

ZENON F. POŁAWSKI

**ZASTOSOWANIE METOD TELEDETEKCJI
I SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ
DO OCENY SZKÓD EKOLOGICZNYCH
NA POLIGONIE BORNE SULINOWO**

ZARYS TREŚCI: W artykule omówiono zagadnienie wykorzystania danych teledetekcyjnych i systemu informacji geograficznej do oceny szkód ekologicznych, spowodowanych stacjonowaniem wojsk radzieckich na terenie poligonu Borne Sulinowo.

WPROWADZENIE

Wstępne wyniki analizy treści panchromatycznych zdjęć lotniczych z lat 1953-1993 wykazały złożoność problematyki związanej z oceną stopnia degradacji środowiska na obszarze poligonu Borne Sulinowo [8]. Ocena i oszacowanie szkód ekologicznych wymagało uwzględnienia informacji uzyskanych zarówno w wyniku interpretacji zdjęć lotniczych jak i badań terenowych oraz zastosowania metod analiz przestrzennych.

Dotychczasowe środki gromadzenia, przetwarzania i prezentacji nie zawsze pozwalały na kompleksową i efektywną analizę zmian środowiska.

Przypomnijmy, że w przypadku badań o charakterze retrospektywnym dane o środowisku były przedstawiane na kilku mapach lub kalkach. Aby ocenić zmianę badanego elementu bądź zjawiska, nakładano mapy na siebie i następnie opracowywano mapę wynikową. Procedury obliczeń statystycznych, które charakteryzowały badane zjawiska, sprowadzały się zazwyczaj do żmudnego planimetrowania powierzchni wydzieleni.

Konsekwencją tego był często długi czas sporządzania map tematycznych. Zdarzało się, że w chwili ukończenia mapy informacje na niej zawarte były nieaktualne. Dotyczyło to przede wszystkim zjawisk szybko zmieniających się w czasie i przestrzeni.

Wymusza to zatem stosowanie takich technik analizy, które zapewniłyby zarówno sprawną, jak i obiektywną ocenę relacji zachodzących między różnymi elementami środowiska, określenie dynamiki badanego zjawiska, kierunków przeobrażeń, powierzchniowego zasięgu poszczególnych elementów środowiska oraz przedstawienie uzyskanych wyników w postaci map tematycznych i zestawień statystycznych.

Narzędziem, które spełnia te podstawowe warunki jest system informacji geograficznej. Celem budowy takiego systemu było umożliwienie kompleksowego badania środowiska. Powstanie takiego systemu było efektem rewolucji ilościowej w naukach przyrodniczych, dokonującej się w ciągu ostatnich kilkunastu lat, jak również wynikiem gwałtownego rozwoju informatyki i metod zarządzania bazami danych (zbiorami informacji).

1. BUDOWA WEKTOROWEJ BAZY DANYCH GIS DLA POLIGONU BORNE SULINOWO

Dla przeprowadzenia analizy procesów antropizacji i degradacji środowiska na poligonie Borne Sulinowo założono bazę danych systemu informacji geograficznej. Podstawą budowy tego systemu było oprogramowanie Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego (SINUS), opracowanego w IGiK [2], oraz Systemu ARC/INFO opracowanego przez amerykański instytut ESRI.

Bazę danych można określić najprościej jako zbiór wzajemnie powiązanych obiektów oraz informacji ilościowych i opisowych. W części geometrycznej zawiera ona informacje o geograficznym położeniu i kształcie obiektów, a w części opisowej - o ich atrybutach. Podstawą budowy każdej bazy danych GIS jest odpowiednie przygotowanie materiałów, które mają ją tworzyć. Trzeba bowiem pamiętać, że błąd lub niedokładność na wejściu jest zwielokrotniony w trakcie przetwarzania danych [5].

W przypadku poligonu Borne Sulinowo podstawą do utworzenia bazy danych GIS były informacje uzyskane w wyniku interpretacji zdjęć lotniczych. Przygotowując materiał do stworzenia numerycznej bazy danych, doprowadzono wydzielenia fotointerpretacyjne ze zdjęć lotniczych do jednolitej skali (1 : 25 000) i odwzorowania (układ 1942).

Wybór takich, a nie innych map podkładowych, nie był przypadkowy. Wynikał bowiem z faktu, że sposób zapisu współrzędnych treści map topograficznych w układzie 1942 (odwzorowanie Gaussa-Krügera) jest dostosowany i czytelny dla większości systemów informacji geograficznej, w tym także dla systemu ARC/INFO.

