KRYSTYNA KONECKA-BETLEY

GLEBY KOPALNE I RELIKTOWE WYDM OKOLIC WARSZAWY

Instytut Gleboznawstwa SGGW-AR w Warszawie

WSTĘP

Podstawą badań glebowo-ekologicznych do charakterystyki środowiska geograficznego w późnym plejstocenie i holocenie na obszarach wydmowych są strefy nagromadzenia substancji organicznej, zabarwione czarno lub szaro. Strefy te są różnorodne i występują albo jako poziomy kopalne, albo na aktualnej powierzchni wydm jako poziomy akumulacyjne, reliktowe, często poligenetyczne. Łącznie z leżącymi poniżej poziomami genetycznymi umożliwiają rozpoznanie procesów glebotwórczych, a co za tym idzie, rozpoznanie typologiczne śródwydmowych gleb kopalnych o różnej randze wiekowej.

Gleby kopalne i reliktowe na obszarach wydmowych okolic Warszawy [7, 11] i w Polsce [15, 16] wiążą się ściśle z powstawaniem lub zanikaniem procesów eolicznych, czyli z ocieplaniem lub oziębianiem klimatu, a co za tym idzie, z rozwojem różnych zbiorowisk roślinnych. Pewną prawidłowością w tych glebach jest to, że górne poziomy lub strefy nagromadzania substancji organicznej są młodsze od dolnych, pomijając poziomy organiczne z przepływem wód gruntowych, które mogą odmładzać głębsze warstwy organiczne. Gleby te mogą się tworzyć z materiału mineralnego jak i organicznego, co daje dużą różnorodność typów i podtypów glebowych. Piaszczysty substrat na wydmach, niezależnie od klimatu, ogranicza jednak występowanie nawet w optimum klimatycznym holocenu lasów liściastych rosnących głównie na siedliskach żyznych, zasobnych w składniki pokarmowe. Dlatego na wydmach tworzą się głównie gleby z klasy gleb bielicoziemnych.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono rozwój procesów glebotwórczych i charakterystykę śródwydmowych gleb kopalnych i reliktowych okolic Warszawy [9, 1] w oparciu o kilka zbadanych podstawowych odsłonięć, jak nr 1 — stanowisko Cięciwa, nr 2 — stanowisko Wiązow-

na, nr 3 — stanowisko Wiązowna-Piekiełko, nr 4 — stanowisko Całowanie, nr 5 — stanowisko Nart i nr 6 — rezerwat Granica. W badanych odsłonięciach wykonano z poziomów genetycznych analizy granulometryczne i mineralogiczne, analizy niektórych właściwości fizykochemicznych, frakcjonowaną analizę substancji organicznej oraz datowania radiowęglem. Zwrócono również uwagę na analizy palinologiczne przeprowadzone przez specjalistów na tym obszarze. Na tej podstawie starano się skorelować procesy glebotwórcze zachodzące w wydmach na prawym i lewym brzegu Wisły pod koniec plejstocenu i w holocenie w celu rekonstrukcji krajobrazu geochemicznego oraz wnioskować o dłuższej lub krótszej stabilności ówczesnych ekosystemów.

STRATYGRAFIA WYDM

Piaski, które tworzą wydmy Kotliny Warszawskiej, powstały ze zniszczenia i redepozycji starszych piasków czwartorzędowych. Są to głównie piaski pochodzenia fluwialnego i fluwioglacjalnego. Ich frakcja ciężka zawiera przede wszystkim minerały pochodzące z wietrzenia narzutowych skał krystalicznych, które ulegały wielokrotnemu przemieszczaniu.

Główne właściwe fazy wydmotwórcze okolic Warszawy przypadają według K o b e n d z i n y [8] na najstarszy, a szczególnie starszy dryas, czyli na schyłek plejstocenu. Autorka ta uważa, że wydmy powstają na dwóch tarasach: starszym nadzalewowym i młodszym zalewowym.

Według R ó ż y c k i e g o [17] wydmy Kotliny Warszawskiej powstałe u schyłku plejstocenu występują na różnych wiekowo tarasach Wisły, a mianowicie na tarasie otwockim IIc, tarasie falenickim IIb oraz praskim IIa. Za Różyckim podobne oznaczenia późnoglacjalnych tarasów w dolinie Wisły stosuje w swej pracy N o w a k [14] oraz U r b a n i a k - - B i e r n a c k a [20]. Tworzenie się tarasu IIc otwockiego przypada na okres schyłkowy fazy pomorskiej, a być może i wcześniej, aż do najstarszego dryasu. Taras falenicki IIb (nazywany również niekiedy przez Różyckiego praskim) wytworzył się w Bøllingu, a taras praski IIa, w wyniku dalszego wcinania się Wisły, w Allerødzie [14].

Biorąc pod uwagę datowanie radiowęglem substancji organicznej i badania archeologiczne [18, 19, 9, 1] oraz koncepcje tworzenia się i wieku tarasów, można wyrazić pogląd, że w Kotlinie Warszawskiej na różnych wiekowo tarasach powstawanie wydm późnego plejstocenu i wczesnego holocenu, a następnie gleb odbywało się w tym samym okresie.

W okresie najstarszego dryasu, klimacie subarktycznym ze średnią lipca poniżej 10°C, który jest początkiem powstawania wydm u schyłku glacjału, tworzyły się niskie formy wydmowe. Wznosiły się one od 1 do

3 m nad powierzchnię tarasu madowego. Formy te nie objęte procesami glebotwórczymi mogły być źródłem materiału do wywiewania i późniejszego tworzenia się następnej generacji wydm. W niektórych przypadkach mułki tarasu madowego mogły również być substratem dla powstawania inicjalnych gleb.

Ocieplenie klimatu w interstadiale Bølling spowodowało wkroczenie lasotundry. Na obszarze Kotliny Warszawskiej w dotychczas znanych stanowiskach nie stwierdzono jednoznacznie na materiale mineralnym inicjalnej gleby tego okresu. Istnieją jednak przypuszczenia, że zachowała się ona w wydmach w formie bardzo cienkiego poziomu organicznego [10, 1]. Podobne rozpoznanie podaje Wasylikowa [21] dla stanowiska Nart, opierając się na materiałach palinologicznych Borówko-Dłużakowej [2].

W starszym dryasie klimat oziębia się i zostaje wznowiona działalność wydmotwórcza o różnym nasileniu. Prowadzi to do zniszczenia, jeżeli były, inicjalnych gleb poprzedniego interstadiału. Miąższość wydm pradoliny Wisły dochodzi do 10–15 m wysokości, a według Kobendziny nawet i wyższych. Autorka ta widzi w starszym dryasie zakończenie działalności wydmotwórczej na obszarze Puszczy Kampinoskiej. Na wydmach występują wtedy pojedyncze rośliny drzewiaste, które jednak w bardzo małym stopniu wpływają na tworzenie się gleb.

Ocieplanie klimatu w interstadiale Allerød ze średnią temperaturą lipca 16°C powoduje przerwanie działalności wydmotwórczej i pojawienie się zwartej roślinności drzewiastej. W pierwszej fazie tego okresu występują lasy brzozowe, a w drugiej brzozowo-sosnowe, z bogatszą roślinnością zielną. Rozpoczyna się nowy cykl tworzenia gleb zarówno na utworach piaszczystych wydmowych, jak i w terenach, gdzie występują bogatsze skały lub utwory organiczne [8, 2, 3, 19].

Pewne oziębienie klimatu i zubożenie zbiorowisk roślinnych po interstadiale Allerød w okresie młodszego dryasu prowadzi do wznowienia działalności wydmotwórczej. Przyczynia się do tego również klimat dość suchy, ze średnią lipca około 12°C, o cechach kontynentalnych. Występują w tym okresie ruchy wody w jeziorach, których poziom obniża się ostatecznie w środkowej i ostatniej fazie młodszego dryasu. W jeziorach tworzy się w tym czasie niezbyt miąższy poziom gytii.

Ogólnie przyjmuje się, że w środkowej Polsce w okresie młodszego dryasu działalność wydmotwórcza nie jest zbyt silna. Wysokość wydm dochodzi do 3–5 m. Nie wszędzie naturalna działalność wydmotwórcza zanika w ostatniej fazie młodszego dryasu [22, 14], na niektórych obszarach ponawia się ona jeszcze w okresie preborealnym i borealnym.

Powstałe wydmy opanowuje ponownie roślinność, wkraczają bory sosnowe i rozpoczyna się na nowo gromadzenie substancji organicznej, ini-

cjujące rozpoczęcie się na piaskach młodszego dryasu procesów glebotwórczych. Nasilenie tych procesów przypada na okres atlantycki i trwa plus minus do okresu subborealnego.

Od okresu subborealnego powstawanie wydm jest związane z nasilającą się antropogenizacją środowiska, powodowaną działalnością człowieka. W okresie subborealnym, charakteryzującym się ochłodzeniem klimatu, następuje wylesienie niektórych wydm lub całych zespołów wydmowych. Uruchomione przez człowieka piaski prowadzą do powstawania wydm antropogenicznych. Zjawiska te występują jednak lokalnie i trwają przez subatlantikum do dnia dzisiejszego.

ROZWÓJ PROCESÓW GLEBOTWÓRCZYCH

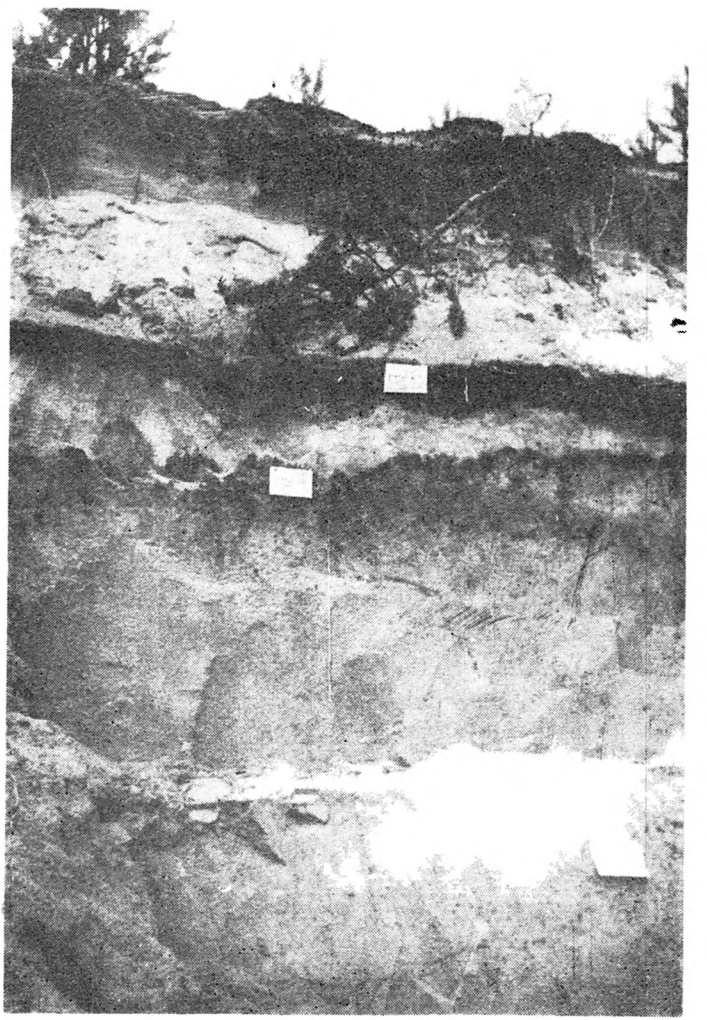
Różnowiekowe gleby kopalne i reliktowe okolic Warszawy powstały głównie na piaszczystych utworach mineralnych, a w nielicznych przypadkach — na utworach organicznych. Tworzyły się one, w nawiązaniu do stratygrafii wydm, w okresach interstadialnych w czasie ocieplenia się klimatu oraz wkraczania i umacniania się roślinności. Miało to miejsce w interstadiach Bølling i Allerød oraz we wszystkich okresach holocenu. Na mineralnym materiale piaszczystym powstały gleby inicjalne lub słabo wykształcone o poziomach $(A)C$ lub AC, potem gleby bardzo dobrze rozwinięte o poziomach genetycznych A_0—A_2—B_H—B_s—C (rys. 1).

