

WYBRANE NOWOSCI WYDAWNICZE

ISSLEDOVANĪJA ZEMNYCH RESURSOV KOSMIČESKIMI SREDSTVAMI, T. I, II

**Komissija po Issledovaniju Prirodných
Resursov s Pomošč'ju Kosmičeskich Sredstv
AN SSSR, Moskva 1975, ss. 162 + 93**

Badania zasobów Ziemi
za pomocą metod kosmicznych

Komisja do Badań Zasobów Przyrody Środkami Kosmicznymi Akademii Nauk ZSRR wydała w dwóch tomach, techniką małej poligrafii, referaty radzieckie wygłoszone na konferencji Grupy Roboczej d/s Teledetekcji programu INTERKOSMOS, która odbywała się w Baku 21—27 kwietnia 1975 roku.

Część I zawiera referaty metodyczne, pod ogólnym tytułem: *Metody uzyskiwania i przetwarzania informacji*. Składa się na nią 12 artykułów. Referatem wprowadzającym jest opracowanie J. L. Z i m a n a i L. A. V e d e š i n a: *O badaniach zasobów Ziemi prowadzonych metodami zdalnego sondowania w ZSRR*. Autorzy wskazują na możliwości wykorzystania wideoinformacji kosmicznych w różnych dziedzinach nauki i praktyki. Szczególnie duże perspektywy widzą w zastosowaniu obrazów multispektralnych. Metoda ta rokuje nadzieje na automatyzację procesu interpretacji wideoinformacji. Kosztowne, kosmiczne metody badań powierzchni Ziemi znajdują uzasadnienie ekonomiczne. Najlepiej jest to widoczne w przypadku wykorzystywania ich w poszukiwaniach złóż kopalin użytecznych, na przykład ropy naftowej, gazu ziemnego. Autorzy przedstawili najważniejsze kierunki, w których zmierzają wysiłki badaczy radzieckich w celu rozwoju metod teledetekcyjnych. Do tej pory w Akademii Nauk ZSRR prace nad metodami zdalnego badania Ziemi rozpoczęto w 30 instytutach. W Instytucie Badań Kosmicznych Akademii Nauk ZSRR, który jest instytutem wiodącym, analizowane są techniczne i fizyczno-optyczne metody teledetekcyjne oraz sposoby mechanizacji i matematycznego przetwarzania da-

nych. Wykorzystywanie praktyczne i interpretacja wideoinformacji prowadzone są w Instytutach Geografii, Geologii, Fizyki Atmosfery i innych. W dalszej części artykułu omawiane są najważniejsze osiągnięcia Akademii Nauk ZSRR w teledetekcyjnych badaniach powierzchni Ziemi. Najczęściej sygnalizowanymi zagrożeniami są prace geologiczno-poszukiwawcze.

Na zakończenie podkreślono, że badacze radzieccy widzą możliwość współpracy państw socjalistycznych w rozwiązywaniu następujących problemów:

- opracowania aparatury pomiarowej i przetwarzającej dane,
- opracowania metod interpretacji i praktycznego zastosowania informacji kosmicznych o powierzchni Ziemi,
- prowadzenia eksperymentów kosmicznych, lotniczych i naziemnych,
- wymiany rezultatów badań i wyników prac projektowo-konstruktor-
skich,
- przygotowania i stażu specjalistów.

Po artykule wprowadzającym zamieszczono prace poświęcone sprawom techniczno-fizycznym w metodach teledetekcyjnych. W artykule J. M. Č e s n o k o v a i L. A. V e d e š i n a: *Metody fotograficzne w badaniach Ziemi z kosmosu* omówione są ich zalety w badaniach teledetekcyjnych. Autorzy uważają, że mimo rozwoju technik telewizyjnych i skanerowych metody fotograficzne, chociaż droższe, będą nadal najdoskonalszym narzędziem zdalnego badania Ziemi. Na najbliższą przyszłość rysują się potrzeby rozwiązania następujących zagadnień badawczych i konstrukcyjnych:

- wykonanie błon fotograficznych z wysoką rozdzielnością optyczną rzędu 400—1000 linii/mm, przy jednocześnie wysokiej czułości,
- doskonalenie obiektywów fotograficznych,
- podwyższenie dokładności orientacji i stabilizacji nośników aparatury fotograficznej,
- opracowanie autonomicznych systemów określania kierunku i szybkości przemieszczania odbicia optycznego w aparatach fotograficznych i opracowanie bardzo dokładnych systemów kompensacji tego przemieszczania (spowodowanego szybkim lotem statku kosmicznego),
- opracowanie metod i środków obróbki naświetlonych zdjęć, podwyższającej ich informatywność.