Następnym etapem w przygotowaniu materiałów do wprowadzenia do bazy danych było wykreślenie, na materiale transparentnym, treści map uzyskanych

w wyniku dostosowania wydzieleni fotointerpretacyjnych do wyżej wymienionego odwzorowania i skali.

Dla każdej mapy przygotowano 2 nakładki, które przedstawiają obiekty dwuwymiarowe (poligony) oraz obiekty jednowymiarowe, tj. sieć hydrograficzną i komunikacyjną. W przypadku poligonów, w celu zapewnienia ich jednoznacznej identyfikacji, wykreślone na foliach powierzchni przeniesiono na materiał nieprzezroczysty i cyframi zaznaczono atrybut odpowiadający danemu obiektowi dwuwymiarowemu. Wynikało to z tego, że w przypadku procesu skanowania identyfikator umieszczony w obrębie poligonu bardzo często zakłócał, a tym samym wydłużał proces digitalizacji automatycznej.

Wprowadzenie do bazy GIS danych przestrzennych to proces konwersji informacji zakodowanych na mapie analogowej do formatu czytelnego dla geograficznego systemu informacyjnego. Jest to proces czasochłonny i nierzadko bardzo kosztowny. Dużej części nakładów na digitalizację można niekiedy uniknąć, stosując skanowanie map zamiast użycia digimetru. Dzięki skanowaniu można zredukować czas niezbędny do utworzenia wektorowej bazy danych nawet o 2/3. Wchodzące w jej skład materiały muszą jednak spełniać wysokie wymagania co do jakości [3].

Przy zakładaniu bazy danych poligonu Borne Sulinowo, wykreślone nakładki przetworzono na postać cyfrową przy wykorzystaniu skanera Howtek stosując rozdzielczość 300 dpi (punktów/cal).

W wyniku skanowania uzyskuje się zapis rastrowy. W wielu przypadkach zachodzi potrzeba konwersji zapisu rastrowego na wektorowy. Proces ten obejmuje m. in. :

- redukcję grubości linii do grubości odpowiadającej pojedynczemu pikselowi,
- wektoryzację, czyli przekształcenie linii o zredukowanej grubości w linie łamane, składające się z odcinków prostolinijnych,
- budowę topologii bazy polegającą na utworzeniu przez system związków matematycznych pomiędzy jej elementami oraz ich uporządkowaniu.

Wynikiem takiego procesu było przetworzenie rastrowej postaci danych uzyskanej drogą skanowania, na postać wektorową systemu SINUS.

Następnym etapem była wstępna edycja wektorowej bazy danych. Proces ten polegał m. in. na łączeniu i korygowaniu przebiegu linii na stykach łączonych fragmentów bazy danych, transformacji danych wektorowych do wymaganego układu współrzędnych za pomocą istniejących punktów łącznych. Wykorzystywano przy tym odpowiednie moduły systemu SINUS.

Kolejnym krokiem postępowania był proces przetwarzania wektorowej bazy danych i budowa topologii, czyli pełnego określenia wzajemnych relacji rozmieszczenia linii, punktów i poligonów.

Proces przetwarzania bazy zamykają procedury wykrywania błędów w jej strukturze oraz ich interaktywne usuwanie, modyfikowanie, weryfikacja i korekta poprawności przebiegu linii oraz poprawności kodowania.

Biorąc pod uwagę fakt, że analizy i prezentacja zmian środowiska na obszarze poligonu Borne Sulinowo będą wykonywane za pomocą oprogramowania ARC/INFO, dokonano procesu konwersji danych z systemu SINUS do systemu ARC/INFO. Po procesie budowy wektorowej bazy danych w tym systemie i weryfikacji poprawności jej struktury uzyskano warstwy tematyczne czyli zbiór danych charakteryzujących pokrycie terenu poligonu Borne Sulinowo w latach: 1953, 1964, 1975, 1985, 1993. W każdej z pięciu warstw tematycznych wyznaczono następujące elementy użytkowania ziemi: obiekty antropogeniczne, tereny zdegradowane, murawy i wrzosowiska silnie zdegradowane, murawy i wrzosowiska zdegradowane, lasy zdegradowane, wody, tereny podmokłe, łąki, murawy i wrzosowiska, murawy oraz zadrzewienia i zakrzaczenia, lasy zwarte, lasy rozluźnione, lasy w stanie zmian.

