

ZASTOSOWANIE METOD TELEDETEKCYJNYCH DO IDENTYFIKACJI OBSZARÓW PODMOKŁYCH NA NIZINACH ŚRODKOWOPOLSKICH

IDENTIFICATION OF WETLANDS IN THE MIDDLE-POLISH LOWLANDS BY USING REMOTE SENSING METHODS

TATIANA SOLOVEY¹

Abstrakt. Obszary podmokłe oraz bagienne często stanowią siedliska dla ekosystemów o uznanych walorach przyrodniczych. Jednym z najbardziej uniwersalnych indykatorów obszarów mokradłowych jest roślinność. Podjęto próbę zastosowania zdjęć lotniczych oraz satelitarnych w celu wyróżnienia i identyfikacji bezleśnych obszarów podmokłych i bagiennych na podstawie zbiorowisk roślinności w wybranym rejonie Nizin Środkowopolskich. W opracowaniu wykorzystano ortofotomapy ze zdjęć lotniczych o naturalnych barwach oraz zdjęcia z satelity Landsat TM. Na podstawie fotointerpretacji oraz wskaźnika NDVI wyróżniono torfowiska przejściowe, wykształcone w toku zarastania jezior, obszary pokryte płytką warstwą wody z charakterystycznym występowaniem szuwarów właściwych, obszary bagienne oraz podmokłe z roślinnością łąkową. Oszacowano wielkość tych obszarów, przyrodniczą cenność ich fitocenoz oraz charakter zróżnicowania przestrzennego.

Słowa kluczowe: teledetekcja, zbiorowiska mokradłowe, fotointerpretacja, podmokłość, bagna.

Abstract. Marshes and swamps often provide a habitat for the development of ecosystems of recognized natural value. One of the universal indicators of wetland areas is vegetation. Based on plant communities, in the selected region of Middle-Polish Lowlands, an attempt of using aerial photos and satellite images was made to distinguish and identify woodless marsh and swamp areas. Orthophotomaps with natural colour from aerial images and Landsat TM satellite images were used in this study. Based on the photo interpretation and the NDVI ratio, transient peatlands that developed in the process of lake overgrowing, areas covered with shallow layer of water with a typical occurrence of common rushes, as well as swamp and marsh areas with meadow vegetation have been distinguished. Size of these areas, natural value of their phytocoenosis and tendencies in spatial variation have also been estimated.

Key words: remote sensing, wetland communities, photo interpretation, marsh, swamp.

WSTĘP

W niniejszym artykule przedstawiono metody identyfikacji obszarów podmokłych na podstawie zdjęć lotniczych. Cele opracowania to: omówienie podstawowych metod identyfikacji i monitorowania obszarów podmokłych, w tym ich uwilgotnienia, na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych, opisanie metodyki fotointerpretacji obszarów podmokłych

na zdjęciach lotniczych, zdalna identyfikacja podmokłości na wybranych obszarach Nizin Środkowopolskich oraz weryfikacja terenowa.

Pod pojęciem „podmokłość” w ujęciu hydrogeologicznym najczęściej rozumie się obszary przypowierzchniowego występowania wód podziemnych pierwszego poziomu wo-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy; ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: tatiana.solovey@pgi.gov.pl

dońskiego o zwierciadle swobodnym, przez większą część roku praktycznie pozbawione strefy aeracji (zwierciadło wód gruntowych pokrywa się z powierzchnią terenu) (Herbich i in., 2007). Według słownika hydrogeologicznego, podmokłość to obszarowy, nieskupiony wypływ wody podziemnej, który w związku z utrudnionym odpływem nasycza skalne utwory przypowierzchniowe, powodując zabagnienie i zatorfowanie terenu (Dowgiałło i in., 2002). W Ramowej Dyrektywie Wodnej, obszary wodno-błotne są rozpatrywane jako wewnętrzne wody powierzchniowe (Dyrektywa 2000/60/WE).