Gleb wytworzonych w interstadiale Bølling i starszych na utworach mineralnych najstarszego dryasu jednoznacznie dotychczas nie stwierdzono. Można jednak przypuszczać na podstawie morfologii i niektórych właściwości fizykochemicznych, że występują (stanowisko 2 — Wiązowna przy szosie). Przypuszczalna gleba z Bøllingu występuje w postaci ciągłego poziomu organicznego o miąższości 1–2 cm z dość dużą ilością substancji organicznej nie shumifikowanej. Jest to gleba inicjalna jednopoziomowa, wytworzona z płytkich utworów piaszczystych zalegających na mułkach. Proces glebotwórczy związany z roślinnością nie wpływa decydująco na przemiany materiału wyjściowego. Jeżeli gleba ta tworzy się na osadzie pyłowym, wykazuje cechy oglejenia.

Na wydmach starszego dryasu stwierdzono występowanie gleb mineralnych z interstadiału Allerød typologicznie różnych: słabo wykształconych bielicowanych, glejowych lub murszowo-glejowych, a niekiedy występujących w formie kilku niezbyt miąższych warstw organicznych. Na utworach organicznych tworzą się gleby torfowe wytworzone z torfów torfowisk niskich (stanowisko 4 — Całowanie i 5 — Nart [19, 13]).

W specyficznych sytuacjach geomorfologicznych mogą powstawać również gleby glejowe silnie rozwinięte, których początek można od-

nieść do interstadiału Bølling. Być może są to gleby starsze od Bøllingu. Spotyka się je u podnóży wydm na utworach aluwialnych Wisły lub na mułkach brzeżnej części zastoiska warszawskiego. Ma to miejsce na przykład w odsłonięciu 3 — Wiązowna—Piekiełko, gdzie z podnóża wydmy najprawdopodobniej starszego dryasu występuje dwuczłonowy osad organiczny silnie oglejony. Górna część tego osadu jest datowana metodą radiowęgla na 10 430 B.P. (Lod-32) [1]. Datowanie dolnej części osadu jest w toku.



Gleba słabo wykształcona bielicowana, gleba rdzawa i bielica żelazisto-próchniczna
Eakly formed podzolized soil, rust-coloured soil and ferruginous-humous podzol

Na wydmach młodszego dryasu, a być może na pewnych obszarach młodszych procesy glebotwórcze wiążą się ściśle z wkraczającą na

wydmy roślinnością wczesnego holocenu. W okresach gdy roślinność drzewiasta nie opanowała jeszcze całych powierzchni wydmowych, przeważają procesy intensywnego wietrzenia, przede wszystkim fizycznego. Nie sprzyjało to w warunkach dość suchych powstawaniu dużych ilości substancji organicznej i w tworzeniu ruchliwych kwasów fulwowych prowadzących do bielicowania. Powstają wtedy poziomy gleb rdzawych intensywnie zabarwione uwolnionym żelazem, tzw. poziomy rdzawienia, jak to ma miejsce w odsłonięciu Cięciwa. Opanowanie wydm przez bory i większe gromadzenie substancji organicznej kwaśnej prowadzi do powolnego bielicowania gleb rdzawych.

W pewnych sytuacjach geomorfologicznych gleba rdzawa wytworzona z piasków młodszego dryasu na przełomie okresu preborealnego i borealnego została przykryta mało miąższą warstwą piasku albo z lokalnego przewiewania, albo w wyniku wznowionej działalności wydmotwórczej w drugiej fazie okresu preborealnego. W tym drugim przypadku początek tworzenia się młodszej od borealnej gleby kopalnej lub reliktowej przypada na okres atlantycki, co potwierdza data ^{14}C 7150 B.P. (Lod-47) ustalona dla poziomu B_H bielicy.

Okres atlantycki — optimum klimatyczne — odznacza się średnią roczną temperaturą o 2°C wyższą od obecnej. Przyjmuje się, że w części nizinnej Europy i w Polsce występował wtedy las mieszany z lipą, dębem i wiązem. Na wydmach jednak dominują bory. Jak podaje Borówko-Dłużakowa [4] na podstawie badań palinologicznych przeprowadzonych w Koninie, w optimum klimatycznym holocenu (7585 ± 70 B.P.) występują również zbiorowiska leśne z przewagą sosny i brzozy oraz sporadycznie pojawia się świerk. Komponenty lasów liściastych, jak podaje powyższa autorka, nie osiągają łącznie 20% ogólnego udziału.

W okolicach Warszawy na wydmach wytworzonych z piasków młodszego dryasu lub młodszych z glebami rdzawymi lub rdzawymi bielicowanymi w początkowej fazie atlantikum następuje nasilenie procesu bielicowania. Tworzą się wtedy bielice próchniczne lub bielice żelazisto-próchniczne, w niektórych obniżeniach terenowych zwieńczone w stropie młodszym płytkim torfem. Świadczyć to może o zwilgoceniu klimatu. Rozwój wyżej wspomnianego torfu został zahamowany u schyłku okresu atlantyckiego na niektórych obszarach ze względu na występującą większą suchość klimatu oraz prawdopodobnie na uruchomienie antropogeniczne wydm i przykrycie torfu piaskiem.

Można przypuszczać, że w Atlantikum na obszarze środkowej Polski klimaksowym zbiorowiskiem roślinnym dla wydm piaszczystych był bór albo bór mieszany. Natomiast klimaksowe lasy liściaste lub lasy mieszane holocenu występowały głównie na piaskach gliniastych mocnych zwałowych, na glinach i na najmłodszych lessach — skałach macierzystych gleb odznaczających się znacznie większą żyznością.

MORFOLOGIA I NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE GLEB KOPALNYCH

Morfologia badanych odsłonięć przedstawia się następująco:

Stanowisko 1 — Cięciwa

0 – 1,00 m — seria wydmowa antropogeniczna w stropie z glebą inicjalną, częściowo aktualnie rozwiewaną, niekiedy jej miąższość dochodzi do 2 m;

1,00– 1,15 m — A_0M — poziom zmurszałego torfu barwy ciemnoszarej, przewarstwiony trzykrotnie 1–2-milimetrową warstewką piasku. Dolną część torfu datowano metodą radiowęgla na 6155±270 B.P. (Lod-31); zawartość węgla wynosi 27,1%, pH 3,4;

1,15– 1,20 m — A_1 — poziom akumulacji związków organicznych słabo rozłożonych barwy ciemnoszarej, o zawartości węgla 1,16%, składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego, pH 3,4;

1,20– 1,30 m — A_1A_2 — poziom akumulacyjno-eluwialny barwy szarej do jasnoszarej, o zawartości węgla 1,13%, przechodzący w spągu w poziom jasnoszary eluwialny o składzie mechanicznym piasku słabo gliniastego, pH 3,3;

1,30– 1,40 m — A_2 — białawy poziom eluwialny być może okresowo objęty procesami odgórnego oglejenia, o składzie granulometrycznym piasku luźnego, zawartość węgla 0,32%, pH 3,5;

1,40– 1,50 m — B_H — poziom iluwialno-próchniczny barwy brązowej, niekiedy z konkrecjami żelazistymi scementowanymi związkami kompleksowymi próchniczno-żelazisto-glinowymi o zawartości węgla 1,55% i dość znacznej zawartości wolnego żelaza (w porównaniu z poziomami nadległymi), o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego, pH 4,2. Datowanie tego poziomu metodą radiowęgla wynosi 7150±350 (Lod-47);

1,50– 1,60 m — B_s — słabiej zaznaczony poziom iluwialny jasnobrązowy o składzie granulometrycznym piasku luźnego, z nagromadzeniem większych ilości glinu o małej ilości żelaza; zawartość węgla wynosi 0,31%, pH 4,4;

1,60– 2,50 m — C — skała macierzysta barwy żółtej o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 4,5 (w niektórych odsłonięciach tego stanowiska już na głębokości 2 m występuje poziom *Br*);

2,50– 3,00 m — *Br* — poziom rdzawy intensywnego wietrzenia o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego, w niektórych przypadkach luźnego;

3,00– 5,60 m — (niekiedy do 5,80 m) piasek luźny barwy żółtej wydmy najmłodszego dryasu, prawdopodobnie przewiewany;

5,60– 5,70 m — (A_1) — poziom akumulacyjny próchnicy bardzo słabo wykształcony w formie szarych plam i smug, zawierający niekiedy rozproszone węgielki drzewne, zawartość węgla 0,16%, pH 3,8. Węgielki tego poziomu datowano metodą radiowęgla na 11 150 lat ±1300 B.P. (Lod-30);

5,70– 5,85 m — słabo wykształcone poziomy eluwialno (A_2) — iluwielne (B) występują w postaci poziomów nieciągłych, brązowobiaławych plam w różnych miejscach kilkudziesięciometrowego odsłonięcia o różnym nasileniu barwy;

poniżej 5,85 m — jasnożółty poziom piasku wydmy starszego dryasu wykazujący warstwowanie, ponieważ proces glebotwórczy nie trwał tu zbyt długo i nie sięgał zbyt głęboko. Wykształcona z tego piasku gle-

ba od stropu ku dołowi jest poprzecinana fibrami żelazistymi o poziomym, lecz nieregularnym przebiegu. Prawdopodobnie są to zjawiska późniejsze w stosunku do gleby. Ich powstawanie jest związane z przemywnym typem gospodarki wodnej, a miejsca wytrącenia żelaza — ze zmianami składu granulometrycznego.