2. PRZETWARZANIE I ANALIZA DANYCH W GEOGRAFICZNYM SYSTEMIE INFORMACYJNYM

Utworzona dla poligonu Borne Sulinowo wektorowa baza danych była przedmiotem analiz przestrzennych. Wykorzystano w tym celu przede wszystkim moduły oprogramowania ARC View [4] oraz niektóre funkcje pakietu ARC/INFO [10].

Operacje analiz przestrzennych obejmowały głównie funkcje reklasyfikacji. Proces ten polegał na powtórnej klasyfikacji informacji zawartych w źródłowej bazie danych, czyli łączeniu (agregacji) danych według przyjętego poziomu szczegółowości tematycznej. W wyniku tego procesu powstają nowe warstwy informacyjne wektorowej bazy danych.

Podobny charakter ma funkcja przetwarzania danych jaką jest selekcja obiektów na podstawie ich charakterystyki. Operacja ta polega na określeniu warunków, jakie musi spełniać dany obiekt. Następnie poddaje się analizie całą warstwę informacyjną i wyznacza wszystkie pola, dla których przyjęte założenie jest prawdziwe.

Jeżeli zgromadzone w wektorowej bazie danych informacje są wiarygodne oraz odpowiednio dokładne, to wymienione powyżej sposoby wykorzystania danych pozwalają na opracowywanie zarówno prostych, jak i złożonych map tematycznych. Procedury prezentacji graficznej uzyskanych wyników są nierozłącznym elementem analiz przestrzennych. Obejmują one:

- proces projektowania legendy, czyli związania symboli kartograficznych (najczęściej ze standardowego zestawu) z obiektem na mapie efemerycznej,
- proces projektowania makiety mapy, czyli układu treści w stosunku np. do formatu ramki, miejsca położenia legendy itp.

Odrębną grupę analiz przestrzennych stanowią funkcje obliczeń statystycznych i matematycznych. Z reguły oprogramowania GIS oferują

mniejszy lub większy zestaw procedur statystycznych, wykonywanych przede wszystkim na atrybutach nieprzestrzennych, ale także na danych wyliczanych ze współrzędnych. Spośród procedur pozostających do dyspozycji użytkownika, wspólne dla większości systemów informacji geograficznej (w tym dla ARC/INFO) są m. in. informacje na temat liczebności obiektów w danej klasie, minimalnej, maksymalnej i średniej powierzchni danej klasy pokrycia terenu czy też ogólnej powierzchni danej klasy.

3. BORNE SULINOWO - POKRYCIE TERENU

Wektorowa baza danych poligonu Borne Sulinowo zawiera informacje o pokryciu terenu pozyskane ze zdjęć lotniczych wykonanych pięciokrotnie w latach 1953, 1964, 1975, 1985, 1993. Dodatkowo, uzupełniające informacje pozyskano ze zdjęć satelitarnych (Landsat MSS i TM - kompozycje barwne z lat 1979, 1985, 1992) oraz map topograficznych (skala 1 : 2500 - układ 1942). W pięciowarstwowej tematycznej bazie danych znalazły się więc informacje o pokryciu ziemi i sposobach zagospodarowania badanego terenu w momentach wykonywania zdjęć lotniczych i satelitarnych.

Wykorzystując możliwości przetwarzania, prezentacji i udostępniania tych informacji (oprogramowanie ARC/INFO i ARC View), opracowano wiele map tematycznych o różnym ujęciu treści a także zestawień liczbowych [1].

Są to przede wszystkim mapy ewidencjonujące pokrycie terenu w momencie wykonywania zdjęć lotniczych. Forma graficzna mapy jest w dużym stopniu zależna od technicznych możliwości urządzeń drukujących. Dla zachowania czytelności odpowiedniej formy graficznej opracowanych map, konieczne było dokonanie agregacji tematycznej źródłowej bazy danych. W wyniku tego na prezentowanych mapach (rys.1) wyznaczono następujące klasy pokrycia terenu:

- obiekty antropogeniczne,
- tereny zdegradowane,
- lasy zdegradowane,
- wrzosowiska i zakrzaczenia,
- lasy zwarte,
- lasy rozluźnione i w stanie zmian,
- wody,
- tereny podmokłe.