G. A. A v a n e s o v w artykule: *Środki otrzymywania informacji kosmicznych w widzialnym zakresie widma* przedstawia problemy badania powierzchni Ziemi w przedziale $0,35 \mu$ — 13μ falowania elektromagnetycznego. Są to zakresy: widzialny, bliskiej podczerwieni i dalszej podczerwieni (termalnej). Autor prezentuje schematy systemów telewizyjnych i skanerowych dla tych długości fal.

Bardziej wszechstronnie omówiono problem skanerowania optycznego w artykule J. K. C h o d a r e v a i współpracowników: *Analiza metod skanerowania optycznego*. Poruszono w nim teoretyczne zagadnienia różnych systemów skanerowych oraz praktyczne rozwiązania techniczne

stosowane do uzyskania różnych obrazów w zależności od celu prowadzonych badań.

Część I zawiera ponadto artykuły:

N. A. Arm and i inni: *Radiofizyczne metody w badaniach powierzchni Ziemi i perspektywy ich rozwoju*; J. K. Chodarev, G. A. Avanesov, V. D. Glaskov: *Podstawy zbudowania mierniczego ciągu zbierania i przetwarzania wideoinformacji*; J. L. Ziman, M. J. Sažko, V. S. Citrovič: *Samolot-laboratorium i jego wykorzystanie w opracowaniu metod i środków zdalnego badania zasobów Ziemi*; G. A. Avanesov i inni: *Modelowanie eksperymentu kosmicznego za pomocą samolotu-laboratorium*; J. K. Chodarev, G. A. Avanesov, J. L. Ziman: *Technika automatycznego, tematycznego opracowania wideoinformacji*; J. L. Ziman, V. A. Krasikov, V. G. Sobčuk: *Analityczne metody odnoszenia do współrzędnych geodezyjnych wideoinformacji otrzymywanej w celu badania zasobów Ziemi*; N. D. Avrincev, J. L. Brijukov: *O wyborze przedziałów widma do badań ziemskich zasobów*; V. A. Kotocov: *Optymalizacja odczytywania charakterystyk obiektów przy fotografii wielospektralnej*.

Wszystkie artykuły prezentują podstawowe informacje na temat techniki otrzymywania obrazów Ziemi z kosmosu.

Warto jeszcze zwrócić uwagę na artykuł J. K. Chodareva i innych o automatycznym opracowywaniu wideoinformacji. Autorzy pokazują możliwości zastosowania elektronicznej techniki obliczeniowej w różnych etapach opracowania danych teledetekcyjnych, proponując schematy zestawień urządzeń do obróbki i analizy informacji. Celem jest uzyskanie przetworzonych i usystematyzowanych wyników cyfrowych w postaci tablic i wykresów.

Część II materiałów: *Metody interpretacji i wykorzystania informacji* zawiera szczególnie interesujące z punktu widzenia przyrodników wypowiedzi dotyczące interpretacji i praktycznego wykorzystania teledetekcyjnych obrazów Ziemi. S. V. Zonn w obszernym artykule wprowadzającym: *Problemy geografii i perspektywy ich rozwiązania metodami aerokosmicznymi* daje przegląd możliwości zastosowania metod teledetekcyjnych do rozwiązywania różnych zagadnień geograficznych. W związku z rozwojem ludzkości, wzrostem jej potrzeb życiowych ujawniają się zupełnie nowe aspekty wzajemnych zależności między człowiekiem a przyrodą. Stawia to przed naukami, a przede wszystkim przed geografiami, nowe trudne zadania. Najbliższa przyszłość oczekuje od geografii rozwiązania następujących problemów:

- 1) ochrony i racjonalnego wykorzystania naturalnych zasobów Ziemi jako podstawy życia społeczności ludzkiej,
- 2) ujawnienia wzajemnego wielokierunkowego oddziaływania współczesnego społeczeństwa na otaczające środowisko przyrodnicze,

3) prognozowania żywiołowych zjawisk i procesów, naruszających ogólną produkcję i wpływających na warunki życia człowieka.