W przedstawionym odsłonięciu, które należy traktować jako stratotyp dla gleb kopalnych okolic Warszawy, występują trzy gleby kopalne:

— najstarsza gleba słabo wykształcona bielicowana z interstadiału Allerød, wytworzona z piasków starszego dryasu,

— młodsza gleba rdzawa ze zniszczonym poziomem A_1; powstawanie jej należy wiązać najprawdopodobniej z przełomem okresu borealnego i preborealnego; jest to gleba wytworzona z piasków młodszego dryasu,

— bielica żelazisto-próchniczna lub bielica próchniczna przykryta lokalnie zmurszałym torfem, wytworzona z przewiewanych piasków najmłodszego dryasu lub z piasków wydmowych drugiej fazy okresu preborealnego. Początek tworzenia się tej gleby należy odnieść albo do okresu borealnego albo do początku Atlantikum.

Stanowisko 2 — Wiązowna

0 – 2,00 m — warstwowany jasnożółty piasek nad wydmą środkowego dryasu o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 5,2;

2,00– 2,04 m — A_1 — inicjalny poziom gromadzenia substancji organicznej barwy szarobrązowej, przewarstwiony wstawką żelazistą o barwie brunatnej, pH w KCl 4,5; zawartość węgla w stropie tego poziomu wynosi 0,405, a w spągu 0,226%; jest to piasek słabo gliniasty z małą ilością części grubszych, ale z dużą domieszką pyłu (17–20%);

2,04– 2,19 m — poziom *C* — białożółty o składzie mechanicznym piasku luźnego pylastego (29% pyłu), z bardzo drobnymi wstawkami substancji organicznej; w całym materiale zawartość węgla wynosi 0,08%, pH w KCl 4,3;

2,19– 2,39 m — poziom *D* skały podścielającej o składzie granulometrycznym otworu pyłowego zwykłego (tzw. mułki), oglejony, barwy niebieskoszarej, pH 4,2;

2,39– 2,55 m — warstwa piasku słabo gliniastego barwy szarej, pH 4,5;

poniżej 2,55 m — warstwa pyłowa z przewagą piasku drobnego i 13% części koloidalnych, pH 3,8.

Jest to gleba inicjalna (słabo rozwinięta) początkowego stadium rozwojowego. W okresie badań nad glebą inicjalną występował piasek warstwowany aż do obecnej powierzchni.

Kilkadziesiąt metrów dalej od badanych profilów 1 i 2 w tym samym odsłonięciu na piaskach wydmy młodszego dryasu występowała dobrze wykształcona bielica, najprawdopodobniej z okresu atlantyckiego i późniejszych, którą porównać można z analogiczną glebą z Cięciwy (stanowisko 1) i Wiązowny-Piekiełka (stanowisko 3).

Stanowisko 3 — Wiązowna-Piekiełko

0 – 2 cm — A_0 — poziom ektopróchnicy typu mor słabo rozłożonej;

2 – 6 cm — A_2 — młody poziom eluwialny wielokrotnie przewiewany o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 3,1;
6 –20 cm — A_1/A_2 — poziom akumulacji próchnicy z zaznaczającym się procesem wymywania eluwialnym, o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 3,1; jest to poziom najprawdopodobniej atlantyckiej bielicy;
20 –35 cm — A_2 — poziom eluwialny jasnoszary, o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 3,4;
35 –55 cm — B_{Hs} — poziom iluwialny próchniczno-żelazisty barwy ciemnobrązowej ze słabo wykształconymi rudawcami; skład granulometryczny — piasek luźny, pH 4,3;
55 –90 cm — *BC* — poziom iluwialny przechodzący w skałę macierzystą barwy jasnobrązowej, o składzie granulometrycznym piasku luźnego, pH 4,4;
90 –120 cm — jasnożółty piasek luźny, pH 4,5;
1,20–17,80 m — jasnożółty piasek wydmowy o składzie granulometrycznym piasku luźnego;
17,80–18,00 m — spąg wydmy, jasnożółty piasek luźny o przewadze piasku drobnego, pH 6,4;
18,00–18,10 m — warstwowany poziom A_1 gromadzenia substancji organicznej, ciemnoszary, w stropie z widocznymi wytrąceniami związków żelaza, wytworzony z piasku drobnoziarnistego. Zawartość węgla organicznego wynosi 2,09% w stropie tego poziomu i zmniejsza się w głąb profilu, pH 6,5;
18,10–18,27 m — poziom A_1 (bez wytrąceń żelazistych) słabiej zaznaczony, o składzie granulometrycznym piasku, lecz z domieszką do 20% pyłu, barwy szaroniebieskiej, zawartość węgla 0,42%;
18,27–18,50 m — warstwa piasku drobnoziarnistego jasnoszarego w części stropowej z przewarstwieniami mułków, pH 6,2;
18,50–18,69 m — drugi poziom A_1 ciemnoszary pylasty, w stropie z domieszką piasku, w spągu przechodzący w utwór ilasty oglejony; zawartość węgla 0,78%, pH 6,5;
18,69–18,74 m — wstawka warstwowanego utworu pyłowo-piaszczystego przecięta smugą rdzawą powstałą najprawdopodobniej w wyniku podsiąku żelaza i procesów oksydacyjnych;
18,74–19,00 m — piasek barwy białoszarej, w części stropowej barwy żółtej;
19,00–19,58 m — utwór pyłowo-ilasty barwy szarobiałej, z dość silnie zaznaczonymi procesami oksydacyjnymi podkreślonymi wstawkami żelazistymi, pH 6,7;
19,58–19,80 m — jasnoszary piasek luźny o przewadze piasku średniego, z niewielką domieszką piasku grubego, pH 6,4.

Jest to gleba glejowa dwupoziomowa. Dla górnego poziomu organicznego tej gleby lub kompleksu glebowego otrzymano radiowęglem datę 10 430 ± 450 (Lod-32). Data wskazuje na końcowy etap tworzenia się omawianej gleby, należy jednak przypuszczać, że proces powstawania tego kompleksu glebowego rozpoczął się w interstadiale Allerød, a być może znacznie wcześniej.

Na współczesnej wydmie na powierzchni pod roślinnością borową występuje reliktowa bielica żelazisto-próchniczna, dobrze rozwinięta, dojrzała, z silnie wykształconymi poziomami genetycznymi. Można przy-

puszczać, że tworzenie się tej gleby przypada na okres atlantycki i trwa w mniejszym zakresie do dnia dzisiejszego.

Opis morfologii stanowiska 4 — Całowanie został opublikowany we wcześniejszych pracach [18, 19, 9].

Stanowisko 5 — Nart

0 – 2 cm — A_0 — słabo wykształcona ektopróchnica typu mor;
2 –10 cm — (A_1) inicjalny poziom akumulacji próchnicy, piasek luźny jasnożółty;
10 –150 cm — C — piasek luźny;
1,50– 1,55 m — piasek luźny z przewagą piasku drobnego, przewarstwiony pasemkami substancji organicznej o zawartości węgla 0,91%;
1,55– 1,70 m — warstwa torfu czarnej barwy, silnie rozłożona, słabo zapiaszczona, o zawartości węgla 7,39%. Datowanie radiowęglem — 5400 ±250 B.P. (Lod-94);
1,70– 2,00 m — piasek luźny, ze znaczną przewagą piasku drobnego, szary oglejony, zawierający 0,43% węgla;
2,00– 2,30 m — piasek luźny oglejony „warstwowany" substancją organiczną o zaburzonej powierzchni, zawartość węgla 2,98%;
2,30– 2,50 m — warstwa torfu ze śladami gytii, barwy brązowej, niektóre resztki roślinne dobrze zachowane, zawartość węgla 9,50%. Datowanie radiowęglem 7110±320 B.P. (Lod-91);
poniżej 2,50 —piasek luźny oglejony z występującymi pieprzami żelazistymi, zawartość węgla 1,49%.

Z powyższego opisu odsłonięcia wydmy w części czołowej wynika, że piaski wydmowe w strefie brzeżnej torfowiska są przewarstwione dwoma poziomami torfu, których daty korelują z datowaniami bielicy atlantyckiej w Cięciwie, zwłaszcza data starsza. Data starszego torfu w Narcie, który wchodzi na wydmę, świadczy o okresowym podniesieniu zwierciadła wody gruntowej; w tym czasie w Cięciwie następuje kształtowanie poziomu B_{Hs}.

Stanowisko 6 — Rezerwat Granica

0 – 3 cm — A_{OL} — podpoziom surowinowy, pH w KCl 4,2;
3 –13 cm — A_{OFH} — podpoziom butwinowy o pH 3,0;
12 –22 cm — A_1 z pewną domieszką podpoziomu A_{OH} — ciemnoszary piasek słabo gliniasty, pH 2,6;
22 –34 cm — A_2 poziom eluwialny wymywania, jasnoszaropopielaty piasek luźny, pH 3,0;
34 –42 cm — B_H — podpoziom iluwialno-próchniczny ciemnobrunatnordzawy piasek słabo gliniasty, pH 3,9;
42 –60 cm — B_s — podpoziom iluwialno-żelazisto-glinowy, jasnordzawy piasek luźny, pH 4,3;
60 –80 cm — BC — poziom iluwialny przejściowy do skały macierzystej, jasnożółty piasek luźny, pH 4,2;
80 –110 cm — C — jasnożółty piasek luźny, pH 4,5;
1,10– 1,30 m — D_1G — warstwa żółtoszaroniebieska utworu pyłowego zwykłego, pH 3,6;
1,30– 1,80 m — D_2G — szarobiała warstwa piasku luźnego, pH 4,4.

Jest to bielica żelazisto-próchniczna (według FAO bielica próchnicz-

na właściwa), wytworzona z wydmowego piasku słabo gliniastego przechodzącego w piasek luźny, przewarstwiona pyłem, próchnica typu higromor.

Dla scharakteryzowania substratu, z którego tworzyły się wydmy i gleby kopalne okolic Warszawy przeprowadzono badania petrograficzne piasków z niektórych odsłonięć. Zbadano frakcję lekką o średnicy w granicach 0,5–0,8 i 0,25 do 0,5 mm oraz oznaczono minerały ciężkie. Frakcję lekką stanowi przede wszystkim kwarc oraz podrzędnie pewna ilość skaleni i okruchów skał krystalicznych. Występują w niej również liczne grudki piaszczysto-organiczne, piaszczysto-żelaziste lub piaszczysto-ilaste (tab. 1).