Nierozłącznym elementem zaprezentowanych map są dane liczbowe niezbędne do prowadzenia syntez i analiz, dokumentujące zaobserwowane zmiany środowiska na obszarze poligonu Borne Sulinowo. Dla każdej z klas pokrycia terenu wyznaczono jej minimalną, maksymalną, średnią i ogólną powierzchnię. Określono także procentowy udział danej klasy pokrycia terenu

w całości badanego obiektu oraz liczebność poszczególnych wydzieleń. Charakterystykę pokrycia terenu w latach 1953 i 1993 przedstawia tabela 1.

4. CHARAKTERYSTYKA ZMIAN POKRYCIA TERENU I STOPNIA ODKSZTAŁCENIA ŚRODOWISKA BORNEGO SULINOWA

Z analizy treści mapy, która przedstawia pokrycie terenu na obszarze poligonu Borne Sulinowo w 1953 r. (rys. 1) oraz wyprowadzonych zestawień statystycznych (tab. 1) wynika, że w 1953 r. (punkt początkowy analizy) dominującym elementem pokrycia terenu były zwarte, niskie formacje roślinne składające się głównie z siedlisk roślinności trawiastej oraz krzewów, krzewinek np. wrzosów, jałowca. Klasa ta zajmowała obszar 4430 ha (23,4% ogólnej powierzchni). Wysoki udział miały także lasy - głównie iglaste. Przeważały drzewostany rozluźnione (4143,6 ha), chociaż można było zaobserwować także lasy o wysokim stopniu zwarcia koron. Ta klasa pokrycia występuje na powierzchni 3015,8 ha. Te trzy elementy użytkowania stanowią 61,2 % powierzchni całego badanego poligonu.

Obiekty antropogeniczne były przeważnie skoncentrowane w północnej i południowej części poligonu, co wyraźnie ilustruje zamieszczona mapa (rys. 1). Zabudowa mieszkaniowo-koszarowa i obiekty inżynieryjno-techniczne wraz z placami i drogami dojazdowymi zajmowały powierzchnię 398,1 ha.

Obszary całkowicie lub częściowo pozbawione warstwy glebowo-roślinnej wskutek prowadzenia ćwiczeń i przemieszczania środków transportu i sprzętu specjalnego, zajmowały powierzchnię 2079,8 ha. Występowały głównie w północnej części obiektu.

Teren poligonu charakteryzował stosunkowo wysoki wskaźnik naturalności zbiorowisk roślinnych, o czym świadczy fakt, że ponad 81% terenu to takie grupy zbiorowisk roślinnych, jak naturalne zbiorowiska leśne, naturalne zbiorowiska zaroślowe, zbiorowiska trawiaste np. murawy.

Dzięki porównaniu danych o pokryciu terenu i analizie rozkładu powierzchniowego tych elementów możliwe było określenie dynamiki i głównych kierunków przekształceń środowiska w następnych latach.

Analizy przestrzenne wykazały, że w latach 1953 - 1964 :

- przybyło powierzchni całkowicie zdegradowanych - z 52,6 ha do 320 ha - przy prawie nie zmieniającej się powierzchni obiektów antropogenicznych,

- zwiększyła się powierzchnia lasów zarówno o zwarciu pełnym jak i rozluźnionym; sytuacja taka była spowodowana głównie opanowywaniem terenów (szczególnie w północnej części obiektu nad jeziorem Pile) przez drzewostany pochodzące z samosiewów,

- nastąpiły zmiany terenów pokrytych roślinnością trawiastą oraz zespołów roślinności krzewiastej i drzewiastej: w ciągu 11 lat powierzchnia tych klas pokrycia terenu zmniejszyła się o blisko 1300 ha.