Przy identyfikacji obszarów podmokłych, bardzo przydatne są metody gleboznawczo-ekologiczne. W kontekście gleboznawczo-ekologicznym terminem zbliżonym do pojęcia podmokłość jest „siedlisko hydrogeniczne” („mokradło”), rozumiane jako siedlisko uwodnione w stopniu umożliwiającym występowanie w nim hydrofilnej roślinności oraz akumulację organicznych utworów glebowych (Okruszko, 1992). Podstawowe klasyfikacje siedlisk hydrogenicznym są oparte na określeniu warunków wodnych: typu zasilania oraz stosunków powietrzno-wodnych, które są podstawo-

wym kryterium jakie stosuje się do klasyfikacji mokradł ze względu na procesy glebotwórcze (Okruszko, 1983). Różni się pięć głównych procesów: próchnicowy, bagienny, błotny, namywany i gytiotwórczy. Na ich podstawie wydziela się odpowiednio rodzaje siedlisk hydrogenicznym: podmokłe, bagiennie (torfowe), błotne (mułowe), namywane i zatopione (gytiowe). W ujęciu gleboznawczo-ekologicznym siedlisko podmokłe jest najmniej wilgotnym siedliskiem hydrogenicznym, gdzie w stosunkach powietrzno-wodnych dominuje aerobioza.

W niniejszym opracowaniu obszary podmokłe są rozpatrywane w rozumieniu ogólnym, czyli jako siedliska hydrogeniczne. Jednym ze sposobów identyfikacji tych obszarów, a także pozyskiwania danych opisujących ich właściwości, może być zastosowanie metod teledetekcyjnych, które obejmują naziemne pomiary spektralne oraz zobrazowania lotnicze i satelitarne. Istotną częścią teledetekcji jest fotointerpretacja, czyli identyfikacja obiektów na podstawie cech rozpoznawczych, które są wyróżnikiem danego obiektu i charakteryzują go pod względem geometrii, struktury, właściwości optycznych i spektralnych.

ZASTOSOWANIE METOD TELEDETEKCYJNYCH DO IDENTYFIKACJI OBSZARÓW PODMOKŁYCH

W monitorowaniu krajobrazów bagiennych za pomocą obserwacji satelitarnych można wydzielić dwa główne kierunki badawcze: ocenę wilgotności gleb oraz właściwości siedlisk i roślinności. W badaniach tych są wykorzystywane dane określające ilość odbitego promieniowania z zakresu widzialnego oraz bliskiej i środkowej podczerwieni (400–2500 nm), promieniowania ciepłego (3000–16000 nm) oraz mikrofalowego (0,9–25 cm). W przypadku gleby wielkość odbicia w świetle widzialnym zależy od jej wilgotności. Sucha gleba charakteryzuje się wyższą wielkością odbicia promieniowania elektromagnetycznego niż wilgotna. Różnica w odbijalności zwiększa się również wraz ze wzrostem długości fali. Oznacza to, że większe jest skontrastowanie gleby suchej i wilgotnej w czerwonym zakresie widma widzialnego oraz w bliskiej podczerwieni. Główną przeszkodą przy ocenie uwilgotnienia utworów powierzchniowych w widmie optycznym jest pokrywa roślinna. Komórki roślin bardzo efektywnie rozpraszają fale elektromagnetyczne. Maksimum odbicia występuje w zielonym zakresie widma widzialnego, na poziomie 10–15%, natomiast w bliskiej podczerwieni następuje gwałtowny wzrost odpowiedzi spektralnej wahający się między 30 a 70% (Almeida i in., 2004).

Lepsze możliwości określenia przestrzennego zróżnicowania wilgotności gleby wykazują satelitarne obrazy radarowe. Szeroko wykorzystywanymi są zdjęcia z satelitów ENVISAT ASAR, MERIS, AATSR, MODIS, ALOS, RADARSAT. Do badań uwilgotnienia terenów niepokrytych roślinnością stosuje się obrazy radarowe rejestrowane w paśmie C (długość fali 5,7 cm) lub paśmie L (21 cm). Pro-

mieniowanie mikrofalowe wnika w glebę do głębokości 10–20 razy mniejszej niż długość fali i maleje w miarę wzrostu wilgotności, co w przypadku pasma L w warunkach średniego uwilgotnienia gleby daje głębokość penetracji około 10 cm (Engman, Chauhan, 1995). Ocena wilgotności gleby pokrytej roślinnością jest obciążona dużym błędem. W celu jego zmniejszenia do określenia wpływu roślinności na osłabienie sygnału długofalowego wykorzystywane są krótsze fale z pasm Ku (2 cm) i X (3 cm). W Instytucie Geodezji i Kartografii na podstawie informacji pozyskiwanej w widmie mikrofalowym opracowano metodę wyznaczania obszarów bagiennych o zróżnicowanym uwilgotnieniu (Dąbrowska-Zielińska i in., 2009). W tej metodzie o wilgotności gleby wnioskowano pośrednio na podstawie wartości współczynnika wstecznego rozpraszania, otrzymywanego ze zdjęć mikrofalowych z satelitów ERS-2, ALOS, ENVISAT ASAR i MERIS.