Najczęściej materiał ten jest półobtoczony i obtoczony, a stopień obtoczenia wzrasta z grubością frakcji. Obtoczenie materiału świadczy, że pochodzi on z redepozycji starszych od dryasu piasków czwartorzędowych. Natomiast frakcja ciężka (tab. 2), wypreparowana w bromoformie, zawiera minerały pochodzące z narzutowych skał krystalicznych, reprezentowanych głównie przez gnejsy. Materiał ten był zapewne wielokrotnie transportowany i przerabiany mechanicznie.

Na ziarnach kwarcu stwierdzono występowanie śladów transportu fluwialnego i eolicznego. Ziarna te mogą pochodzić również z osadów łach rzecznych, których materiał po wyschnięciu ulegał zwiewaniu i przenoszeniu na pewne odległości.

Natomiast warstwy mułków czy mułków ilastych, występujące w odsłonięciach Wiązowna i Wiązowna-Piekiełko pod wydmą, mogą być albo osadami zastoiska warszawskiego, albo osadem jeziornym lub rzecznym. Na razie nie można tego jednoznacznie określić. Można jednak stwierdzić, że już od głębokości zalegania mułków brak na ziarnach kwarcu śladów transportu eolicznego, które były widoczne w próbkach ze spągu wydmy. W mułkach ziarna kwarcu są bardzo dobrze przemyte wodą; świadczy to o ich powstawaniu i transporcie wodnym. Ślady transportu wodnego wykazują również głębiej zalegające poziomy pylaste w glebach z rezerwatu Granica.

W niektórych odsłonięciach materiał kwarcowy wykazuje zawsze ślady obu typów transportu.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że piaski wydmowe młodszego dryasu, nie objęte procesami glebotwórczymi, są bardzo zbliżone cechami petrograficznymi do piasków starszych ogniw dryasu, pomijając utwory pyłowe i pylaste.

W porównaniu z piaskami z tego terenu badanymi przez Kuźnickiego i współpr. [12], piaski opisane w niniejszej pracy są nieco uboższe w okruchy skał krystalicznych, a bogatsze w granaty i epidoty. Zawierają również niewiele ziaren cyrkonu i piroksenu. Może to świadczyć o innym nieco źródle materiału detrytycznego lub o różnym wieku ma-

Tabela 1

Procentowy skład petrograficzny gleb - Petrographic composition of soils in per cent

Profil Profile	Głębokość Depth m	Suma = 100% - Sum = 100%																Szczątki roślinne Plant remains	
		ziarna mineralne - mineral grains								okruchy skał - rock fragments									
		kwarc quartz		skalenie feldspars		biotyt biotite		magnetyt magnetite		krystalicznych crystalline		krzemionkowych siliceous		grudki piaszczysto gliniaste sandy lumps		fragmenty mułkowe silty fragments			
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Piaski gleby pod wydmą, soil under the dune, profil-profile 1	piaski z ogniwa wydmy sands of the bottom	91	94		5	-	-	+	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	18,00-18,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-
	18,10-18,27	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	93	-	-
	18,27-18,50	-	50	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	14	-	-
	18,50-18,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-
	18,69-18,90	72	96	1	1	-	-	+	+	4	+	-	-	20	-	-	-	-	-
Granica profil-profile 2	0,12-0,22	-	52	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	100	45	-	-	55	10
	0,22-0,34	5	68	-	2	-	-	-	-	-	+	-	-	95	30	-	-	60	20
	0,34-0,42	32	90	1	1	-	-	-	-	2	1	-	-	68	10	-	-	10	10
	0,42-0,80	+	94	+	5	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-	-	-	40	10
	0,80-1,00	+	93	-	6	-	-	-	-	+	1	-	-	+	-	-	-	-	-
	1,00-1,10	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-
	1,70-1,80	50	91	2	7	+	1	-	-	1	1	-	-	47	-	-	-	-	-
Cięciwa profil-profile 3	1,15-1,20	95	96	3	2	-	-	-	-	2	2	-	-	+	+	-	-	3	2
	1,30-1,40	91	92	4	4	-	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	2	1
	1,40-1,50	93	94	3	3	-	-	-	-	3	3	-	-	22	10	-	-	1	1
	1,50-1,60	91	93	4	5	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	+	+
	2,20-2,30	88	91	6	5	-	-	+	-	6	4	-	-	-	-	-	-	+	+
	2,50-2,60	88	90	6	7	-	-	-	-	6	3	+	+	+	+	-	-	-	-
Cięciwa profil-profile 4	5,50-5,70	88	93	5	5	-	-	-	-	7	2	+	-	-	-	-	-	-	-
	5,70-5,85	90	95	4	3	-	-	-	-	4	2	-	-	2	+	-	-	-	-
	5,85-6,00	90	95	5	3	-	-	-	-	5	2	+	-	-	-	-	-	-	-

a - frakcja ziaren o ∅ 0,5-0,8 mm - fraction of grains of dia 0,5-0,8 mm
b - frakcja ziaren o ∅ 0,25-0,50 mm - fraction of grains of dia 0,25-0,50 mm
+ - elementy śladowe - trace elements
- - brak - no occurrence

teriału wyjściowego. Potwierdziłoby to również tezę o różnym wieku tarasów, na których występują badane odsłonięcia.

Porównując skład petrograficzny charakteryzowanych piasków i piaskami ze stanowiska Całowanie [9], dostrzega się znaczne podobieństwo w obróbce mechanicznej ziaren kwarcu oraz występowanie małych ilości cyrkonu, rutylu i turmalinu, czyli minerałów najbardziej trwałych, a znacznie większych ilości granatu. Materiał piaszczysty ze stanowiska Całowanie był również wielokrotnie przerabiany mechanicznie i resedymentowany.

Zawartość minerałów ciężkich nietrwałych, średniotrwałych i trwałych na niszczenie mechaniczne, oznaczona dla niektórych odsłonięć, jest podobna, choć niekiedy, jak na przykład w odsłonięciu Wiązowna-Piekiełko, występuje w warstwach głębszych nieco mniej minerałów trwałych. Najmniej minerałów nietrwałych szybciej wietrzejących zawierają wierzchnie poziomy gleb kopalnych czy reliktowych, gdzie procesy glebotwórcze są silnie zaawansowane. Również w tych poziomach stosunek minerałów nietrwałych do odpornych na niszczenie kształtuje się poniżej jedności, w głębszych zaś powyżej jedności.

Skład granulometryczny (tab. 3) materiału wydmowego lewego i prawego brzegu Wisły jest częściowo podobny, a częściowo różni się zasadniczo pod względem zawartości frakcji piasku, pyłu i części koloidalnych. Piaski południowego pasa wydm Puszczy Kampinoskiej na lewym brzegu Wisły, z glebami o zachowanych cechach reliktowych starszych procesów glebotwórczych, odznaczają się występowaniem największych ilości frakcji piasku drobnego (0,25–0,1 mm) oraz śladowymi zawartościami piasku grubego (1,0–0,5 mm). W ich podłożu występują utwory pyłowe, które odznaczają się przewagą ziaren o średnicy 0,1 do 0,05 mm, czyli pyłu grubego. Natomiast północny pas wydm Puszczy Kampinoskiej wykazuje w składzie granulometrycznym największe ilości piasku średniego (0,5–0,25 mm) i nieco większe piasku grubego (1,0–0,5 mm).

W tych samych wiekowo glebach reliktowych prawego brzegu Wisły, wytworzonych z piasków wydmowych na szczycie wydmy w odsłonięciach Wiązowna, Wiązowna-Piekiełko i Całowanie oraz jako gleby kopalnej w Cięciwie, przeważa frakcja piasku średniego (0,5–0,25 mm) i większa ilość piasku grubego (1–0,5 mm).

Zarówno na prawym, jak na lewym brzegu Wisły występują pod materiałem wydmowym eolicznym utwory pyłowe, a niekiedy nawet ilaste.

Charakterystyka gleb kopalnych obejmuje również całokształt właściwości fizykochemicznych. Zawartość kationów wymiennych (tab. 4) o charakterze zasadowym zarówno w glebach kopalnych, jak i reliktowych jest bardzo mała, charakterystyczna dla tego gatunku piasków i procesu bielicowania. O większej pojemności sorpcyjnej decyduje głównie wodór, którego największa ilość występuje w poziomach ściół-

Skład mineralny frakcji ciężkiej o Ø 0,06-0,20 mm

Profil Profile	Głębokość Depth m	% wag. Weight %	Minerały nie - przezroczyste Non-transparent minerals			Minerały przezroczyste /suma = 100%/							
			%	magnetyt magnetite	leukoksen leucoxene	andaluzyt andalusite	amfibol amphibole	apatyt apatite	biotyt biotite	chloryt chlorite	cyrkon zircon	dysten disten	epidot zwyczajny common epidote
Wiązowna gleba pod wydmą soil under the dune profil-profile 1	piasek w spągu wydmy sand at the bottom 18,00-18,10	0,18	13	11	2	4	18	3	+	+	3	2	9
	18,10-18,27	0,18	15	13	2	2	25	+	+	+	8	2	10
	18,27-18,50	0,36	10	9	1	1,8	21,9	+	+	+	3,6	0,9	10,9
	18,50-18,69	0,07	11	7	4	2	36	+	+	+	2	2	21
	18,69-18,90	0,30	15	13	2	2	27	-	+	-	2	+	12
		0,27	19	16	3	3	28	+	-	-	+	+	15
Granica profil-profile 2	0,12-0,22	0,48	25	24	1	1	20	+	-	-	3	2	9
	0,22-0,34	0,43	29	26	3	+	17	-	-	-	13	2	2
	0,34-0,42	0,58	32	29	3	-	14	-	-	+	13	-	11
	0,42-0,60	0,44	24	22	2	1	19	-	+	-	8	2	9
	0,80-1,00	0,76	33	29	4	2	17	+	-	-	12	1	5
	1,00-1,10	0,15	19	16	3	1	40	+	+	+	6	1	11
	1,70-1,80	0,38	24	20	4	4	34	+	+	+	5	1	11
Cięciwa profil-profile 3	1,15-1,20	0,33	31	27	4	3	17	-	+	+	6	2	5
	1,30-1,40	0,36	23	19	4	5	17	-	-	-	2	1	4
	1,40-1,50	0,51	22	18	4	1	20	-	+	+	1	1	5
	1,50-1,60	0,53	28	26	2	2	13	-	-	-	3	+	3
	2,20-2,30	0,31	33	31	2	3	36	-	+	-	3	+	5
	2,50-2,60	0,73	28	25	3	2	21	-	-	-	2	+	6
Cięciwa profil-profile 4	5,60-5,70	1,21	29	27	2	2	20	-	-	-	6	+	11
	5,70-5,85	1,06	24	22	2	1	22	1	-	-	10	+	7
	5,85-6,00	0,63	20	18	2	2	25	+	-	-	7	+	6

N - minerały przezroczyste nietrwałe na niszczenie mechaniczne: amfibol i piroksen

S - minerały przezroczyste, średniotrwałe na niszczenie mechaniczne i chemiczne: apatyt, biotyt, chloryt, epidot zwyczajny, klinozoizyt, granat, monacyt, sylimanit

O - minerały przezroczyste, odporne na niszczenie mechaniczne i chemiczne: andaluzyt, cyrkon, dysten, rutyl, staurolit, turmalin według L.B. Ruchina

\+ - ilości śladowe

\- - brak

ki i akumulacji próchnicy oraz w poziomach iluwialnych. Stopień wysycenia zasadami mały i bardzo mały (poniżej 10%) koreluje z bardzo dużą zawartością wodoru w porównaniu z kationami zasadowymi i z niskim pH kształtującym się w granicach 3,5 do 4,5. Poziomy o niskim pH odznaczają się również znaczną kwasowością wymienną wskazującą na rolę glinu wymiennego w procesach glebotwórczych.