Rys.1. Borne Sulinowo - pokrycie terenu w latach 1953-1993

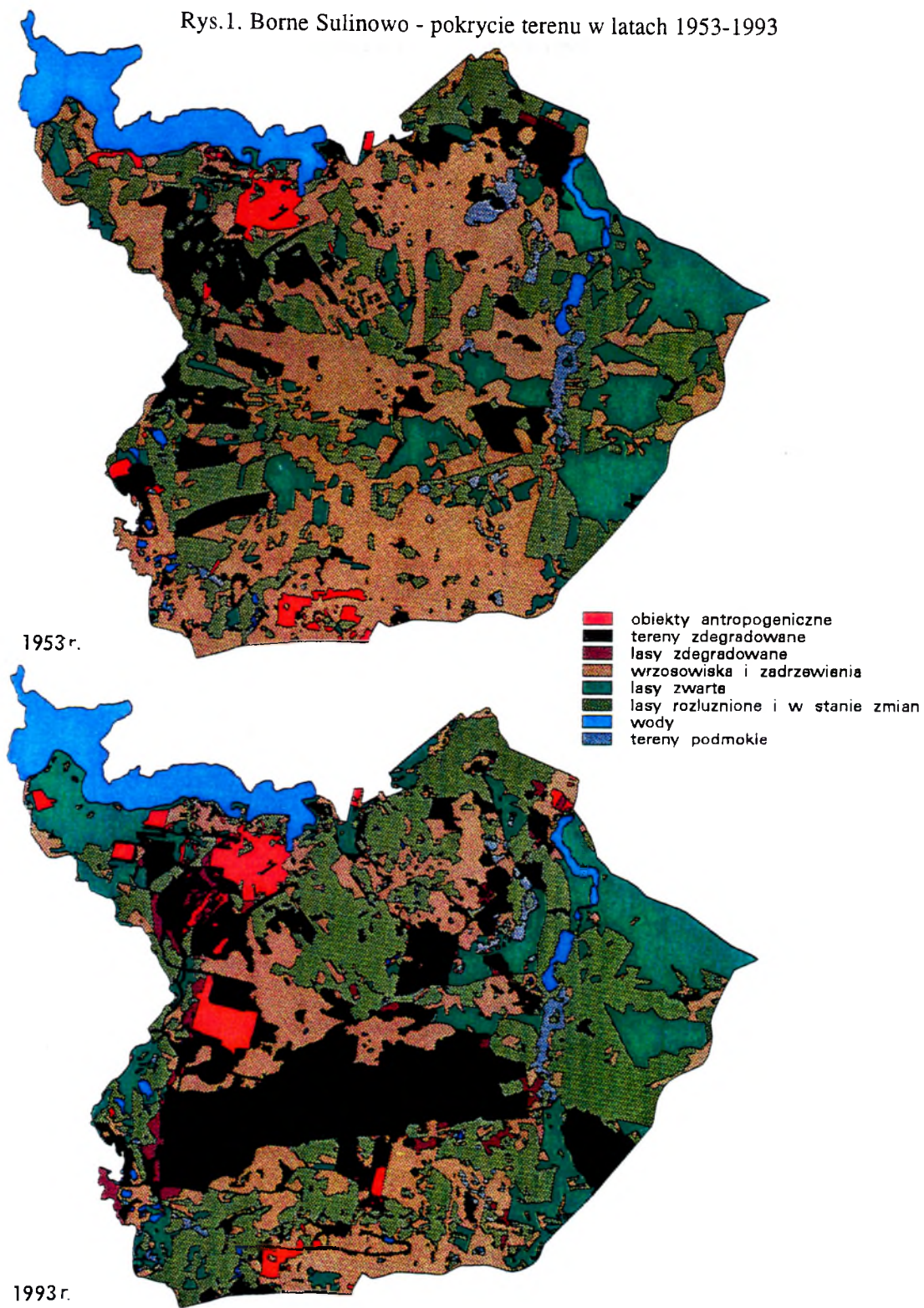


Tabela 1. BORNE SULINOWO. Pokrycie terenu w latach 1953-1993

Klasa pokrycia terenu	Liczba elementów		Powierzchnia			
			ogółem			
	1953	1993	w ha	w %	1953	1993
Tereny zdegradowane	9	60	52.6	617.4	0.2	3.3
Murawy i wrzosowiska zdegradowane	70	194	2027.2	3749.5	10.7	19.9
Lasy zdegradowane	3	63	21.1	371.1	0.2	2.0
Obiekty antropogeniczne	43	70	398.1	620.0	2.1	3.3
Wody	52	58	1180.0	1180.0	6.2	6.2
Tereny podmokłe	93	103	418.2	349.0	2.2	1.9
Łąki i pastwiska	33	35	144.7	151.2	0.8	0.3
Murawy i wrzosowiska	102	136	4430.0	1301.2	23.4	6.8
Murawy i wrzosowiska z zadrzewieniami	144	232	2790.9	2429.4	14.7	12.8
Lasy zwarte	107	55	3015.8	2880.2	15.9	15.2
Lasy rozluźnione	170	148	4143.6	4919.5	21.9	25.9
Las w stanie zmian	21	9	307.7	361.4	1.7	1.9
	838	1164	18929.9	18929.9	100.0	100.0