Obecnie uważa się, że najefektywniejsza metoda zdalnego monitorowania obszarów podmokłych powinna opierać się na synergetycznej informacji pozyskiwanej z pomiarów elektromagnetycznych, radarowych (SAR) i radiometrycznych (SMOS).

Na podstawie fotointerpretacji zdjęć lotniczych jest możliwa identyfikacja podmokłości na podstawie bioindykatorów – roślinności. Charakterystyczne zbiorowiska roślinne występujące na obszarach podmokłych wskazują na właściwości siedlisk hydrogenicznym, w tym warunki wodne. Określenie fotointerpretacyjnych cech roślinności hydrofilnej jest głównym zadaniem podczas identyfikacji obszarów

podmokłych na zdjęciach lotniczych. Najczęściej wykonywane zdjęcia lotnicze to obrazy rejestrujące promieniowanie odbite od powierzchni Ziemi w zakresie widzialnym (zdjęcia czarno-białe zwane panchromatycznymi oraz zdjęcia barwne w barwach naturalnych), a także w podczerwieni (Ciołkosz i in., 1999), które nadają się szczególnie dobrze do odróżniania roślinności od innych obiektów. Zdjęcia w barwach naturalnych, wykonane w dużej skali, znajdują zastosowanie przy wyznaczeniu obszarów podmokłych pokrytych roślinnością łąkową oraz identyfikacji torfowisk wysokich i przej-

ściowych. W celu rozróżnienia łąk o różnym uwilgotnieniu korzystne jest porównywanie dwóch zdjęć landsatowskich wykonanych w różnych terminach – w maju i we wrześniu. Na podstawie analizy wizualnej ustalono, że spośród kanałów spektralnych najlepsze zobrazowanie tworzą kanały 3 i 4. Dobre wyniki rozróżniania łąk silnie wilgotnych oraz mokrych daje kombinacja kanałów spektralnych – połączenie obrazu z kanału 4 z dwóch terminów (maj i wrzesień) i kanału 3 (wrzesień) (Kozłowska i in., 2004).

OBSZAR BADAŃ

Teren badań o powierzchni około 1164 km² jest położony we wschodniej części Nizin Środkowopolskich i obejmuje powiat miński w województwie mazowieckim. Północno-zachodnia część obszaru jest zaliczana do Równiny Wołomińskiej, południowo-zachodnia – do Równiny Garwolińskiej, północna i środkowa – do Wysoczyzny Kałuszyńskiej, a wschodnia – do Obniżenia Węgrowskiego (Kondracki, 2000).

Typową cechą współczesnej rzeźby opisywanego obszaru jest zdecydowana przewaga terenów pagórkowatych, o wysokości zróżnicowanej od około 110 m n.p.m. w dolinie Świdra do około 220 m n.p.m. na szczytach Wysoczyzny Kałuszyńskiej. Tworzą one trzy typy genetyczne rzeźby: zdenudowane wysoczyzny morenowe, równiny denudacji peryglacialnej oraz holocenijskie równiny akumulacji rzecznej. Najszerzej rozprzestrzenione są zdenudowane i zerodowane wysoczyzny polodowcowe zlodowacenia środkowopolskiego. W ich obrębie dominują plejstoceńskie morenowe gliny piaszczyste oraz piaski gliniaste. Rozległe równiny akumulacji rzecznej obserwuje się wzdłuż doliny Liwca i jego dopływu Kostrzynia oraz doliny Świdra. Na znacznej powierzchni występują tereny podmokłe pokryte łąkami.

Do największych obszarów torfowiskowych na terenie badań należą rezerваты „Rogoźnica” i „Bagno Pogorzal” –

torfowiska niskie oraz „Strugi Krzywickie” – torfowisko wysokie. Tereny mokradłowe leżą w dolinach rzek Świdra, Witówki oraz Kostrzynia.

Na obszarze badań płytkie wody podziemne występują w piaszczystych aluwiach dolin rzek oraz fluwioglacjalnych osadach piaszczysto-żwirowych, a także w kopalnych strukturach wodonośnych. Fluwioglacjalne struktury piaszczysto-żwirowe występujące jako przewarstwienia wśród utworów morenowych mają największy zasięg na omawianym obszarze, zwłaszcza na wysoczyznach. Zwierciadło wód pierwszego poziomu wodonośnego na wysoczyznach występuje zazwyczaj na głębokości od 2 do 5 m p.p.t.