Diametralnie odmienne właściwości sorpcyjne wykazują osady kopalne występujące pod wydmami, np. odsłonięcie 2 Wiązowna i 3 Wiązowna-Piekiełko. Charakteryzują się one dużą zawartością pyłu i iłu pylastego, pH zbliżonym do obojętnego, bardzo małą kwasowością hydro-

Tabela 2

- Mineral composition of heavy fraction, of 0.06-0.20 mm in dia

- Transparent minerals /sum = 100%/									Współczynniki liczbowe Numerical coefficients						
glaukonit glauconite	granat garnet	klinozoizyt clinozoisite	monacyt monacite	piroksen pyroxene	rutyl rutile	staurolit staurolite	sylimanit sylimanite	turmalin tourmaline	N	S	O	$\frac{O}{N+S}$	$\frac{N}{O}$	$\frac{S}{O}$	$\frac{N}{S}$
-	34	2	-	5	2	5	2	11	23	50	27	0,39	0,85	1,85	0,46
-	35	1	-	8	2	2	-	5	33	46	21	0,27	1,57	2,19	0,71
-	46,4	1,8	-	0,9	0,9	1,8	+	9,1	22,8	59,1	18,1	0,22	1,25	3,26	0,38
+	27	3	-	1	+	3	1	2	37	52	11	0,12	3,36	4,72	0,72
+	47	2	-	4	-	3	+	1	31	61	8	0,08	3,86	7,62	0,50
+	40	3	-	4	+	2	3	2	32	61	7	0,08	4,58	8,71	0,52
-	46	1	-	5	2	7	-	4	25	56	19	0,23	1,31	2,90	0,44
-	50	1	-	2	3	4	+	6	19	53	28	0,39	0,67	1,89	0,36
-	48	+	-	3	2	1	1	7	17	60	23	0,30	0,73	2,60	0,28
-	46	+	-	5	5	4	-	1	24	55	21	0,27	1,14	2,61	0,43
-	50	+	-	3	5	4	+	1	20	55	25	0,33	0,80	2,20	0,36
-	27	1	-	5	1	4	+	3	45	39	16	0,19	2,81	2,43	1,15
-	35	3	-	6	+	+	+	1	40	49	11	0,12	3,63	4,45	0,81
-	48	2	-	7	2	3	+	5	24	55	21	0,27	1,14	2,61	0,43
-	60	1	-	3	1	2	1	3	20	66	14	0,17	1,42	4,71	0,30
-	61	+	-	5	1	4	-	1	25	66	9	0,10	2,77	7,33	0,38
-	65	1	-	6	+	4	1	2	19	70	11	0,12	1,72	6,35	0,28
-	36	+	-	5	-	5	1	6	41	42	17	0,20	2,41	2,47	0,93
-	59	+	-	4	+	3	2	1	25	67	8	0,08	3,12	8,37	0,37
-	44	1	-	6	6	2	-	2	26	56	18	0,22	1,44	3,11	0,47
-	45	1	-	4	4	3	1	1	26	55	19	0,23	1,36	2,89	0,47
-	39	2	-	7	1	7	1	3	32	48	20	0,25	1,60	2,40	0,66

N - transparent minerals susceptible to mechanical weathering: amphibole and pyroxene

S - transparent minerals, medium susceptible to mechanical and chemical weathering: apatite, biotite, chlorite, common epidote, clinozoisite, garnet, monacite, sylimanite

O - transparent minerals resistant to mechanical and chemical weathering: andalusite, zircon, disten, staurolite, tourmaline - after L.B. Rukhin

\+ - trace elements

\- - no occurrence

lityczną oraz dużą pojemnością sorpcyjną w stosunku do kationów. Duży stopień wysycenia wiąże się z innym pochodzeniem i składem granulometrycznym osadu tworzącego w pierwszym okresie swego istnienia glebę bagienną, a w drugim okresie — glebę pobagienną gruntowoglejową. Gleba ta wykazuje dwukrotnie większe nagromadzenie substancji organicznej przedzielonej warstwą piasku z dużą ilością pyłu grubego (odsłonięcie 3 Wiązowna-Piekiełko). Można tę glebę traktować różnie: albo jako dwie gleby powstałe z różnych wiekowo osadów, albo jako utwór aluwialny — starą madę, z warstwami o różnym składzie granulometrycznym. Może to również być osad brzeżny strefy zastoiska

Tabela 3

Skład granulometryczny gleb kopalnych wydm okolic Warszawy
Granulometric composition of fossil soils in dunes of the Warsaw environs

Odsłonięcie Crossection	Miejscowość, nr profilu Locality, profile No.	Głębokość m Depth m	Procentowa zawartość poszczególnych frakcji w przeliczeniu na części ziemiste / < 1 mm/ o średnicy w mm Percentage of particular fractions in conversion to particles smaller then 1 mm of mm in dia										
			1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002	ogółem - total		
											1-0,1	0,1-0,02	< 0,02
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	Wiązowna-Piekiełko, szczyt wydmy	0,0 -0,02	5,0	50,5	37,5	2	2	1	1	1	93	4	3
	Wiązowna-Piekiełko, top of the dune, profil - profile 3	0,02-0,06	5,2	50,5	37,8	4	0	1	1	1	93	4	3
		0,15-0,20	4,0	46,5	44,5	2	1	1	0	1	95	3	2
		0,25-0,35	4,0	53,0	38,0	3	1	0	0	1	95	4	1
		0,45-0,55	3,2	48,5	43,3	4	0	0	0	1	95	4	1
		0,80-0,90	4,0	50,2	44,8	1	0	0	0	0	99	1	0
		1,10-1,20	7,2	78,0	11,8	2	0	1	0	0	97	2	1
3	Wiązowna-Piekiełko, gleba pod wydmą	18,17-18,18	0,25	36,0	58,7	2	2	1	0	0	95	4	1
	Wiązowna-Piekiełko, soil under the dune, profil - profile 2	18,45-18,50	0,0	0,75	68,2	22	4	2	0	3	69	26	5
		18,50-18,51	0,0	1,5	26,5	45	12	6	2	7	28	57	15
		18,51-18,54	0,0	0,5	25,5	8	23	17	9	17	26	31	43
		18,54-18,60	0,0	0,25	16,7	10	14	22	7	30	17	24	59
		18,60-18,66	0,6	2,4	14,0	8	9	19	18	29	17	17	66
		18,66-18,92	0,0	0,4	34,6	47	8	4	2	4	35	55	10
		18,92-19,08	0,25	5,0	19,7	9	18	18	12	18	25	27	48
		19,08-19,58	0,7	23,1	59,2	17	0	0	0	0	83	17	0
		19,58-19,68	2,0	58,2	38,8	1	0	0	0	0	99	1	0

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Cięciwa profil - profile 2	1,18-1,28	8,0	60,5	26,5	1	1	3	0	0	95	2	3
		1,30-1,40	5,5	59,2	30,3	2	0	3	0	0	95	2	3
		1,45-1,55	6,9	57,0	33,1	1	1	1	0	0	97	2	1
		1,70-1,80	10,5	59,5	28,0	1	0	1	0	0	98	1	1
		2,00-2,10	1,7	29,5	51,8	12	2	1	0	2	83	14	3
		2,50-2,60	10,7	58,7	24,6	2	1	3	0	1	94	3	3
1	Cięciwa profil - profile 3	1,15-1,20	9,6	59,0	26,4	1	1	3	0	0	95	2	3
		1,20-1,30	8,7	61,0	26,3	1	1	2	0	0	96	2	2
		1,30-1,40	5,7	53,5	35,8	1	2	2	0	0	95	3	2
		1,40-1,50	6,2	56,7	32,1	2	2	0	0	1	95	4	1
		1,50-1,60	2,2	45,0	46,8	5	1	0	0	0	94	6	0
		2,20-2,30	11,7	59,0	24,3	2	2	1	0	0	95	4	1
2	Wiązowna, gleba pod wydmą /przy szosie/	0,0 -2,00	3,6	33,5	38,9	10	7	4	1	2	76	17	7
		2,01-2,04	1,2	30,3	23,5	26	5	4	4	6	55	31	14
	Wiązowna, soil under the dune /at the highway/ profil - profile 2	2,04-2,19	0,7	46,8	22,5	24	3	2	0	1	70	27	3
		2,19-2,39	1,5	20,7	32,8	36	5	1	1	2	55	41	4
		2,39-2,55	5,3	39,2	33,5	12	3	3	2	2	78	15	7
		< 2,55	4,8	11,8	25,4	12	15	12	8	13	42	25	33
6	Rezerwat Granica, misa deflacyjna Reserve of Granica, deflation bowl, profil - profile 2	0,07-0,17	0,9	16,9	63,2	9	4	2	1	3	81	13	6
		0,22-0,32	0,8	15,7	70,5	4	3	4	1	1	87	7	6
		0,45-0,55	0,7	15,3	72,0	5	3	2	1	1	88	8	4
		1,00-1,10	0,4	7,3	87,3	3	0	1	0	1	95	3	2
		1,70-1,80	2,7	35,7	54,6	2	3	1	0	1	93	5	2

Tabela 4

Właściwości fizykochemiczne gleb niektórych odsłonięć
Physico-chemical soil properties in some crossection