W następnych latach 1964 - 1985 można zaobserwować na tym terenie zmianę tendencji przekształceń środowiska geograficznego. Wraz z przeszło dziesięciokrotnym wzrostem powierzchni terenów zdegradowanych, szczególnie obszarów całkowicie pozbawionych warstwy glebowo-roślinnej, następuje wyraźne rozczłonkowanie powierzchni, czego dowodem jest wzrost liczności klas pokrycia terenu z 813 w 1964 r. do 1135 w 1985 r. oraz wzrost powierzchni

zajętych przez infrastrukturę inżynieryjno - techniczną z 405 ha w 1964 r. do powierzchni 617,1 ha w 1985 r.

Zmalała także powierzchnia lasów oraz drastycznie, bo z 3146,7 ha do 1507 ha, obszar muraw i wrzosowisk.

Konsekwencją tak rozległych zmian powierzchniowych jest odkształcenie roślinności. Dowodem tego jest ponad dwukrotny wzrost powierzchni terenów pozbawionych roślinności.

W ostatnim analizowanym przedziale czasowym w latach 1985 - 1993, nie obserwujemy wyraźnych zmian pokrycia terenu. Praktycznie, od 1985 r. powierzchniowe elementy środowiska - poza nielicznymi przypadkami - wykazują dużą stabilność i kształtują się na poziomie lat osiemdziesiątych.

Warto może zwrócić uwagę na to, że w 1993 r. dominującym elementem pokrycia terenu były lasy (zwarłe i rozluźnione) oraz obszary pokryte roślinnością trawiastą wraz z zespołami roślinności drzewiastej i krzaczastej z często występującymi kępami drzew lub luźno rosnącymi pojedynczymi drzewami. Łącznie klasy te stanowiły ponad 53% ogólnej powierzchni poligonu. Przypomnijmy, że w momencie wykonywania pierwszych zdjęć lotniczych udział tych klas w pokryciu terenu wynosił także ok. 53%.

W strukturze pokrycia terenu zwraca uwagę znaczny - bo liczący 3749,5 ha - udział siedlisk roślinności trawiastej z fragmentami zniszczonej warstwy glebowo-roślinnej (19,9 % ogólnej powierzchni).

Przedstawiona w tabeli 1 struktura pokrycia terenu oraz rozkład przestrzenny, który ilustruje rys. 1, nie obrazują całości problemu degradacji środowiska geograficznego Bornego Sulinowa. Nie wszystkie bowiem informacje o zanieczyszczeniach i zniszczeniach terenu można pozyskać na podstawie analizy zdjęć lotniczych czy satelitarnych. W większości przypadków wymagane, a niekiedy wręcz konieczne staje się łączenie danych pozyskanych na podstawie interpretacji z informacjami uzyskanymi w wyniku badań terenowych.

Dzięki prowadzonym przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska badaniom, których wyniki zostały zamieszczone w raporcie „Identyfikacja i wycena szkód ekologicznych spowodowanych przez stacjonujące w Polsce Wojska Federacji Rosyjskiej” [6], możliwe było uzupełnienie danych pozyskanych na podstawie analizy zdjęć lotniczych o dane terenowe.

Według dokonanej ekspertyzy w 1993 r. zanieczyszczenia gruntu produktami ropopochodnymi wystąpiły na obszarze 50 ha, a substancjami chemicznymi było zanieczyszczonych 14 ha poligonu. Wyniki badań fizykochemicznych wód podziemnych i powierzchniowych wykazały, że zostały one zniszczone na obszarze ponad 1000 ha (tab. 2). Choć te rodzaje degradacji stanowiły tylko 17,7% całej zdegradowanej powierzchni poligonu, to były czynnikami najbardziej naruszającymi równowagę biologiczną w ekosystemach środowiska. Likwidacja tych zanieczyszczeń jest nie tylko czasochłonna, ale wymaga też największych środków finansowych.

Tabela 2. BORNE SULINOWO.
Rodzaj degradacji oraz powierzchnia zniszczeń i zanieczyszczeń w 1993 r.