Aby wywiązać się z tych zadań, niezbędne jest zastosowanie w geografii najnowszych metod badawczych. Do nich należy teledetekcja. Kosmiczne metody badania Ziemi wymagają od geografów swobodnego władania matematycznymi i fizycznymi metodami badań, zaś od fizyków i matematyków — wszechstronnej znajomości geograficznych składników przyrody. W wykorzystaniu i interpretacji obrazów aerokosmicznych autor wyróżnia trzy podejścia: wizualne, instrumentalne i mieszane. Pierwsze opiera się na tradycyjnych metodach interpretacji obrazów. Prace tego typu skierowane są na ustalenie jakościowych indykatorów obiektów przyrodniczych. Podejście instrumentalne znajduje się w stadium wstępnych eksperymentów. Planowane jest automatyczne rozpoznawanie różnych obiektów przyrodniczych oraz wydzielanie ilościowych wskaźników ich właściwości. W podejściu mieszanym wykorzystuje się obie te metody łącznie. Autor formułuje także zadania, których podjęcie z pomocą teledetekcji jest obecnie możliwe i da najlepsze rezultaty. Niezmiernie ważne jest opracowanie metod rozpoznawania żywiołowych zjawisk przyrodniczych i procesów o charakterze katastrofalnym (spływy błotne, osuwiska, erozja gleb, deflacja, cyklony tropikalne). Należy zgodzić się z S.V. Zonnem, że rezultaty badań aerokosmicznych mają wielkie znaczenie w planowaniu rozwoju i rozmieszczeniu produkcyjnych sił wytwórczych społeczeństwa oraz w planowym wzroście współczesnych miast i migracji ludności. W końcowej części artykułu autor wyraża nadzieję, że kosmiczna służba geograficzna może dojść do takiej sprawności, iż ochraniać będzie ludzkość przed różnymi kataklizmami i zjawiskami żywiołowymi.

Artykuł G. V. Brjuchina i innych: *Zastosowanie zdjęć kosmicznych do rozwiązywania teoretycznych i praktycznych zadań geologii* przedstawia możliwości zastosowania obrazów kosmicznych powierzchni Ziemi w badaniach różnych dziedzin geologicznych. Dzięki teledetekcji geologia może przestawić się z indukcyjnego podejścia do badań na metody dedukcyjne, najbardziej odpowiadające treści nauk geologicznych. Jest to duża rewolucja w sposobie przeprowadzania badań geologicznych. Powoduje ona konieczność przemian w sposobie „myślenia geologicznego”.

Do celów geologicznych najbardziej odpowiednie są obrazy w przedziale fotograficznym falowania elektromagnetycznego ($0,4\mu$ — $0,9\mu$) i podczerwieni termalnej (8μ — 14μ). Autorzy wymieniają najważniejsze cechy obrazów kosmicznych. Mała skala (od 1:1 000 000 do 1:10 000 000 i mniej) warunkuje przeglądowość i generalizację obrazu. Predestynuje to obrazy teledetekcyjne do badań wielkich obiektów geologicznych. Według stopnia przeglądowości wyróżniono trzy kategorie obrazów: globalne obrazy kosmiczne — przedstawiają całą widzialną część kuli ziemskiej, regionalne — obejmują obszar powyżej 10^6 km² i lokalne —

obszar poniżej 10^6 km². Zwiększenie głębokości interpretacji geologicznej to jedna z najistotniejszych cech obrazów satelitarnych. Możliwe jest zatem wykrycie głębokich linii tektonicznych (nieciągłości) pod obszarami pokrytymi warstwą utworów młodszych.