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth m	Poziom genetyczny Genetic horizon	pH		H_h	S	T	V %	Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym gleby Percentage of exchangeable cations in the soil sorption complex				
			H_2O	KCl	me/100 g gleby me/100 g of soil				Ca	Mg	K	Na	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cięciwa	torf-peat												
profil - profile 2	1,18-1,28	A_1A_2	4,8	3,7	2,21	0,147	2,36	6,24	4,24	0,43	0,43	1,14	93,76
	1,30-1,40	B_{Hs}	4,4	3,9	4,54	0,104	4,64	2,24	1,61	0,17	0,22	0,24	97,76
	1,45-1,55	B_s	4,4	4,3	2,51	0,057	2,57	2,22	0,78	0,19	0,39	0,86	97,78
	1,70-1,80	C	4,8	4,4	1,31	0,069	1,38	5,00	2,17	0,14	0,73	1,96	95,00
	2,00-2,10	Br	4,7	4,4	1,35	0,101	1,45	6,96	3,45	0,14	0,89	2,48	93,04
	2,50-2,60	C	5,0	4,6	0,90	0,042	0,94	4,46	2,12	0,22	0,53	1,59	95,54
Cięciwa	torf-peat												
profil - profile 3	1,15-1,20	A_1A_2	4,3	3,4	5,40	0,032	5,43	0,59	0,09	0,09	0,09	0,32	99,41
	1,20-1,30		4,0	3,2	7,16	0,059	7,22	0,82	0,56	0,07	0,07	0,12	99,18
	1,30-1,40	A_2	4,7	3,5	2,59	0,082	2,67	3,07	0,94	0,11	0,19	1,83	96,93
	1,40-1,50	B_H	4,4	3,9	6,15	0,073	6,22	1,17	0,24	0,06	0,08	0,79	98,83
	1,50-1,60	B_s	4,8	4,2	2,77	0,117	2,89	4,05	1,73	0,28	0,17	1,87	95,95
	2,20-2,30	C	4,9	4,3	1,16	0,093	1,25	7,42	2,79	0,24	0,64	3,75	92,58
Wiązowna na szczycie wydmy	0,0 -0,2	A_0	3,9	3,1	7,84	1,028	8,87	11,59	6,20	4,80	0,03	0,55	88,41
Wiązowna top of the dune, profil - profile 2	0,2 -0,6	A_2	3,6	3,1	4,99	0,296	5,29	5,60	4,16	0,66	0,19	0,59	94,40
	0,15-0,20	A_1	3,9	3,1	7,12	0,175	7,30	2,40	1,37	0,34	0,22	0,47	97,60
	0,25-0,35	A_2	4,4	3,4	2,59	0,097	2,69	3,61	1,86	0,33	0,19	1,23	96,39
	0,45-0,55	B_{Hs}	4,6	4,3	4,35	0,099	4,45	2,22	1,12	0,09	0,18	0,83	97,78
	0,80-0,90	C	4,7	4,4	1,01	0,090	1,10	8,18	4,54	0,27	0,73	2,64	91,82
	1,10-1,20	C	4,8	4,5	1,20	0,087	1,29	6,76	3,88	0,23	0,78	1,86	93,24

cd. tabeli 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Wiązowna-Piekiełko pod wydmą Wiązowna-Piekiełko under the dune	piasek w spągu wydmy sand at the dune bottom												
profil - profile 2	18,17-18,18		7,0	6,4	0,37	0,900	1,27	70,87	35,43	33,54	1,02	0,87	29,13
	18,45-18,50		7,3	6,5	0,49	2,105	2,60	81,12	65,51	13,91	1,12	0,58	18,88
	18,50-18,51		7,1	6,4	0,94	8,794	9,73	90,34	74,48	14,66	0,72	0,48	9,66
	18,51-18,54		6,9	6,2	1,84	29,097	30,94	94,05	72,73	19,72	0,87	0,73	5,95
	18,54-18,60		7,5	6,4	0,67	25,210	25,88	97,41	76,70	18,00	1,90	0,81	2,59
	18,60-18,66		7,3	6,5	0,90	38,434	39,33	97,71	82,62	12,80	1,19	1,09	2,29
	18,66-18,92		7,8	6,7	0,45	25,184	25,63	98,24	90,70	6,53	0,21	0,80	1,76
	18,92-19,08		7,4	6,7	0,75	21,689	22,39	96,65	83,19	11,79	0,95	0,72	3,35
	19,08-19,58		7,6	6,7	0,34	1,027	1,37	75,13	64,01	9,95	0,36	0,80	24,87
	19,58-19,68		7,5	6,4	0,54	0,593	0,93	63,56	53,59	7,72	0,86	1,39	36,44
Granica	0,0 -0,3	A_{ll}	4,7	4,0	67,71	33,15	100,86	32,87	25,54	4,85	2,87	0,61	67,13
profil - profile 3	0,3 -0,12	A_{p1}	3,7	3,0	110,26	16,23	126,49	12,83	10,57	1,30	0,68	0,28	87,17
	0,12-0,22	A_1	3,3	2,6	10,90	0,56	11,46	4,87	3,31	0,78	0,61	0,17	95,13
	0,22-0,34	A_2	3,6	3,0	4,57	0,16	4,73	3,38	2,33	0,42	0,63	ślad trace	96,62
	0,34-0,42	B_{hs}	4,1	3,9	11,27	0,19	11,42	1,66	1,14	0,17	0,26	0,09	98,34
	0,42-0,60	B_1	4,5	4,2	4,06	0,07	4,13	1,69	0,97	0,24	0,48	ślad trace	98,31
	0,60-0,80	B_2	4,5	4,3	3,80	0,11	3,91	2,81	1,53	0,25	0,78	0,25	97,19
	0,80-1,00		4,8	4,3	1,42	0,07	1,50	4,67	2,67	0,67	1,33	ślad trace	95,33

warszawskiego. Stwierdzono tu również występowanie kory sosny i szczątków wierzby. Szczątki te zostały w pewnym stopniu scementowane wolną krzemionką. Warstwa górna tego osadu w badaniach radiowęglem otrzymała datę 10 430 B.P. (Lod-32). Na podstawie wykonanych badań mikromorfologicznych w odsłonięciu Wiązowna-Piekiełko (profil 1) stwierdzono, że szczątki organiczne rozłożone i o zachowanej strukturze tkanek są „sprasowane". Wykazują one ułożenie zgodne z laminacją osadu mineralnego pyłowo-piaszczystego. Typ rozkładu nagromadzonej substancji organicznej w obu warstwach dwudzielnego osadu jest nieco podobny do rozkładu materiału organicznego w torfach. W laminach piaszczystych (o miąższości 1 lub 0,5 cm) gromadzą się i je cementują wodorotlenki żelaza i glinu oraz związki organiczno-żelaziste, niekiedy być może z pewną ilością minerałów ilastych. Nielicznie występujące pory podłużne częściowo wypełniają związki żelaza. W niektórych przypadkach impregnacja żelazisto-glinowo-organiczna, najsilniej zaznaczona na przejściach z lamin piaszczystych do pyłowych, obejmuje również materiał pyłowy. Powstawanie tych lamin żelazisto-organicznych należy tłumaczyć wahaniami eutroficznych wód gruntowych i uciskiem mas nadległego piasku.

W drugiej warstwie próchnicznej pyłowo-ilastej substancja organiczna i organiczno-żelazisto-glinowa ułożone są również warstwowo i cementują materiał mineralny. Na kontakcie lamin o różnym składzie granulometrycznym występują liczne małe owalne konkrecje żelaziste świadczące o procesach oglejenia

Zjawiska „sprasowania", impregnacji i cementacji materiału pyłowo-piaszczystego można zaliczyć do procesów diagenetycznych, w dużym stopniu zmieniających substrat pierwotny tworzący gleby. Są to zjawiska trudno uchwytne przy stosowaniu metod fizykochemicznych dla charakterystyki gleb kopalnych, dlatego badania mikromorfologiczne są ich bardzo dobrym uzupełnieniem.

Gleby kopalne i reliktowe, zwłaszcza holoceńskie, występujące na wydmach Kotliny Warszawskiej, wykazują cechy procesu bielicowania. Trudno jest jednak wydzielić w nich podtypy oparte tylko na morfologii profilu. Za kryterium chemiczne wydzielania podtypów gleb klasy bielicoziemnych przyjęto więc — zgodne z zaleceniami FAO (Ghent-1975) — stosunek żelaza wolnego do węgla ogółem, a na podstawie wcześniejszych badań własnych — tzw. liczbę przemieszczenia żelaza wolnego z poziomów A_2 do B iluwialnego (tab. 5).

Na podstawie stosunku żelaza wolnego do węgla ogółem stwierdzono, że gleby kopalne w Cięciwie datowane na Atlantikum i gleba reliktowa w Rezerwacie Granica są to typowe bielice próchniczne albo żelazisto-próchniczne. Stosunek ten mieści się w granicach od 0,072 do 0,263. Według FAO, jeżeli stosunek wymienionych składników spada poniżej 0,1, są to bielice próchniczne, jeżeli natomiast przekracza wartość 0,3,

Tabela 5

Stosunek Fe wolnego do C ogółem w procentach oraz liczba przemieszczenia żelaza w badanych glebach

Free Fe-total C ratio in per cent and the iron translocation index in the soils under study

Miejscowość i nr profilu Locality, profile No.	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość m Depth m	Fe wolne[x] Free Fe %	C ogółem Total C %	Fe wolne / C ogółem Free Fe / total C	Liczba przemieszczenia żelaza wolnego Free iron translocation index	Nazwa gleby Soil name
Cięciwa profil-profile 2	torf peat	1,00-1,15	0,175	20,196			bielica próchniczno-żelazista humous-ferruginous podzol
	A_1A_2	1,18-1,28	0,011	0,502			
	B_{Hs}	1,30-1,40	0,101	0,594	0,17	9,8	
	B_s	1,45-1,55	0,045	n.o.			
	C	1,70-1,80	0,018	0,165			
	B_r	2,00-2,10	0,042	n.o.			
	C	2,50-2,60	0,018	n.o.			
Cięciwa profil-profile 3	torf peat	1,00-1,15	0,121	27,100			bielica próchniczna humous podzol
	A_1A_2	1,15-1,20	0,014	1,163			
		1,20-1,30	0,045	1,132			
	A_2	1,30-1,40	0,018	0,315			
	B_H	1,40-1,50	0,112	1,148	0,072	6,4	
	konkrecje concretions	1,40-1,50	0,217	n.o.			
	B_s	1,50-1,60	0,035	0,309			
	C	2,20-2,30	0,018	n.o.			
Wiązowna-Piekiełko profil-profile 1	A_1W_1	18,00-18,10	0,25	2,093			gleba glejowa gley soil
	GW_2	18,10-18,27	0,15	0,421	n.o.	0,6	
	A_1W_3G	18,50-18,69	0,12	0,783			
Granica profil-profile 2	A_L	0,0 -0,3	n.o.	41,99			bielica próchniczno-żelazista humous-ferruginous podzol
	A_{PH}	0,3 -0,12	n.o.	28,65			
	A_1	0,12-0,22	0,056	1,86			
	A_2	0,22-0,34	0,053	0,57			
	B_{Hs}	0,34-0,42	0,280	1,07	0,262	5,3	
	B_s	0,42-0,60	0,101	0,40	0,252		
	BC	0,60-0,80	0,066	n.o.			
	C	0,80-1,00	0,017	n.o.			