Rodzaj degradacji	Powierzchnia	
	w ha	w %
Zniszczenia warstwy glebowo-roślinnej	4290.2	69.9
Zniszczenia w lasach (np. wyręb, pożarzyska)	732.5	11.9
Składowiska odpadów	30.0	0.5
Zanieczyszczenia materiałami ropopochodnymi**	50.0	0.8
Zanieczyszczenia środkami chemicznymi**	14.0	0.2
Zanieczyszczenia wód**	1023.7	16.7
	6139.7	100.0

Sumując dane o degradacji środowiska poligonu zawarte w raporcie z informacjami uzyskanymi metodami bezkontaktowymi można stwierdzić, że w 1993 r. zniszczenia i zanieczyszczenia terenu objęły powierzchnię 6139,7 ha (tab. 2), a największy udział - bo aż 69,9% miały zniszczenia warstwy glebowo-roślinnej.

Według opracowanej przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska metodyki wyceny szkód ekologicznych [6] rekultywacja zniszczeń powierzchni terenu a więc niwelacja, nawożenie, obsianie trawą lub zalesienie wyniosłaby 700 USD za ha, likwidacja 1 ha szkód w lasach wymaga przeznaczenia na ten cel 2750 USD, likwidacja 1 ha składowisk odpadów obejmująca między innymi przeniesienie odpadów na nowe składowiska oraz rekultywację terenu starego składowiska wynosi 17 820 USD, natomiast koszt oczyszczenia 1 m³ gruntów zanieczyszczonych produktami ropopochodnymi wynosi 400 USD. Pełne oczyszczenie środowiska poligonu Borne Sulinowo wymaga nakładów finansowych rzędu 197 mln USD.

PODSUMOWANIE

Borne Sulinowo jest poniemieckim poligonem artyleryjskim przejętym w 1945 r. przez wojsko radzieckie. Należał on do największych i najważniejszych garnizonów wojskowych.

**Opracowano na podstawie analizy zdjęć lotniczych oraz danych PIOŚ (6)

Utworzona na podstawie danych teledetekcyjnych baza danych systemu informacji geograficznej pozwoliła na udokumentowanie w formie graficznej i statystycznej zmian, zwłaszcza w pokryciu terenu, które zostały spowodowane w wyniku stacjonowania na tym terenie wojsk radzieckich w latach 1953-1993.

Analizy przestrzenne wektorowej bazy danych wykazały, że zniszczenia objęły obszar 6139,7 ha, co stanowiło 34% analizowanego obiektu.

Degradacji uległy głównie naturalne zbiorowiska zaroślowe i trawiaste oraz lasy. Dominującym rodzajem degradacji były zniszczenia warstwy glebowo-roślinnej. Powierzchnia terenów całkowicie pozbawionych roślinności wzrosła w ciągu 40 lat (1953-1993) ponad dziesięciokrotnie. Ten rodzaj degradacji stanowił też blisko 70% ogólnej powierzchni zniszczeń i zanieczyszczeń.

Znaczny udział, co wykazały badania terenowe, w antropizacji środowiska geograficznego poligonu Borne Sulinowo miały także zanieczyszczenia materiałami ropopochodnymi i substancjami chemicznymi.

Likwidacja zniszczeń i zanieczyszczeń na terenie poligonu Borne Sulinowo wymaga, jak oszacowano, nakładów finansowych rzędu 197 mln USD.

Zaobserwowane procesy degradacji środowiska miały różne nasilenie i koncentrację. Najintensywniej występowały one w latach 1964-1985. Miejscem szczególnej koncentracji zniszczeń i zanieczyszczeń, co wykazały analizy rozkładu przestrzennego pokrycia terenu, jest północna część badanego obiektu.

Obszar ten powinien być przedmiotem dalszych, szczegółowych analiz przestrzennych wykorzystujących m.in. złożone operacje przetwarzania danych, np: nakładanie map (obiektów) czy też charakterystykę sąsiedztwa, pomiaru odległości i powiązań.

LITERATURA

- [1] Arc View User's Guide. ESRI. 1992.
- [2] Baranowski M.: Przetwarzanie danych w systemie SINUS. CPBP 04. 10. SGGW-AR Warszawa. 1990.
- [3] Będkowski K.: Niektóre ekonomiczne aspekty wprowadzania systemów informacji przestrzennej do gospodarstwa leśnego. Sylwan 1994 nr 3. Warszawa.
- [4] ESRI announces new generation Arc View . GIS Europe. Vol. 3. 1994.
- [5] Gaździcki J.: Systemy Informacji Przestrzennej. Warszawa 1990. PPWK.
- [6] Identyfikacja i wycena szkód ekologicznych spowodowanych przez stacjonujące w Polsce Wojska Federacji Rosyjskiej. Raport końcowy. Główny Inspektor Ochrony Środowiska 1994. Warszawa.