Autorzy przedstawili także zarysy wyników interpretacji geologicznej obrazów kosmicznych, przeprowadzonej w Stanach Zjednoczonych oraz w Związku Radzieckim. Przytaczam kilka przykładów z obszaru ZSRR. Na podstawie obrazów telewizyjnych ze sputnika typu „Meteor” geolodzy radzieccy mogli na nowo spojrzeć na fałdowy system Uralu i obszarów przyległych. Ural ograniczony jest serią wielkich uskoków, a w części południowej stwierdzono zespół rozległych łusek powstałych na skutek nasuwania się fałdowych struktur Uralu na platformę rosyjską. W obrębie rudonośnego Ałtaju, stanowiącego ważną bazę surowcową metali nieżelaznych, na podstawie fotografii ze stacji orbitalnej „Salut” odkryto budowę blokową. Skorelowanie obecnych złóż z ujawnionymi blokami pozwoliło poprawnie ocenić perspektywy odkrycia nowych zasobów cyny i cynku oraz stworzyć generalny plan prowadzenia prac poszukiwawczych. Ważne jest stwierdzenie, że zastosowanie zdjęć lotniczych znacznie obniża koszty prac nad regionalnym kartowaniem geologicznym. Według Eremina koszt wykonania zdjęcia geologicznego na 1 km² w skali 1 : 200 000 przy zastosowaniu zdjęć lotniczych jest dwa razy niższy od kosztów badań metodami klasycznymi. Nie wykonano jeszcze podobnych obliczeń dla kartowania z pomocą obrazów kosmicznych.

Niezmiernie ciekawy jest artykuł K. N. Fiodorova i V. E. Skljajrova: *Perspektywy badania oceanu za pomocą sztucznych satelitów Ziemi*. Korzystając z dotychczasowych doświadczeń w badaniach obszarów oceanicznych z kosmosu, prowadzonych głównie w Stanach Zjednoczonych, a także w ZSRR, autorzy przedstawiają konkretne zagadnienia badawcze.

— Badania pola temperatury powierzchni oceanu. Do rejestracji promieniowania cieplnego z pokładów sztucznych satelitów Ziemi („Meteor”, „Nimbus”, NOAA i inne) stosuje się radiometry podczerwieni, pracujące w „oknie” przepuszczalności atmosfery $10,5 \mu$ — 12μ i radiometry mikrofalowe dla przedziału 3 cm—10 cm. Dotychczasowa dokładność pomiarów wynosi zaledwie około 1°K . Aby podjąć cały wachlarz problemów związanych z termiką oceanów, niezbędne są pomiary z dokładnością $0,1^\circ\text{K}$.

— Badania poziomu powierzchni oceanów. Rozpoznawalność zmian poziomu oceanu rzędu 1 m pozwala na wykrywanie podniesienia powierzchni wody w pobliżu kontynentów. Umożliwia to ostrzeżenie przed katastrofalnymi zmianami poziomu wód oceanicznych (na przykład tsunami). Z tym problemem ściśle wiążą się obserwacje falowania morza. Amerykański SKYLAB miał na swoim pokładzie zestaw aparatury do badań falowania: bierny radiometr oraz aktywny radiolokator. Dane te są szczególnie ważne dla żeglugi. Przekazywanie na pokład pływają-

cego statku synoptycznej mapy falowania będzie miało wielkie znaczenie w wyborze optymalnej trasy rejsu.

- Badania pokrywy lodowej mórz. Są bardzo przydatne do celów nawigacji w rejonach polarnych. W ostatnich latach prowadzi się eksperymenty z zastosowaniem systemów laserowych do ustalania konfiguracji powierzchni pól lodowych oraz pomiarów wysokości torosów. Natomiast radiometria mikrofalowa pozwala na wydzielanie wieloletniej i tegorocznej pokrywy lodowej.
- Badania barwy oceanów, wykrywanie rejonów zanieczyszczeń oceanów, badania zasolenia; są one możliwe, ale szczególnie trudne ze względu na małą dokładność metod badawczych.
- Planowane są także badania struktury den oceanicznych metodami magnetometrycznymi.