[x] Wykonała mgr D. Czępińska-Kamińska - Executed by D. Czępińska-Kamińska, M.Sc.

są to bielice żelaziste. Jeden z profilów stanowiska Cięciwa o powyższym stosunku 0,072 jest więc typową bielicą próchniczną.

Liczba przemieszczenia żelaza wolnego z poziomów wierzchnich do iluwialnego próchniczno-żelazistego waha się dla analizowanych bielic w granicach 9,8 do 5,3. Liczba ta jest znacznie wyższa w bielicach kopalnych w porównaniu z reliktowymi. Można to tłumaczyć ciągłym dostar-

czaniem żelaza wolnego z rozkładu ściółki leśnej w glebach reliktowych, czyli długotrwałym powolnym procesem bielicowania. W bielicach kopalnych proces glebotwórczy został przerwany od momentu przykrycia gleby piaskiem. Właściwości fizykochemiczne są więc „obrazem" gleb z przed tego okresu. Należy podkreślić, że pewne zmiany mogły nastąpić w wyniku procesów diagenetycznych, które w przypadku bielic mogły występować w okresie subborealnym i subatlantyckim.

Tabela 6

Sumaryczna zawartość różnych form związków organicznych we frakcjach wolnej i związanej
Total content of various forms of organic compounds in free and bounded fractions

Odsłonięcie nr Crossection No.	Miejscowość i nr profilu Locality, profile No.	Głębokość pobrania próbki Sampling depth m	Poziom genetyczny Genetic horizon	C ogółem Total C %	C kwasów fulwowych, huminowych, humin w % C ogółem C of fulvic and humic acids and humins in % of total C					Stosunek H:F H:F ratio
					frakcja wolna free fraction		frakcja związana bounded fraction			
					F_1+F_2	H_1+H_2	$F_3+F_4+F_5$	H_3+H_4	huminy H humus	
1	Cięciwa, atlantikum Cięciwa, Atlanticum profil - profile 2	1,00-1,50	torf peat	20,196	5,1	14,1	0,7	0,6	0,2	2,54
		1,18-1,28	A_1A_2	0,502	2,2	5,4	20,2	28,4	6,0	1,52
		1,30-1,40	B_H	0,594	2,3	3,7	43,4	17,6	11,1	0,47
		1,45-1,55	B_s	0,165	1,8	6,0	19,9	20,2	44,8	1,19
1	Cięciwa, atlantikum Cięciwa, Atlanticum profil - profile 3	1,00-1,15	torf peat	27,1	10,3	12,0	8,8	1,7	2,3	1,24
		1,15-1,20	A_1	1,163	5,8	8,0	9,0	10,9	5,8	1,25
		1,20-1,30	A_1/A_2	1,132	9,4	11,8	13,3	12,8	5,6	1,06
		1,30-1,40	A_2	0,315	10,2	15,8	14,6	27,0	10,5	1,73
		1,40-1,50	B_H	1,548	11,7	9,3	42,7	14,9	4,0	0,44
		1,50-1,60	B_s	0,309	0,3	0,9	21,2	29,4	43,4	1,42
1	Cięciwa, Allerød profil - profile 4	5,6-5,7	/A_1/	0,160	8,1	20,6	26,9	35,6	6,3	1,61
3	Wiązowna-Piekiełko gleba pod wydmą Wiązowna-Piekiełko, soil under the dune profil - profile 1	18,0-18,1	A_1W_1	2,093	11,9	10,4	23,8	13,8	38,1	0,67
		18,1-18,27	W_2G	0,421	0,7	1,0	26,5	20,5	50,6	0,77
		18,5-18,69	A_1W_3G	0,783	1,2	0,2	13,8	20,6	65,8	1,60
2	Wiązowna, gleba pod wydmą przy szosie Wiązowna, soil under the dune /at the highway/ profil - profile 1	2,00-2,02	A_0A_1	0,628	15,3	20,86	18,15	36,78	0,8	1,73
2	Wiązowna, gleba pod wydmą przy szosie Wiązowna, soil under the dune /at the highway/ profil - profile 2	2,00-2,01	W_1	0,405	0,25	0,74	19,01	15,31	61,23	0,83
		2,01-2,04	W_2	0,226	3,54	6,64	38,94	32,30	17,70	0,92
		2,04-2,19	W_3	0,085	4,71	3,53	52,93	35,30	2,35	0,67

cd. tabeli 6

Odsłonięcie nr. Crossection No.	Miejscowość i nr profilu Locality, profile No.	Głębokość pobrania próbki Sampling depth m	Poziom genetyczny Genetic horizon	Stopień humifikacji Humification degree	Procentowa zawartość C poszczególnych frakcji w stosunku do gleby C per cent in particular fractions i relation to soil					
					frakcja wolna free fraction			frakcja związana bounded fraction		
					R	P_1+P_2	H_1+H_2	$P_3+P_4+P_5$	$H_3+H_4+H_5$	huminy humus
1	Cięciwa, atlantikum Cięciwa, Atlanticum profil - profile 2	1,00-1,50	torf peat	20,7	16,013	1,029	2,844	0,140	0,122	0,048
		1,18-1,28	A_1A_2	62,2	0,190	0,011	0,027	0,101	0,143	0,030
		1,30-1,40	B_H	78,1	0,130	0,014	0,022	0,256	0,106	0,066
		1,45-1,55	B_s	92,7	0,012	0,03	0,010	0,033	0,033	0,074
1	Cięciwa, atlantikum Cięciwa, Atlanticum profil - profile 3	1,00-1,15	torf peat	27,1	24,369	1,036	1,209	0,082	0,174	0,230
		1,15-1,20	A_1	39,5	0,704	0,069	0,093	0,105	0,125	0,067
		1,20-1,30	A_1/A_2	52,9	0,533	0,109	0,134	0,151	0,141	0,064
		1,30-1,40	A_2	78,1	0,069	0,032	0,050	0,046	0,085	0,033
		1,40-1,50	B_H	82,6	0,270	0,181	0,144	0,662	0,229	0,062
		1,50-1,60	B_s	95,2	0,015	0,001	0,003	0,065	0,091	0,134
1	Cięciwa, Allerød profil - profile 4	5,6-5,7	$/A_1/$	97,5	0,004	0,013	0,033	0,043	0,057	0,010
3	Wiązowna-Piekiełko gleba pod wydmą	18,0-18,1	A_1W_1	98,0	0,041	0,251	0,219	0,499	0,285	0,798
	Wiązowna-Piekiełko soil under the dune, profil - profile 1	18,1-18,27	W_2G	99,3	0,003	0,004	0,003	0,112	0,086	0,213
		18,5-18,69	A_1W_3G	99,6	0,003	0,010	0,002	0,092	0,161	0,515
2	Wiązowna, gleba pod wydmą przy szosie Wiązowna, soil under the dune /at the highway/ profil - profile 1	2,00-2,02	A_0A_1	91,72	0,052	0,095	0,131	0,114	0,231	0,005
2	Wiązowna, gleba pod wydmą przy szosie Wiązowna, soil under the dune /at the highway/ profil - profile 2	2,00-2,01	W_1	96,54	0,014	0,001	0,003	0,071	0,062	0,248
		2,01-2,04	W_2	99,12	0,002	0,008	0,015	0,088	0,073	0,040
		2,04-2,19	W_3	98,82	0,001	0,004	0,003	0,045	0,030	0,002

Frakcjonowaną analizę substancji organicznej wykonano metodą Duchaufoura i Jacquina w glebach kopalnych (tabl. 6) o różnym wieku ze stanowisk 1 Cięciwa i 3 Wiązowna. Wyniki analiz substancji organicznej dla gleb współczesnych z cechami reliktowymi z obszaru Puszczy Kampinoskiej przedstawili również w swych pracach K u ź n i c k i [12], C z ę -

pińska-Kamińska i Kusińska [6] oraz Czępińska-Kamińska [5].

Zawartość węgla organicznego w glebach kopalnych wytworzonych z piasków zależy od warunków roślinno-klimatycznych i głębokości występowania wody gruntowej oraz wieku gleby. Natomiast przemiany związków próchnicznych w wydzielonych frakcjach: wolnej (lekkiej) i związanej (ciężkiej), zależą od przebiegu i nasilenia procesów glebotwórczych i od warunków fizykochemicznych środowiska.

W glebie z interstadiału Allerød (Cięciwa profil 4) słabo wykształconej bielicowanej występuje bardzo mała zawartość węgla organicznego, w którym dominują głównie kwasy huminowe zarówno we frakcji wolnej, jak i związanej. Zawartość humin jest mała. Stosunek H:F wynosi 1,61, a stopień humifikacji — 97,5, czyli jest bliski 100. Podobne wartości dla substancji organicznej otrzymano w odsłonięciu Wiązowna (przy szosie) i Wiązowna-Piekiełko, co sugeruje, że mogą to być gleby starsze od Allerødu [10]. W wierzchnich ich warstwach przeważają kwasy fulwowe, a w głębszych kwasy huminowe. Najbardziej charakterystyczną cechą tych gleb jest występowanie bardzo dużych ilości humin, związków silnie związanych z częścią mineralną gleby. Można przypuszczać, co potwierdzają badania mikromorfologiczne, że tak duża ilość humin wiąże się z występowaniem tu dużej ilości związków żelazisto-glinowych, które wspólnie z próchnicą wpływają na cementację tego poziomu. Stopień humifikacji substancji organicznej w tych glebach jest wysoki.

W najmłodszych glebach kopalnych z okresu atlantyckiego rozmieszczenie i przemiany substancji organicznej są bardzo podobne do jej przemian w glebach bielicowych czy bielicach współczesnych. Jednak w bielicach atlantyckich w poziomach głównie B_s występuje duża ilość humin, znacznie większa w porównaniu z glebami współczesnymi. Huminy występujące w poziomach B_s jako związki trudno rozpuszczalne, zawierające duże ilości żelaza i glinu, przyczyniają się do powstawania rudawców typu przemywnego. Być może, że przy powstawaniu rudawców dużą rolę należy przypisać drobnoustrojom glebowym redukującym żelazo. Tak duże nagromadzenie humin w poziomie B_s przyczynia się więc do cementacji tego poziomu. Można to traktować w pewnym stopniu jako proces wtórny, diagenetyczny. Stopień humifikacji w glebach okresu atlantyckiego w warstwach wierzchnich jest znacznie mniejszy w porównaniu z glebami starszymi. Odgrywa tu znaczną rolę warstwa zmurszałego torfu lub miąższy poziom ściółki w stropie bielic przykrytych młodszą serią wydmową. Stosunek H:F typowy dla bielic odznacza się nagłym spadkiem poniżej 1 w poziomie B_{Hs}.

