

**Międzynarodowe seminarium na temat  
zastosowania teledetekcji w badaniach zmian  
użytkowania terenów w rejonach pustynnych,  
Sede Boker, 23-27 października**

# **Odkrywanie tajemnic pustyni**

**ADAM LINSENBARTH**



**Pustynnienie to, obok globalnego ocieplenia, najważniejszy problem ekologiczny i zagrożenie dla współczesnego świata. Szacuje się, że blisko 1,8 miliarda ludzi ze 100 krajów dotkniętych jest efektami pustynnienia. Monitorowaniu tych zmian metodami teledetekcji poświęcone było seminarium zorganizowane w Ośrodku Uniwersyteckim Instytutu Badawczego Obszarów Pustynnych w miejscowości Sede Boker położonej w samym sercu pustyni Negew w Izraelu.**

### **Pustynnienie (*desertification*)**

Termin *desertification* został wprowadzony dopiero w roku 1949, by określić wpływ działalności człowieka na degradację lasów Afryki i przekształcanie ich w sawannę. Jednak problemy pustynnienia były znane już w starożytności, m.in. w Mezopotamii i starożytnym Rzymie, gdzie doszło do degradacji wielu obszarów wykorzystywanych przez rolnictwo.

Sama istota pustynnienia nie jest do końca jasna. Może być ono wynikiem zmian klimatycznych, czego dowodzą pozostałości i ślady działalności rolniczej na dzisiejszych terenach pustynnych. Innym czynnikiem, który ostatnio nabiera szczególnego znaczenia, jest działalność człowieka polegająca na nieodpowiednim wykorzystywaniu oraz zanieczyszczaniu środowiska naturalnego. Nadmierne wycinanie drzew i krzewów dla celów opałowych oraz wypas zwierząt, atakże nieumiejętna irygacja, powodują nieodwracalną degradację gleby na tych obszarach. Przywrócenie poprzedniego stanu wymaga długiego czasu i wielu zabiegów (np. na odbudowanie cienkiej powłoki mikrobiologicznej potrzeba co najmniej 7 lat).

Powszechnie znana jest tragiczna skutkach susza, która nawiedziła rejon Sahelu w Afryce w latach 1968-74 i spowodowała śmierć 250 tysięcy ludzi. Na konferencji ONZ w Nairobi (1977) poświęconej problemom pustynnienia przyjęto rezolucję wzywającą do stworzenia specjalnego programu mającego powstrzymać te procesy. W Rio de Janeiro (1992) w czasie konferencji ONZ na temat

◀ Fragment arkusza „Petra” mapy satelitarnej Izraela w skali 1:100 000 opracowanej na podstawie danych z satelitów SPOT i Landsat.

◀ Dr Yaacov Arkin z Państwowego Instytutu Geologicznego w Jerozolimie na Pustyni Negew

globalnych problemów Ziemi sformułowano definicję pustynnienia (jest to *degradacja ziemi na obszarach pustynnych i półpustynnych spowodowana różnymi czynnikami wywołanymi zmianami klimatycznymi i działalnością człowieka*). W roku 1992 Zgromadzenie Ogólne ONZ przygotowało konwencję dotyczącą walki z pustynnieniem na obszarach dotkniętych tymi zjawiskami, szczególnie w krajach Afryki. Konwencja ta weszła w życie 26 grudnia 1996 r. i została ratyfikowana przez 50 państw.

### **Seminarium na pustyni**

Pustynia Negew (14 000 km<sup>2</sup>) zajmuje 60% powierzchni Izraela. Jej zrównoważony rozwój i optymalne wykorzystanie to kluczowy problem naukowców z Instytutu Badawczego Obszarów Pustynnych w Sede Boker. Ośrodek ten malowniczo położony na wysokim brzegu kanionu Zin (wspominanego w Księdze Wyjścia opisującej wędrówkę Izraelitów z Egiptu do Ziemi Obiecanej) stanowi samodzielną część Uniwersytetu im. Ben Guriona w Beer Shewa.

W monitorowaniu terenów pustynnych naukowcy na szeroką skalę wykorzystują metody teledetekcji satelitarnej oraz systemy informacji przestrzennej. Stąd tematyka międzynarodowego seminarium zorganizowanego przez Instytut (a głównie Laboratorium Teledetekcji kierowane przez prof. Arnona Karnieli) dotyczyła zastosowania teledetekcji w badaniach zmian pokrycia/użytkowania terenu oraz w gospodarce wodnej na obszarach Środkowego Wschodu.

W seminarium udział wzięło ponad 100 osób reprezentujących różne ośrodki naukowe z całego świata. Celem spotkania było podsumowanie dotychczasowych badań prowadzonych nie tylko w Izraelu, ale także w innych częściach globu ziemskiego stanowiących tereny pustynne lub półpustynne.