- [7] Jankowski R.: Przesłanki tworzenia systemu informacji o środowisku 1990. CPBP 04. 10. SGGW - AR Warszawa.
- [8] Poławski Z., F.: Teledetekcyjne dokumentowanie poradzieckich szkód ekologicznych. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii Tom XXL, 1994 zeszyt 89. Warszawa
- [9] SINUS - Opis eksploatacyjny (maszynopis). Instytut Geodezji i Kartografii. Warszawa.
- [10] Understanding GIS. The ARC/ INFO method. ESRI 1990.

Przyjęto do opublikowania w styczniu 1995

Recenzent: prof. dr hab. W. Bychawski

ZENON F. POŁAWSKI

APPLICATION OF REMOTE SENSING BASED GIS
FOR ASSESSMENT OF ECOLOGICAL DAMAGES
AT BORNE SULINOWO FORMER MILITARY AREA

S u m m a r y

GIS database created on the basis of remotely sensed information enabled to present in graphical and statistical form land cover changes, which were caused as a result of utilizing Borne Sulinowo area by Soviet army at the period 1953-93.

Spatial analyses of vector database revealed, that damages exist on the area of 6139.7 ha, i.e. 34% of the analysed site.

Forests and natural grasslands/bushes were mainly degraded. Damage of soil-vegetation cover was predominant type of degradation. Acreage of the area, which was totally devoided of vegetation, increased over 10 times during 40 years (1953-1993). This type of degradation reached almost 70% of the total area of damages and pollutions.

Pollution by oil and chemical materials has a great impact on anthropogenic transformations of geographic environment at Borne Sulinowo area; it was confirmed by ground examinations.

Removal of damages and pollutions within Borne Sulinowo area would require, according to preliminary assessment, financial input of about 197 mln USD.

The observed processes of environmental degradations were characterized by variable intensity and concentration. The highest transformations of environment appeared between 1964 and 1985. Most of damages and pollutions, as it was revealed by analyses of spatial land use distribution, was concentrated at northern part of the study area.

The area should be further thoroughly studied, applying detailed spatial analyses, which utilize complex data processing functions, for instance map overlaying, proximity analysis, distance and relational measurements.

Translation: Zbigniew Bochenek

ЗЕНОН Ф. ПОЛАВСКИ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
И СИСТЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ
НА ПОЛИГОНЕ БОРНЕ СУЛИНОВО

Р е з ю м е

Созданная на основе данных дистанционного зондирования база данных географической информации дала возможность документирования в графической и статистической форме изменений, в особенности в покрытии местности, которые произошли в результате стационарирования на этой территории советских войск в 1953-1993 годах.

Пространственные анализы векторной базы данных показали, что повреждения охватили пространство 6139,7 га, что составляло 34% анализируемого объекта.

Деградации подверглись, в основном, натуральная кустарниковая и травянистая среда и леса. Доминирующим видом деградации были разрушения почвенно-растительного слоя. Поверхность целиком лишённая растительности выросла в течение 40 лет (1953-1993) свыше десятикратного размера. Этот вид деградации составляет близко 70% общей поверхности нарушений и загрязнений окружающей среды.

Значительное участие, как показали полевые исследования, в антропоизации географической среды полигона Борне Сулиново имели загрязнения нефтяными продуктами и химическими веществами.

Ликвидирование разрушений и загрязнений на территории полигона Борне Сулиново требует, как вычислено, финансовых затрат порядка 197 млн. долларов.

Замеченные процессы деградации окружающей среды характеризовались переменным напряжением и концентрацией. Самая высокая динамика преобразования окружающей среды наступила в 1964-1985 годах. Местом особенной концентрации разрушений и загрязнений, как показали анализы территориального распределения покрытия местности, является северная часть исследуемого объекта.

Эта территория должна быть предметом дальнейших, подробных территориальных анализов, использующих, между прочим, сложные операции обработки данных, например: наложение карт (объектов) или также характеристику соседства, измерение расстояний и связей.

Перевод: Róża Tolstikowa