys. Space Sci.*, Vol. 231, 339.
- 140) Simulations of the Momentum Diffusion Coefficient and the Spatial Diffusion Coefficient in Large Amplitude Alfvén Wave Turbulence.
G. Michalek, M. Ostrowski, 1996, *Nonlinear Processes in Geophysics*, Vol. 3, 66.
- 141) Acceleration Time Scale for the First Order Fermi Acceleration at Relativistic Shock Waves.
J. Bednarz, M. Ostrowski, 1996, *MNRAS*, Vol. 283, 447.
- 142) Cosmic Ray Diffusive Acceleration at Shock Waves with Finite Upstream and Downstream Escape Boundaries.
M. Ostrowski, R. Schlickeiser, 1996, *Solar Physics*, Vol. 167, 381.
- 143) Diffusion in the Momentum Space as a Picture of the Second Order Fermi Acceleration.
M. Ostrowski, G. Siemieniec-Oziębło, 1997, *Astroparticle Phys.*, Vol. 6, 271.
- 144) Simulations of Cosmic Ray Cross Field Diffusion in Highly Perturbed Magnetic Fields.
G. Michalek, M. Ostrowski, 1997, *Astron. Astroph.*, Vol. 326, 793.
- 145) On the Cosmic Ray Cross Field Diffusion in the Presence of Oblique MHD Waves.
G. Michalek, M. Ostrowski, 1998, *Astron. Astroph.*, Vol. 337, 558.
- 146) Cosmic Ray Acceleration at Ultra-relativistic Shock Waves.
J. Bednarz, M. Ostrowski, 1998, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 80, 3911.
- 147) Acceleration of UHE Cosmic Ray Particles at Relativistic Jets in Extragalactic Radio Sources.
M. Ostrowski, 1998, *Astron. Astroph.*, Vol. 335, 134.
- 148) Asymmetric Scattering of Energetic Particles by Finite-amplitude Circularly polarized Alfvén Waves.
G. Siemieniec-Oziębło, G. Michalek, M. Ostrowski, 1999, *Astroparticle Phys.*, Vol. 10, 121.
- 149) Cosmic Ray Momentum Diffusion in Magnetosonic versus Alfvénic Turbulent Fields.
G. Michalek, M. Ostrowski, R. Schlickeiser, 1999, *Solar Physics*, Vol. 184, 339.
- 150) Supernova Remnants in Molecular Clouds: On Cosmic Ray Electron Spectra.
M. Ostrowski, 1999, *Astron. Astroph.*, Vol. 345, 256.
- 151) Efficiency of Cosmic Ray Reflections from an Ultrarelativistic Shock Wave.
J. Bednarz, M. Ostrowski, 1999, *MNRAS Letters*, Vol. 310, L11.
- 152) On Possible „Cosmic Ray Cocoons” of Relativistic Jets.
M. Ostrowski, 2000, *MNRAS*, Vol. 312, 579.
- 153) On Energy Spectra of UHE Cosmic Rays Accelerated in Supergalactic Accretion Flow.
G. Siemieniec-Oziębło, M. Ostrowski, 2000, *Astron. Astroph.*, 355, 51.
- 154) Process of Particle Acceleration in a 3D Magnetic Field Reconnection Model.
T. Kobak, M. Ostrowski, 2000, *MNRAS*, Vol. 317, 973.

- 155) An Attempt to Identify the Extended Synchrotron Structure Associated with the Micro-quasar GRS 1915+105.
M. Ostrowski, E. Furst, 2001, *Astron. Astroph.*, Vol. 367, 613.
- 156) High Energy Radiation Generated at Boundary Shear Layers of Relativistic Jets.
L. Stawarz, M. Ostrowski, 2002, *PASA*, Vol. 19, 22.
- 157) Cosmic Ray Acceleration at Supergalactic Accretion Shocks: A New upper Energy Limit due to a Finite Shock Extension.
M. Ostrowski, G. Siemieniec-Oziębło, 2002, *Astron. Astroph.*, Vol. 386, 829.
- 158) Mechanisms and Sites of Ultra High Energy Cosmic Ray Origin.