Seminarium sponsorowane było przez Cen-



Zmniejszenia fragmentów kilku arkuszy mapy satelitarnej Izraela (skala oryginału 1:100 000)



trum Nauki i Technologii (CWST) oraz Centrum Współpracy Naukowej Uniwersytetu Ben Guriona, Izraelską Agencję Kosmiczną (ISA), Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA) z USA, Krajowe Centrum Badań Kosmicznych (CNES) z Francji oraz firmę START (System for Analysis and Training).

Prof. Uriel Safriel, dyrektor Instytutu Badańczego Obszarów Pustynnych w Sede Boker, w referacie wprowadzającym podkreślił konieczność intensyfikacji badań nad specyficznym środowiskiem obszarów pustynnych, analizą przyczynowo-skutkową procesów zachodzących w tym środowisku oraz zrównoważonym rozwojem pozwalającym na maksymalne wykorzystanie wszystkich walorów gospodarczych tych regionów bez naruszania ich ekosystemu.

### **Teledetekcja a tajemnice pustyni**

W czasie trzydniowych obrad odbyło się jedenaście sesji, podczas których przedstawiono 34 referaty. Tematyka prezentacji skupiała się na wynikach badań związanych z praktycznym wykorzystaniem metod teledetekcyjnych w rejonach pustynnych. Jedną z zagadnień dotyczyła badania gleb i pokrycia terenu, przy wykorzystaniu danych pozyskiwanych różnymi technikami z pułapu satelitarnego i lotniczego. Na przykład hyperspektralny sensor lotniczy DAIS-7915 dostarcza dane (rejestrowane w 72 kanałach spektralnych, o szerokości okien od 12 nm do 56 nm, w zakresie 0,4-2,5  $\mu\text{m}$ ), które są wykorzystywane do określania wilgotności oraz zasolenia gleb przy zastosowaniu metody VNIRA (*Visible and Near Infrared Analysis*). Dane te zostały także wykorzystane do badań mineralogicznych i litologicznych w Dolinie Timna.

Znane są już pierwsze wyniki zastosowania instrumentu ASTER do badania właściwości gleb w rejonach pustynnych. Ten wysokorozdzielczy sprzęt, zbierający dane w zakresie fal krótkich i długich, pozwala na rejestrację powierzchni terenu obserwowanej pod różnymi kątami. Przedstawiono też wyniki badań nad zależnością między odpowiedziami spektralnymi rejestrowanymi przez sensory teledetekcyjne a czasową dynamiką zmian zarówno gleby, jak i roślinności w okresie cyklu fenologicznego. Omawiano wykorzystanie danych teledetekcyjnych do precyzyjnego monitorowania upraw rolnych w celu

◀ Fragment arkusza „Petra” mapy satelitarnej Izraela. U góry widoczny południowy krańiec Morza Martwego

zwiększenia ich produktywności poprzez odpowiednie zabiegi agrotechniczne. Kilka referatów poświęconych było wykorzystaniu danych rejestrowanych przez satelity meteorologiczne do określania NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) oraz LST (*Land Surface Temperature*) na obszarze pustyni Negew. Przedstawiono m.in. bardzo ciekawy referat dotyczący monitorowania suszy na podstawie danych ze zobrażeń NOAA/AVHRR. Opracowana metoda wykorzystuje dwa ekstremalne punkty z wykresów NDVI i LST. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały ogromną różnicę w zobrazeniu obszaru pustynnego o tym samym charakterze na granicy pustyni Negew (Izrael) i Pustyni Synaj (Egipt). Na szczególną uwagę zasługiwały wystąpienia związane z określaniem charakteru i struktury warstwy powierzchniowej gleby lub piasków pustynnych. Górna, kilkumilimetrowa mikrobiotyczna powłoka stanowi bardzo ważny element w rozwoju roślinności pustynnej. Dane teledetekcyjne umożliwiają określenie jej parametrów, a te z kolei – zdolności filtracyjnej gleb. Tego zakresu badań dotyczył referat dr. hab. Jerzego Cierniewskiego z Poznania nt. wykorzystania wirtualnych powierzchni symulujących dwukierunkowe odbicie od gleb półpustynnych.

Wiele prezentacji związanych było z wykorzystaniem danych rejestrowanych przez systemy mikrofalowe do określania wilgotności gleby i szorstkości powierzchni terenu, analizowania erozji obszarów klifowych, badania zmian użytkowania terenu oraz do wykrywania zbiorników wód podziemnych. Omawiano monitorowanie zmian spowodowanych sztucznym nawadnianiem terenów oraz badanie ich wpływu na zmianę warunków klimatycznych zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej.