W dolinach rzecznych (Świdra, Witówki, Kostrzynia, Rządzy, Czarnej, Długiej, Mieni) pierwszy poziom wodonośny jest zbudowany głównie z utworów facji rzecznych, sedymentujących w holocenie oraz z piasków o charakterze fluwioglacjalnym. Zwierciadło wód podziemnych występuje współkształtnie do powierzchni terenu na niewielkiej głębokości – od 1 do 2 metrów.

Pierwszy poziom wodonośny jest praktycznie niezolowany od powierzchni terenu, co umożliwia jego infiltracyjne zasilanie. System krążenia wód tego poziomu ma charakter wybitnie lokalny.

METODYKA BADAŃ

Identyfikację obszarów podmokłych w powiecie mińskim przeprowadzono w ramach realizacji projektu „Opracowanie narzędzia umożliwiającego identyfikację obszarów przyrodniczo cennych w krajobrazie rolniczym”. Ze względu na zadanie projektu, rozpoznanie obszarów podmokłych dotyczyło wyłącznie siedlisk przyrodniczo cennych – szwarów właściwych i wielkoturzycowych, mechowisk, torfowisk przejściowych i trzęsawisk, torfowisk wysokich oraz łąk wilgotnych. Przyjęto zasadę wydzielenia obiektów o minimalnej powierzchni 1 ha.

W pracy zostały wykorzystane następujące materiały:

- ortofotomapy uzyskane na podstawie zdjęć lotniczych z roku 2006 (sierpień) o naturalnych barwach i rozdzielczości przestrzennej 0,5 m;
- zobrazowanie satelitarne Landsat TM z 2006 roku;
- mapa glebowo-rolnicza w skali 1:10 000;
- cyfrowy model wysokościowy o rozdzielczości 10 m;
- mapa topograficzna w skali 1:50 000;
- mapa hydrograficzna w skali 1:50 000;
- warstwy tematyczne Systemu Informacji Przestrzennej o Mokradłach Polski.

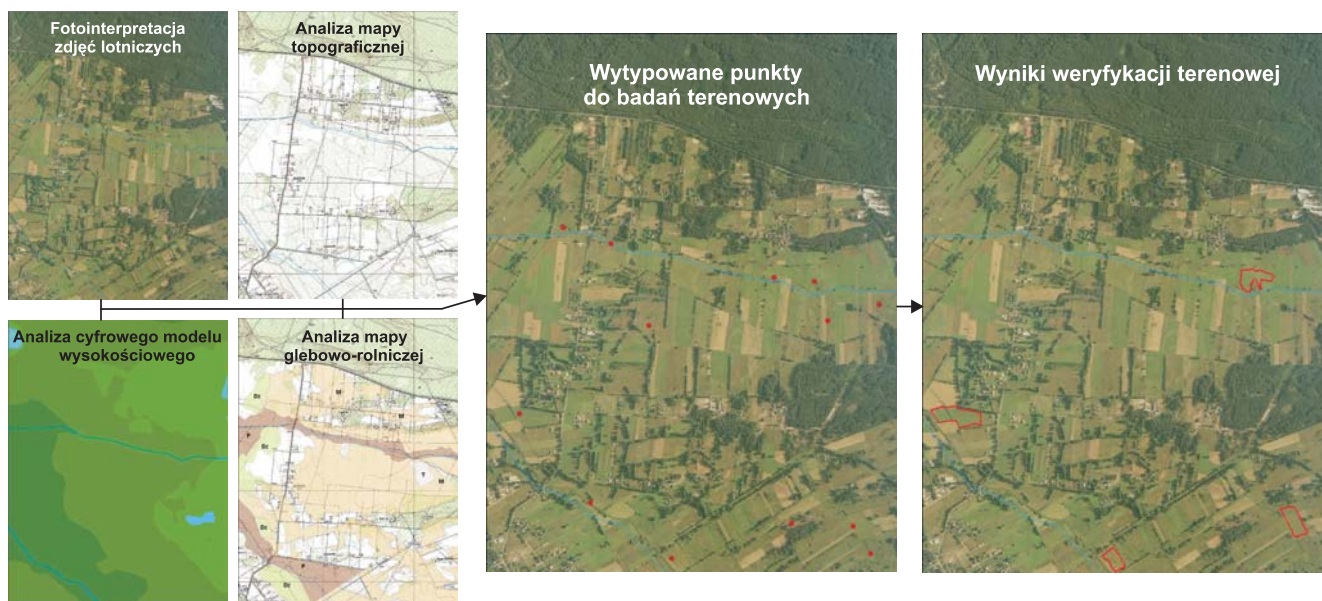


Fig. 1. Etapy identyfikacji obszarów podmokłych oraz mokradłowych zbiorowisk roślinnych

Identification stages of marsh and wetland communities

Wszystkie dane zostały zgromadzone w środowisku GIS. Analizy przestrzenne na danych wektorowych, rastrowych oraz ortofotomapach lotniczych wykonano w oprogramowaniu ArcGIS 9.3 firmy ESRI.