W końcowej części artykułu ponownie rozpatrywany jest problem obserwacji temperatury powierzchni oceanu za pomocą metod teledetekcyjnych. Praktyczne rezultaty tych badań służą ustalaniu stref *upwellingu* — podnoszenia chłodnych wód głębinowych na powierzchnię. Są to rejon „najżyźniejsze” dla rybołówstwa.

Referatem kończącym część II materiałów jest — najciekawsze z praktycznego, interpretacyjnego punktu widzenia — opracowanie V. I. K r a v c o v e j: *Zastosowanie multispektralnego zdjęcia kosmicznego w badaniach geograficznych i w kartografii tematycznej*. Autorka przedstawia w nim wyniki interpretacji niektórych multispektralnych obrazów uzyskanych metodą fotograficzną ze statku kosmicznego „Sojuz 12”. Wykorzystano do tego celu wąskotaśmową kamerę LKSA o ogniskowej obiektywu 44 mm. Wykonując zdjęcia z wysokości 350 km, otrzymano obrazy w skali 1 : 8 000 000. Dało to możliwość rozróżnienia obiektów o średnicy ponad 200 m. Niemożliwe jest zatem zastosowanie tych zdjęć do badania struktury zasiewów rolniczych. Zdjęcia wykonano w 6 strefach widma słonecznego. Opierając się na zależnościach opracowanych przez R. L. Charnella i Maulberge’a dla obrazów z satelity ERTS I, autorka zinterpretowała rzeźbę podwodną płycizn morza Kaspijskiego. Informacji o najgłębszych częściach morza (do 15 m) dostarcza wycinek zielony widma świetlnego. Rezultatem tych badań jest mapa rzeźby podwodnej w północno-wschodniej części Morza Kaspijskiego. Za pomocą zdjęć multispektralnych można także ustalić kształt i „rzeźbę” obłoku mętnych wód. W artykule zaprezentowano szkicową mapę „mętnego obłoku” w Morzu Kaspijskim. Na podstawie informacji tego typu można śledzić transport materiału zawieszzonego w wodzie oraz kierunki i prędkość przybrzeżnych prądów morskich. Innym przykładem wykorzystania multispektralnych zdjęć z „Sojuza 12” jest opracowanie mapy zasolenia gleb półwyspu Buzaczi.

Korzystając z doświadczeń w interpretacji wielospektralnych zdjęć kos-

micznych, V I. Kravcova wskazuje możliwości zastosowania tego typu zdjęć w różnych dziedzinach geografii. Autorka widzi także braki metody i proponuje dalsze badania nad udoskonaleniem multispektralnych obrazów Ziemi oraz automatyzację interpretacji tych obrazów.

Część II pracy zawiera ponadto artykuły: A. S. Isaev, D. M. Kieev: *Zasady i metody badania lasów z kosmosu*, G. S. Elesin: *Problemy zdalnego badania użytków rolnych i kultur rolniczych*, J. G. Kel'ner, G. N. Romanovič: *Wykorzystanie zdjęć kosmicznych dla wydania i unowocześnienia map ogólnogeograficznych i tematycznych*.