Pokazywano też inne opracowania dotyczące badania zjawisk regionalnych. Autor niniejszego artykułu, posiłkując się analizą danych satelitarnych z obszaru Sahary Libijskiej, omówił tendencje dalszego rozwoju pustyni piaszczystych. Prezentowano także referaty dotyczące badania obszarów nadmorskich i zmian środowiska w rejonie Morza Śródziemnego w Turcji, a gospodarze zwracali uwagę na konieczność wprowadzania pewnych korekt (m.in. z tytułu zakłóceń atmosferycznych) do danych rejestrowanych z pułapu satelitarnego.

Uzupełnieniem tematyki konferencji było wystąpienie dr. J. K. Halla ze służby geologicznej Izraela, który przedstawił wyniki prac nad numerycznym modelem terenu dla obszaru Bliskiego Wschodu. Zbudowano już taki model dla całego terytorium Izraela iob-



Widok miasteczka uniwersyteckiego Instytutu Badawczego Obszarów Pustynnych w Sede Boker

szarów sąsiednich (o siatce 25 m). Trwają też prace nad wykonaniem NMT obszaru Północnego Lewantu, Jordanii, wschodniej części półwyspu Synaj oraz Malty. Dr Hall zaprezentował też piękną serię map satelitarnych Izraela w skali 1:100 000. Mapy te opracowano na podstawie połączenia danych z satelity SPOT i Landsat TM (zdjęcia na s. 82, 83, 84).

Spotkanie tak wielu specjalistów, reprezentujących różne dziedziny wiedzy, pozwoliło na wymianę poglądów i doświadczeń oraz potwierdziło tezę o konieczności prowadzenia badań interdyscyplinarnych.

### Instytut Badawczy Obszarów Pustynnych w Sede Boker

Instytut (The Jacob Blumstein Institute of Desert Research) został utworzony w roku 1974 jako filia Uniwersytetu Ben Guriona w Beer-Sheva. Instytut zlokalizowano w miejscowości Sede Boker położonej około 50 km na południe od miasta Beer-Sheva, w samym sercu pustyni Negew. Inicjatorem jego założenia był pierwszy premier Izraela Ben Gurion, który zainspirował grupę młodych naukowców do zajęcia się badaniami nad wykorzystaniem terenów pustynnych. Ostatnie lata swego życia Ben Gurion spędził w kibucu w Sede Boker i zgodnie ze swoją wolą został pochowany na skarpie kanionu Zin, na terenie zajmowanym przez Instytut.

Prace badawcze tej placówki obejmują zagadnienia związane z właściwym wykorzystaniem obszarów pustynnych, których największym atutem jest duże nasłonecznienie i wysokie temperatury. Pustynia Negew le-

ży na styku trzech kontynentów (Europy, Afryki i Azji), a jednocześnie na granicy trzech regionów geograficznych (Saharo-Arabskiego, Śródziemnomorskiego i stepów azjatyckich). Jest więc idealnym naturalnym laboratorium, gdzie można badać procesy zachodzące w różnych ekosystemach. Aktualnie Instytut, którego kadre stanowi 60 pracowników naukowo-badawczych oraz 100 inżynierów-technicznych, realizuje 4 obszerne programy badawcze.

**Program I** pn. „Środowisko obszarów pustynnych” realizowany jest przez Departament Ekologii Obszarów Pustynnych oraz Departament Energii i Fizyki Środowiska.



W kanionie Zin: dr hab. Jerzy Cierniewski z Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu

W ramach tego drugiego departamentu działa Laboratorium Teledetekcji kierowane przez prof. Arnona Karnieli. Pracujący tam naukowcy wspólnie z NASA zajmują się monitorowaniem właściwości aerosoli oraz cech powierzchni terenu mających wpływ na odbicia spektralne, a także badaniem koloru wody morskiej na podstawie danych pozyskiwanych z programu SeaWiFS.

We współpracy z Niemcami prowadzone są prace nad budową systemu DAVID umożliwiającego zbieranie wielospektralnych wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych (12 wąskich kanałów działających w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni).

Kilka programów badawczych dotyczy wykorzystania danych satelitarnych do monitorowania roślinności rejonów pustynnych.