Główną metodą teledetekcji jest fotointerpretacja manualna zdjęć lotniczych, która opiera się na kluczu fotointerpretacyjnym do identyfikacji wymienionych fitocenoz mokradłowych oraz powiązaniu warunków glebowo-geomorfologicznych z pokrywą roślinną. Na podstawie wzajemnych powiązań zbiorowisk roślinnych z formami rzeźby terenu i typem gleb wytypowano identyfikatory poszukiwanych obiektów. Warunki geomorfologiczne oraz glebowe interpretowano na podstawie cyfrowego modelu wysokościowego, mapy geomorfologicznej, geologicznej oraz glebowo-rolniczej. Jako metodę pomocniczą zastosowano analizę pokrywy roślinnej, wykorzystującą wskaźnik zieleni NDVI

(*Normalized Difference Vegetation Index*), czyli współczynnik odbicia fal czerwonych i z zakresu bliskiej podczerwieni (Sims, Gamon, 2003). Wskaźnik NDVI obliczono na podstawie zdjęć landsatowskich.

W lipcu i sierpniu 2010 r. dokonano konfrontacji terenowej rzeczywistej roślinności wytypowanych fitocenoz z jej obrazem na ortofotomapie. Wydzielenia na ortofotomapie różniące się fotofonem (barwą), strukturą lub teksturą zidentyfikowano w terenie i ponumerowano, przypisując odpowiadające im typy fitocenoz. Wyróżnione na ortofotomapach i zidentyfikowane w terenie typy fitocenoz stanowią klucz do fotointerpretacji zbiorowisk mokradłowych, a pośrednio – do identyfikacji obszarów podmokłych.

Schemat procedury identyfikacji obszarów podmokłych oraz mokradłowych zbiorowisk roślinnych przedstawiono na figurze 1.

WYNIKI BADAŃ

W powiecie mińskim, poza obszarami chronionymi, zidentyfikowano 113 przyrodniczo cennych obiektów mokradłowych o powierzchni ogólnej 286 ha. Należały one do 4 grup zbiorowisk roślinnych: szuwały właściwe, szuwały wielkoturzycowe, łąki wilgotne i torfowiska przejściowe. Najliczniejszą grupę stanowiły łąki wilgotne – 50 obiektów, każde z pozostałych siedlisk było reprezentowane przez ok. 20 obiektów.

Na terenie badań najłatwiejsze w rozpoznawaniu na ortofotomapach były torfowiska przejściowe, które występowały na śródeślnych zarastających jeziorach oligo-humotro-

ficznych. Główne ich cechy fotointerpretacyjne to: ziarnista bezkępkowa struktura, zgniłzielony kolor, obecność oczek wodnych na pomoście torfowcowym.

Szuwały właściwe najczęściej występują w strefie brzegowej zbiorników wód powierzchniowych. Przy fotointerpretacji te zbiorowiska są dobrymi indykatorami obszarów stale pokrytych wodą. Szuwały właściwe mogą rozwijać się w warunkach pokrycia terenu wodą od kilkunastu cm do nawet 2 m. Na terenie badań szuwały właściwe przeważnie były zlokalizowane na brzegach eutroficznych zbiorników wodnych lub wód płynących, rzadziej – na torfowiskach

Tabela 1

Powierzchnia zidentyfikowanych obszarów mokradłowych w powiecie mińskim
Size of identified marsh areas in the district of Mińsk

Jednostki fizycznogeograficzne	Siedliska mokradłowe [ha]				
	bagiennie-błotne			podmokłe	ogółem
	torfowiska przejściowe	szuwały właściwe	szuwały wielkoturzycowe	łąki wilgotne	
Równina Wołomińska	34,55	12,04	4,28	9,24	60,11
Równina Garwolińska	9,75	8,88	40,11	41,13	99,87
Obniżenie Węgrowskie	4,55	14,15	28,58	51,69	98,97
Wysoczyzna Kałuszyńska	0,00	4,91	5,89	16,13	26,93
Powiat miński	48,85	39,98	78,86	118,19	285,88
	17,1%	14,0%	27,6%	41,3%	100,0%

niskich. Wyniki fotointerpretacji szuwarów właściwych charakteryzowały się wysoką wiarygodnością – ponad 80%. Najłatwiejsze w rozpoznaniu były szuwały trzcinowe, które na orotofotomapach miały sinoniebieską barwę z widocznymi pędami trzciny.