M. Ostrowski, 2002, *Astropart. Phys.*, Vol. 18, 229.
- 159) Cosmic Ray Acceleration at Relativistic Shocks.
M. Ostrowski, 2002, *J. Phys. Stud.*, Vol. 6, 393.
- 160) Radiation from the Relativistic Jets: A Role of the Shear Boundary Layer.
Ł. Stawarz, M. Ostrowski, 2002, *Astrophys. J.*, Vol. 578, 763.
- 161) Comment on the First-order Fermi Acceleration at Ultra-relativistic Shocks.
M. Ostrowski, J. Bednarz, 2002, *Astron. Astroph.*, Vol. 394, 1141.
- 162) High-Energy Gamma Rays from FR I Jets.
Ł. Stawarz, M. Sikora, M. Ostrowski, 2003, *Astrophys. J.*, Vol. 597, 186.
- 163) Cosmic Ray Acceleration at Relativistic Shock Waves with a „Realistic” Magnetic Field Structure.
J. Niemiec, M. Ostrowski, 2004, *Astrophys. J.*, Vol. 610, 851.
- 164) On Multiwavelength Emission of Large-Scale Quasar Jets.
L. Stawarz, M. Sikora, M. Ostrowski, M. C. Begelman, 2004, *Astrophys. J.*, Vol. 608, 95.
- 165) Acceleration Mechanisms. I. Shock Acceleration.
M. Ostrowski, 2004, in „Ultimate Energy Particles in the Universe”, *Comptes Rendus Physique*, 5, 423.
- 166) Numerical Simulation of Large-scale Magnetic Field Evolution in Spiral Galaxies.
G. Otmianowska-Mazur, M. Chiba, 1995, *Astron. Astroph.*, Vol. 301, 41.
- 167) Global Three-dimensional Simulations of Magnetic Field Evolution in a Galactic Disc. I. Barred Galaxies.
K. Otmianowska-Mazur, S. von Linden, H. Lesch, G. Skupniewicz, 1997, *Astron. Astroph.*, Vol. 323, 56.
- 168) The Turbulent EMF as a Time Series and the „Quality” of Dynamo Cycles.
K. Otmianowska-Mazur, G. Rudiger, D. Elstner, R. Arlt, 1997, *GAFD*, Vol. 86, 229.
- 169) Global Three-dimensional Simulations of Magnetic Field Evolution in a Galactic Disc. II. Gas Rich Galaxies.
S. von Linden, K. Otmianowska-Mazur, H. Lesch, G. Skupniewicz, 1998, *Astron. Astroph.*, Vol. 333, 79.
- 170) Modeling of a Magnetic Structure as in Irregular Galaxies of Magellanic Type.
K. Otmianowska-Mazur, K. Chyży, M. Soida, S. von Linden, 2000, *Astron. Astroph.*, Vol. 359, 29.
- 171) Topological Evolution of Parker Unstable Galactic Magnetic Fields under Influence of Coriolis Force and Magnetic Reconnection.
M. Hanasz, K. Otmianowska-Mazur, H. Lesch, 2002, *Astron. Astroph.*, Vol. 386, 347.

- 172) Magnetic Field Evolution in Galaxies Interacting with the Intracluster Medium. 3-D Numerical Simulations.
K. Otmianowska-Mazur, B. Vollmer, 2003, *Astron. Astroph.*, Vol. 402, 879.
- 173) Resistive MHD Simulations of the Parker Instability in Galactic Disks.
G. Kowal, M. Hanasz, K. Otmianowska-Mazur, 2003, *Astron. Astroph.*, Vol. 404, 533.
- 174) Calculations of Dynamo Coefficients in Parker Unstable Disks without Shear.
K. Otmianowska-Mazur, 2003, *Astron. Astroph.*, Vol. 408, 817.
- 175) Amplification of Galactic Magnetic Fields by the Cosmic-ray-driven Dynamo.
M. Hanasz, G. Kowal, K. Otmianowska-Mazur, H. Lesch, 2004, *Astrophys. J. Lett.*, Vol. 605, L33.
- 176) Magnetic Fields in Merging Spirals - the Antennae.
K. Chyży, R. Beck, 2004, *Astron. Astroph.*, Vol. 417, 541.