Lektura zbioru referatów wygłoszonych w Baku przez badaczy radzieckich wywołuje kilka refleksji. Trudno jest analizować poszczególne artykuły, których treść starano się tutaj zasygnalizować. Zbiór ten stanowi pewną całość. Obrazuje on stan prac badawczych prowadzonych w ZSRR nad kompletowaniem i wykorzystywaniem wideoinformacji kosmicznych dotyczących Ziemi. W części I uwidacznia się podejście teoretyczne do zagadnień metod badawczych. Analizowane są różne systemy uzyskiwania obrazów powierzchni Ziemi z przestrzeni i możliwości ich zastosowania do konkretnych celów badawczych. Zauważa się skromną liczbę sprawozdań i przykładów z prac eksperymentalnych, prowadzonych przecież w ZSRR. Przedstawiono zatem główne zasady i najważniejsze możliwości czerpania informacji wizualnych o Ziemi. Szczególnie ważne znaczenie ma artykuł na temat analizy systemów i metod skanowania optycznego oraz praca przedstawiająca modelowanie eksperymentu kosmicznego za pomocą laboratorium lotniczego. W niektórych przypadkach, na przykład fotografii multispektralnej, prezentowane zagadnienia były referowaniem materiałów zaczerpniętych z literatury obcojęzycznej. Nadzwyczaj cenną cechą prawie każdej pracy jest proponowanie kierunków, w których powinny iść dalsze prace badawcze czy konstrukcyjne. W niektórych artykułach stawiane są konkretne problemy wymagające rozwiązania. Część I jest zatem nie tylko odbiciem rezultatów badawczych uzyskanych do tej pory w różnych placówkach badawczych i konstruktorskich ZSRR, ale także materiałem przedstawiającym trendy rozwojowe studiów nad poszczególnymi systemami badań Ziemi z kosmosu. Dane zawarte w omówionych pracach stały się podstawą ustalenia problematyki międzynarodowej współpracy badawczej w ramach programu INTER-KOSMOS.

Część II zbioru jest bardziej nierówna tematycznie i merytorycznie. Z siedmiu artykułów znajdujących się w tym tomie zaledwie dwa zajmują się konkretnymi zagadnieniami warsztatowymi interpretacji kosmicznych obrazów powierzchni Ziemi. Są to prace na temat możliwości badań oceanów za pomocą sztucznych satelitów Ziemi oraz wykorzystania wielospektralnej fotografii kosmicznej w badaniach geograficznych i kartowaniu tematycznym. Jeszcze tylko artykuł na temat „geologii kosmicznej”

przedstawia skrótowo rezultaty interpretacji i zastosowania obrazów kosmicznych w badaniach geologicznych. Referat na tematy badań oceanów w swojej części metodycznej przedstawia wyniki amerykańskich badań temperatury powierzchni oceanu metodami teledetekcyjnymi.

Pozostałe prace rozważają możliwość zastosowania tej metody badawczej w różnych dziedzinach nauk przyrodniczych. Sygnalizują także ogólne problemy oraz bardziej szczegółowe zagadnienia, jakie mogą być podjęte z pomocą teledetekcji. Świadczy to o wstępnych, początkowych stadiach wykorzystywania obrazów kosmicznych. Przez wszystkie prace przebiega sformułowanie wyrażające nadzieję na wprowadzenie automatycznej interpretacji obrazów kosmicznych i opracowania danych za pomocą elektronicznej techniki obliczeniowej. Jest to naturalne dążenie do obiektywizacji interpretacji oraz do jej przyspieszenia. Niestety, w żadnym artykule nie przedstawiono współpracy przyrodników z fizykami i matematykami w wysiłkach dążących do utworzenia systemu automatycznej analizy obrazów kosmicznych.

Najcenniejszą cechą wszystkich prac, szczególnie widoczną w artykule S. V. Z o n n a, jest całościowa koncepcja zadań nauk przyrodniczych, a szczególnie geografii, w badaniach nad sposobami racjonalnego wykorzystania zasobów ziemi. Wiąże się z tym ściśle problem kształtowania środowiska geograficznego według potrzeb ludzkich, z zachowaniem jego czystości i naturalnej harmonii. W tym kierunku kompleksowego pojmowania sterowania środowiskiem przyrodniczym zmierzają propozycje badań metodami teledetekcyjnymi.

Należy podkreślić, że badacze radzieccy, zwłaszcza geografowie, dostrzegli szansę, jaką dają im teledetekcyjne metody badawcze i w kilku dziedzinach nauk przyrodniczych z powodzeniem ją wykorzystują. W innych widzą pilną potrzebę wprowadzenia tych metod.

Omówiony tutaj w skrócie dwutomowy zbiór prac jest bardzo ważnym i cennym dokumentem naukowym. W zwięzły sposób informuje o tematach opracowywanych obecnie w Akademii Nauk ZSRR oraz o zamierzeniach badawczych uczonych radzieckich.

Jacek Jania