Za pomocą szuwarów wielkoturzycowych jest możliwa identyfikacja mokradeł okresowo zalewanych lub podtapianych, o małych rocznych wahaniami poziomu wód gruntowych (0,0–0,3 m p.p.t.). Szuwały wielkoturzycowe występują na siedliskach bagiennych i mokrych, natomiast łąki wilgotne mogą być podstawą do wnioskowania o obszarach podmokłych (siedliskach wilgotnych, a nie bagiennych) z płytkim występowaniem wód gruntowych na głębokości kilkudziesięciu centymetrów, a wiosną – najczęściej z wodą stagnującą na powierzchni. Odróżnienie na zdjęciach lotniczych o naturalnych barwach szuwarów wielkoturzycowych (łąk bagiennych i mokrych) od łąk wilgotnych jest praktycznie niemożliwe ze względu na bardzo podobne odwzorowanie oraz wpływ użytkowania – głównie koszenia. Z uwagi na duże podobieństwo odbicia spektralnego występują trudności w oddzielaniu zbiorowisk łąkowych od agrocenoz, w szczególności od upraw zbożowych i samozadarnień porolnych. W interpretacji upraw rolnych drobnopowierzchniowych szczególne znaczenie ma fakt ich występowania w postaci różnokolorowych rozłogów z przewagą struktury pasowej.

Nieużytkowane (ze względu na nadmierne uwilgotnienie dla rolnictwa) łąkowe siedliska mokre i bagienne oraz łąki wilgotne, gdzie zaniechano użytkowania (z innych przyczyn niż uwilgotnienie), na wykorzystanych ortofotomapach przyjmowały barwę szarozieloną (brudnozieloną) oraz strukturę