Prace prowadzone w Departamencie Ekologii Obszarów Pustynnych dotyczą m.in. badania i modelowania ekosystemów obszar-



Prof. Derya Maktav (z prawej) i autor artykułu przed Instytutem Badawczym Obszarów Pustynnych



Od lewej: prof. Arnon Karnieli (Izrael), prof. Derya Maktav (Turcja) oraz prof. J. Otterman (USA)

ów pustynnych oraz zrównoważonego rozwoju tych obszarów. W kilku laboratoriach prowadzi się prace nad florą i fauną oraz możliwościami wprowadzenia nowych gatunków roślin odpornych na ekstremalne warunki pustynne. Ciekawostką są badania nad migracją ptaków przelatujących nad tymi terenami i możliwościami znalezienia przez nie odpowiedniego pokarmu w czasie odpoczynku na długich trasach przelotowych.

**Program II**, dotyczący problemów mieszkańców pustyni Negew, prowadzony jest przez Zakład Studiów Socjalnych i obejmuje m.in. prace z dziedziny antropologii, socjologii i demografii. Bardzo ważne są badania nad Beduinami zamieszkującymi od wieków te tereny oraz ich adaptacją do nowych warunków. W program II zaangażowany jest także Zakład Architektury i Urbanistyki. Jego prace koncentrują się na znalezieniu rozwiązań architektonicznych dostosowanych do warunków klimatycznych pustyni. Wiele miejsca poświęca się badaniom mikroklimatu w osiedlach, stosowaniu odpowiednich

materiałów, badaniom korytarzy powietrznych, a także zakładaniu terenów zielonych między budynkami. Analizowana jest też optymalna liczba mieszkańców w osiedlach lokalizowanych na terenach pustynnych, która nie naruszy zrównoważonego rozwoju inie doprowadzi do degradacji obszarów sąsiadujących z tymi osiedlami.

**Program III**, poświęcony gospodarce zasobami wodnymi na terenach pustynnych, realizowany jest przez Departament Hydrologii i Mikrobiologii. Badania koncentrują się na pozyskiwaniu wody dla rolnictwa, przemysłu i gospodarstw domowych oraz jej optymalnym wykorzystaniu przez wielokrotne uzdatnianie. Prowadzi się także prace nad możliwościami stosowania wód zasolonych.

**Program IV** zogniskowany jest na biologicznej produkcji na terenie obszarów pustynnych i zajmuje się nim Departament Rolnictwa na Obszarach Pustynnych. Ponieważ tereny te charakteryzują się bardzo małą ilością opadów, badania koncentrują się na adaptacji dawnych metod gromadzenia wody opadowej, jak również na zastosowaniu sztucznego nawadniania. Prowadzi się badania nad roślinami, które mają szansę rozwoju w tak niekorzystnych warunkach klimatycznych.

Departament Biotechnologii Obszarów Pustynnych w ramach programu IV zajmuje się badaniami nad wykorzystaniem żywych mikroorganizmów do zmodyfikowania lub uszlachetnienia różnych produktów spożywczych. Opracowano m.in. technologię produkcji przemysłowej mikroalg (glonów), z których pigment wykorzystywany jest do nadawania odpowiedniego koloru łososiom. Realizacją programu IV zajmuje się też Cen-

trum Hodowli Ryb, które prowadzi badania nad optymalizacją hodowli ryb w sztucznych zbiornikach (kontenerach) przy maksymalnym wykorzystaniu wody. Opracowano technologię ciągu połączonych zbiorników, w których hoduje się różne gatunki ryb w zależności od właściwości wody. W kolejnych zbiornikach hodowane są ryby, które mogą korzystać z coraz bardziej zanieczyszczonej wody. Badania wykazały m.in. dużą zależność pomiędzy zagęszczeniem ryb a szybkością ich wzrostu.

Przy Instytucie działa Międzynarodowa Szkoła Studiów Pustynnych im. Alberta Katza (Albert Katz International School for Desert Studies), której dwuletni program umożliwia uzyskanie stopnia magistra w zakresie studiów pustynnych. Studia są prowadzone w 5 specjalizacjach.

W ramach Instytutu w Sede Boker działa też Ośrodek Współpracy Naukowej odpowiedzialny za koordynację prac Instytutu z ośrodkami naukowymi w Izraelu i za granicą. Do zadań ośrodka należy m.in. prowadzenie programów stypendialnych dla słuchaczy studiów podyplomowych i doktoranckich oraz programu dla tzw. wizytujących naukowców (*visiting scientists*), przybywających tu z różnych stron świata.

W roku 1998 Komisja Europejska nadała Instytutowi Badań Obszarów Pustynnych w Sede Boker, jako jedynemu w Izraelu, status tzw. dużego ośrodka badawczego (*Large-Scale Facility*), w którym naukowcy z krajów Unii Europejskiej mogą prowadzić prace badawcze.

**Prof. Adam Linsenbarth** jest dyrektorem Instytutu Geodezji i Kartografii.

Ilustracje pochodzą ze zbiorów autora.