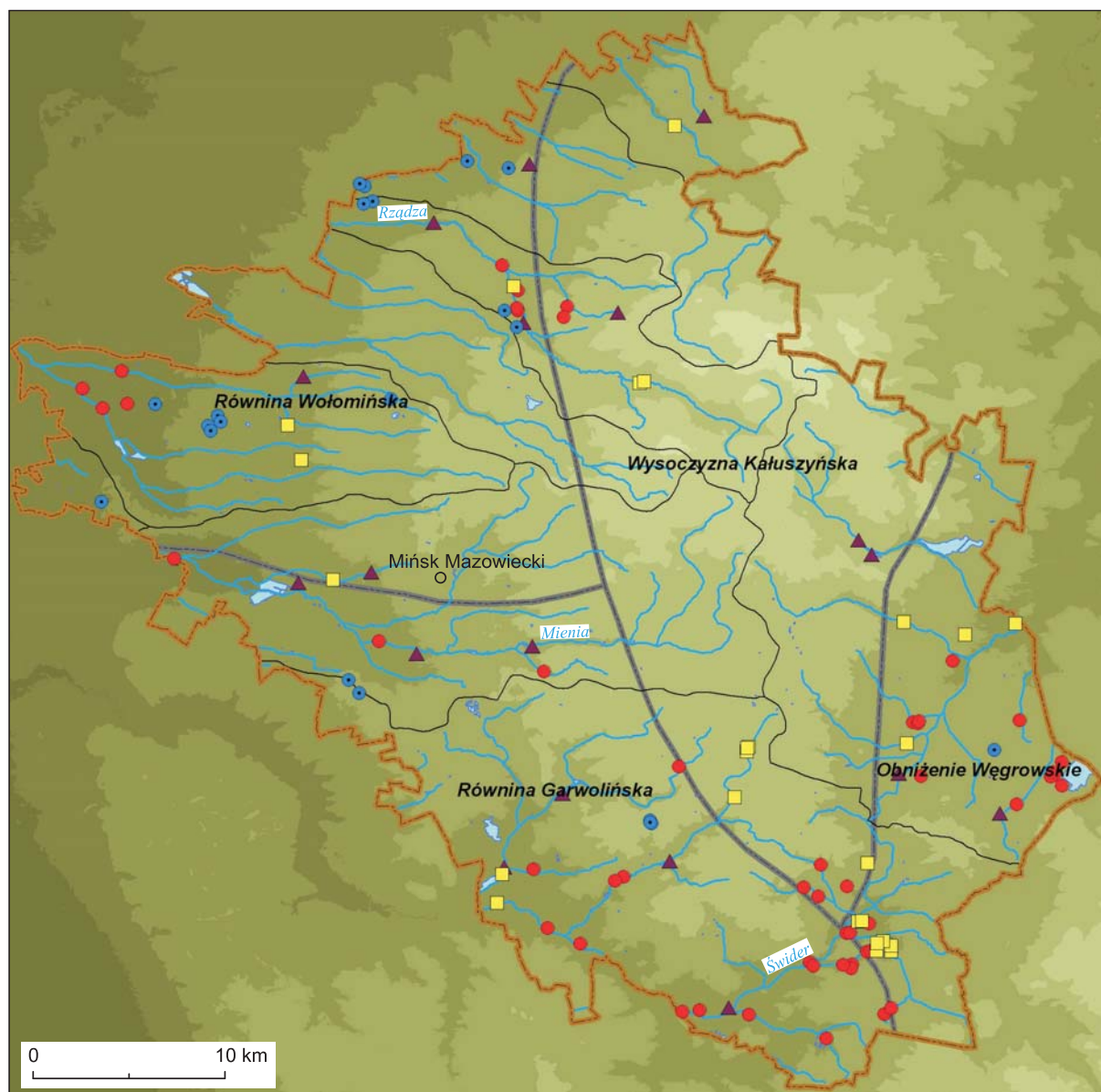
plamistą. Wyróżnianie wśród łąk nieużytkowanych siedlisk mokrych i bagiennych od umiarkowanie wilgotnych jest możliwe na podstawie analizy cech strukturalnych obrazu. Tekstura pasowa (pasy żółte lub jasnozielone na przemian z szarozielonymi) odzwierciedla pasowy układ użytkowania łąk. W terenie często spotyka się łąki wilgotne, gdzie występują na przemian pasy łąk użytkowanych oraz nieużytkowanych. Układ plamisty odzwierciedla naturalne zróżnicowanie waunków siedliskowych, w tym przypadku łąki o różnym stopniu uwilgotnienia. Na podstawie cech strukturalnych można wydzielać łąki siedlisk mokrych i bagiennych od pozostałych siedlisk użytków zielonych. Łąki bagienne są odwzorowane w barwie brudnozielonej i strukturze plamistej. Oprócz cech strukturalnych zauważono, że większość użytkowanych łąk umiarkowanie wilgotnych wyróżnia się wyższymi wartościami wskaźnika NDVI w porównaniu z łąkami siedlisk mokrych i bagiennych.

Zidentyfikowane według powyższej metodyki obszary podmokłe oraz bagienne, na których występują przyrodniczo cenne siedliska, w powiecie mińskim są zlokalizowane głównie na Równinie Garwolińskiej i w Obniżeniu Węgrowskim w dnach dolin większych rzek (fig. 2). W mniejszej ilości mokradła występują na Równinie Wołomińskiej, są one usytuowane głównie na międzyrzeczu, zwłaszcza w obrębie akumulacyjno-zastoiskowej części równiny, rzadziej w części denudacyjno-peryglacialnej. Specyficzną cechą mokradeł tej jednostki jest dominacja torfowisk przejściowych. Informację dotyczącą powierzchni zidentyfikowanych obszarów mokradłowych w obrębie jednostek fizycznogeograficznych przedstawia tabela 1.

WNIOSKI

Przedstawiona w artykule metoda fotointerpretacji zdjęć lotniczych i satelitarnych (Landsat), zarejestrowanych w fazie wegetacji, pozwala identyfikować mokradła za pomocą

bioindykacji oraz interpretować zróżnicowanie ich uwilgotnienia. Metoda ta pośrednio pozwala na ocenę głębokości położenia pierwszego zwierciadła wód podziemnych. Można



Zbiorowiska roślinne:
Plant communities:

- torfowiska przejściowe
poor fens
- szuwały wielkoturzycowe
tall sedge communities
- łąki wilgotne
wet meadows
- ▲ szuwały właściwe
reed rushes

- granica powiatu mińskiego
district border in the minsk country
- granica mezoregionu
fizyczno-geograficznego
border physical-geographical mesoregion
- granica zlewni
watershed border

Wysokość [m n.p.m.]
Altitude [m a.s.l.]

- 80–100
- 100–120
- 120–140
- 140–160
- 160–180
- 180–200
- 200–220
- 220–240

Fig. 2. Występowanie wybranych siedlisk o wysokich walorach przyrodniczych na obszarach podmokłych oraz bagiennych powiatu mińskiego

Occurrence of some wetland communities of natural value in marsh and swamp areas in the district of Mińsk

ją wykorzystywać do obserwacji i oceny przestrzenno-czasowych zmian roślinności, jest zatem wskazana do monitoringu kompleksów wodno-bagiennych.

Analiza cech strukturalnych i fototonu obrazu oraz wartości NDVI umożliwiła:

- identyfikację torfowisk wykształconych w trakcie zarastania jezior;
- wyróżnienie obszarów pokrytych płytą warstwą wody stagnującej lub płynącej z charakterystycznym występowaniem szuwarów właściwych;

- odróżnianie obszarów bagiennych od podmokłych na podstawie łąk bagiennych i umiarkowanych uwilgotnionych nieużytkowanych;
- odróżnianie łąk, na których zaniechano użytkowania od łąk użytkowanych.

Na podstawie fotointerpretacji zdjęć lotniczych oraz badań bezpośrednich w powiecie mińskim wyróżniono i zidentyfikowano 113 przyrodniczo cennych siedlisk mokradłowych o powierzchni ogólnej 286 ha, z czego około 60% to obszary bagiennie-błotne, a reszta – podmokłe.

LITERATURA

- ALMEIDA T.I.R., De SOUZA FILHO C.R., ROSSETTO R., 2004 — Principal component analysis applied to feature-oriented band ratios of hyperspectral data: a tool for vegetation studies. *Intern. J. Remote Sensing*, **25**: 5005–5023.
- DĄBROWSKA-ZIELIŃSKA K., BUDZYŃSKA M., LEWIŃSKI S., HOŚCIŁO A., BOJANOWSKI J., 2009 — Application of remote and *in situ* information to the management of wetlands in Poland. *J. Envir. Manag.*, **90**: 2261–2269.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A., MACIOSZCZYK T., ROŻKOWSKI A. (red.), 2003 — Słownik hydrogeologiczny. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- DYREKTYWA 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnego działania w dziedzinie polityki wodnej.
- CIOŁKOSZ A., MISZALSKI J., OŁĘDZKI J., 1999 — Interpretacja zdjęć lotniczych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- ENGMAN E.T., CHAUNHAN N., 1995 — Status of microwave soil moisture measurements with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, **51**: 189–198.
- HERBICH P., ĆWIERTNIEWSKA Z., CZEBRESZUK J., FERT M., GEJ K., MORDZONEK G., NIDENTAL M., PRZYTUŁA E., WĘGLARZ D., WOŹNICKA M., 2007 — Wskazania metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy GIS Mapy hydrogeologicznej Polski. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- ILNICKI P., 2002 — Torfowiska i torf. Wyd. A. R., Poznań.
- KONDRACKI J., 2000 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOZŁOWSKA T., KOSIŃSKI K., SZYMCZAK R., ZIAJA W., 2004 — Zastosowanie wskaźnika NDVI do wyróżniania łąk o różnym poziomie użytkowania i uwilgotnienia. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie*, **4**, 2(11): 201–218.
- OKRUSZKO H., 1983 — Zróżnicowanie warunków hydrologicznych mokradeł w aspekcie ich melioracji. *Wiad. IMUZ*, **15**, 1: 13–31.
- OKRUSZKO H., 1992 — Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. *Wiad. IMUZ*, **79**: 5–14.
- SIMS D.A., GAMON J.A., 2003 — Estimation of vegetation water content and photosynthetic tissue area from spectral reflectance: a comparison of indices based on liquid water and chlorophyll absorption features. *Remote Sensing of Environment*, **84**: 526–537.

SUMMARY

The interpretation of aerial photos and verification of some field sites of potential occurrence of wetlands allowed the identification of 113 valuable natural wetland habitats in the district of Mińsk. These areas cover an area of 286 ha, of which about 60% are marshlands and muddy areas and the rest are wetlands. Identified as valuable objects, they belong to four groups of inventoried marsh habitats, including non-forest areas such as reed rushes, tall sedge communities and wet meadows. Forest areas were represented by poor

fens. Most of the habitats are fluvio-genic and soligenic wetlands. The former, mainly recharged by surface water, are located predominantly in the valleys of the larger rivers of Świder, Mienia and Rządza. The latter are recharged primarily by groundwater and are located mostly in the marginal zones of river valleys, mainly in the Świder River and the Kostrzynia River. The identified objects can be included into three types of hydrogenic habitats: waterlogged areas, bogs and mud areas.