Na podstawie datowania radiowęglem substancji organicznej w niektórych odsłonięciach (tabl. 7) można prześledzić następstwo procesów

Tabela 7

Stratygrafia, wiek i typy gleb w wydmach i torfach okolic Warszawy
Stratigraphy, soil age and types in dunes and peats of the Warsaw environs

Stratygrafia Starkel 1975 / Stratigraphy, Starkel 1975		Wiek - ^{14}C Age according to ^{14}C B.P.	Wiek - ^{14}C Age according to ^{14}C B.C.	Nazwa miejscowości Locality	Gleby - Soils
		0	2		
	subatlantikum Subatlantic	1	1		
2000		2	0		
		3	1		
	subborealny Subboreal	4	2		
5100		5	3		
		5400		Nart	bielice próchniczne, bielice żelazisto-próchniczne, płytkie gleby murszowe na bielicach, gleby murszowe, gleby torfowe humous podzols, humous-ferruginous podzols, shallow muck soils on podzols, muck soils, peat soils
		6 6150	4	Cięciwa	
	atlantikum Atlantic	7 7110 7150	5	Nart Cięciwa	
8400		8	6 6410	Całowanie	
	borealny - Boreal				gleby rdzawe, gleby rdzawe bielicowane, gleby torfowe rust coloured soils, rust-coloured podzolized soils, peat soils
9300		9	7 7300	Całowanie	
	preborealny Preboreal		7985	Całowanie	gleby rdzawe - rust-coloured soils
10250		10 10 115[x]	8	Nart	gleby torfowe peat soils
	młodszy dryas Younger Dryass	10 430	8500	Wiązowna-Piekiełko	gleby słabo wykształcone weakly developed soils
			8870	Całowanie	gleby glejowe, gleby torfowe gley soils, peat soils
10900		11	9		
	Allerød	11 150		Cięciwa	słabo wykształcona gleba bielicowana, gleba glejowa i murszowo-glejowa weakly developed podzolized soil and muck-gley soil
11800		12	10 9430	Całowanie	
12100	starszy dryas Older Dryass				
12400	Bølling	13 ?	11	Wiązowna	gleba inicjalna initial soil
	najstarszy dryas Oldest Dryass				

[x] Z. Borówko-Dłużakowa

glebotwórczych w późnym plejstocenie i holocenie na obszarach wydmowych Kotliny Warszawskiej. Ścisłe określenie wieku pozwala również na korelację pewnych podobnych zdarzeń przebiegających na wydmach i w glebach kopalnych lewego i prawego brzegu Wisły.

Datowania radiowęglem substancji organicznej niektórych odsłonięć w powiązaniu z rozpoznaną na podstawie właściwości fizykochemicznych typologią gleb pozwalają wnioskować o reżimie hydrologicznym badanego obszaru. Zmiany stosunków hydrologicznych mogą być związane z

wahaniami poziomu wody w rzece lub z ogólnym zwilgoceniem klimatu. Na utworach mineralnych glebę glejową w Wiązownie-Piekiełku, świadczącą o wysokim poziomie wody gruntowej, datowano radiowęglem na 10 430 ± 450 lat B.P. (Lod-32), natomiast wiek torfu z Nartu ustalono na 10 115 ± 55 lat B.P., a stanowisko Całowanie na 8505 ± 90 lat B.C. i 8870 ± 90 lat B.C. [18]. Dwie z tych dat odnoszą się do gleb z okresu młodszego dryasu, najmłodsza datuje pogranicze młodszego dryasu i okresu preborealnego.

Na tej podstawie można sądzić, że działalność wydmotwórcza na badanym obszarze w młodszym dryasie była najprawdopodobniej ograniczona i ściśle związana z warunkami hydrologicznymi, decydującymi mimo chłodnego klimatu o istniejących zbiorowiskach roślinnych. Na przełomie bowiem okresów preborealnego i borealnego, a może tylko w okresie preborealnym, spotyka się na wydmach glebę kopalną rdzawą o dobrze wykształconym poziomie wietrzenia w warunkach suchych. Poziom ten sugeruje obniżenie lustra wody gruntowej albo większą suchość klimatu, co znajduje odbicie w stosunkach ekologicznych.

Zmiany stosunków wodnych wystąpiły następnie w późniejszych okresach holocenu. W Atlantikum u podnóża wydmy w Narcie ze starszego torfowiska wchodzi na wydmę dwukrotnie torf, jako warstwa mało miąższa, słabo rozłożona. Rozwój i powstawanie tego torfowiska u podnóża wydmy należy wiązać według Borówko-Dłużakowej z interstadiałem Allerød, a według Wasilikowej — nawet z Bøllingiem. Dwie mało miąższe warstwy torfu datowano ^{14}C na 7110 ± 320 lat B.P. (Lod-91) i 5400 ± 250 lat B.P. (Lod-94).

Daty te są związane ze zmianami zbiorowisk roślinnych. W pewnym stopniu informują one również o stabilności istniejących ekosystemów leśnych i łąkowych na badanym obszarze.

W tym samym prawie czasie na wydmie w Cięciwie w niewielkich zagłębieniach pojawia się płytka 20-centymetrowa warstwa torfu, którą datowano ^{14}C na 6155 ± 270 lat B.P. (Lod-31). Warstwa ta leży na bardzo dobrze wykształconej bielicy żelazisto-próchnicznej, która świadczy o pewnej dłuższej stabilizacji ekosystemów leśnych na wydmach. Datę iluwium żelazisto-próchnicznego tej gleby ustalono radiowęglem na 7150 ± 150 lat B.P. (Lod-47).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Szczegółową stratygrafię badanych odsłonięć oparto głównie na wykształceniu gleb kopalnych zdefiniowanych właściwościami fizykochemicznymi i datowaniach radiowęglem substancji organicznej. Cechy morfologiczne uściślone liczbowymi wskaźnikami chemicznymi pozwalają wnioskować o przemianach stosunków wodnych powodowanych

zmianami klimatu, a tym samym roślinności w późnym plejstocenie i holocenie w Kotlinie Warszawskiej.

Rozpatrując w czasie i przestrzeni badane odsłonięcia gleb kopalnych i reliktowych na lewym i prawym brzegu Wisły, można stwierdzić, co następuje.

1. W Kotlinie Warszawskiej niezależnie od wieku tarasów, na których występują badane odsłonięcia, powstawanie gleb odbywało się mniej więcej w jednym czasie. W zależności jednak od stosunków wodnych, a tym samym i roślinności są to gleby typologicznie różne, zwłaszcza na przejściach z materiału mineralnego do organicznego — torfów.

2. Warunki ekologiczne późnego plejstocenu i wczesnego holocenu nie sprzyjały tworzeniu się gleb o zróżnicowanych poziomach genetycznych, czyli gleb dobrze rozwiniętych. Ówczesne ekosystemy leśne nie były stabilne i w zależności od wahań klimatycznych oraz wznawiania działalności wydmotwórczej ulegały szybkim przemianom. Zadecydowało to o tworzeniu się głównie gleb słabo wykształconych.

3. Wydaje się natomiast, że ekosystemy łąkowe, wykształcone na torfach, mimo pewnych wahań klimatycznych wykazywały od Allerødu, a być może już od Bøllingu znacznie większą stabilność. Zmiany klimatu nie od razu przejawiają się zmianą roślinności — przemiany sukcesji roślinnej idą znacznie wolniej.

4. O pewnej stabilizacji ekosystemów wydmowych można wnioskować na podstawie wykształcenia gleby, jej dojrzałości, co daje się zauważyć w okresie atlantyckim. Powstają wtedy na wydmach, w specyficznych warunkach geomorfologicznych, bielice, pod koniec tego okresu zwieńczone płytkim torfem. Gleby te występują albo jako gleby kopalne, albo jako gleby na współczesnej powierzchni z cechami reliktowymi w niektórych poziomach genetycznych.

5. Analizując wszystkie c e c h y badanych odsłonięć stwierdzono, że w okolicach Warszawy występują dobrze rozpoznane i datowane radiowęglem trzy gleby kopalne, a mianowicie:

— najstarsza gleba wytworzona z piasków starszego dryasu w interstadiale Allerød, datowane ^{14}C na 11 150 lat B.P. lub na 9430 B.C. Jest to gleba słabo wykształcona bielicowana na materiale wydmowym, a próchniczno- lub murszowoglejowa na materiale piaszczystym podmokłym, przechodzącym w torf;

— młodsza od allerødzkiej gleba kopalna wytworzyła się z piasków najmłodszego dryasu. Jej intensywne tworzenie przypada na przełom okresu preborealnego i borealnego. Została ona rozpoznana jako gleba rdzawa występująca na stanowiskach suchszych, na których gromadzenie substancji organicznej jest znacznie mniejsze i powolniejsze. Często dobrze wykształcony poziom rdzawienia tej gleby w okresach późniejszych zostaje objęty procesem bielicowania, co stwierdzono w stanowisku Cięciwa. Jeśli jednak działalność wydmotwórcza została wznowiona pod ko-

niec okresu borealnego i gleba rdzawa uległa przykryciu warstwą piasku wydmowego, to może stanowić oddzielny poziom glebowy. Warstwy próchniczne tej gleby są prawie zawsze zniszczone, co może również świadczyć o wznowieniu pod koniec okresu borealnego działalności wydmotwórczej na badanym terenie. Odpowiednik omawianej gleby rdzawej w glebach organicznych stanowiska Całowanie datowano na 7200 B.C.;

— najmłodsza gleba kopalna powstała w Kotlinie Warszawskiej jest glebą wytworzoną albo z piasków najmłodszego dryasu, albo z piasków przewiewanych pod koniec okresu borealnego. Jej powstawanie przypada na okres atlantycki — optimum klimatyczne holocenu — i jest związane ze zwilgoceniem klimatu. Jest to bielica żelazisto-próchniczna, w kilku przypadkach zwieńczona w stropie torfem. W glebie tej ze stanowiska Cięciwa datowano radiowęglem poziom B_{Hs} rudawcowy żelazisto-próchniczny na 7150 lat B.P. i strop płytkiego murszu z datą 6155 lat B.P. Występowanie płytkiego torfu modyfikuje poziomy genetyczne bielicy. Dlatego też w odsłonięciach w Cięciwie, charakterystycznych dla bielic, występuje często nie charakterystyczny dla nich poziom A_1. Poziomy B_H i B_s są silnie scementowane związkami próchnicznymi, żelaza i glinu, tworząc rudawce typu przemywanego.

6. Obok gleb kopalnych o ściśle określonym kierunku procesu glebotwórczego występują jeszcze w Kotlinie Warszawskiej gleby nie datowane radiowęglem, a których pozycja stratygraficzna upoważnia do wydzielenia jako gleb starszych od Allerødu. Wytworzyły się one na mułkach i mułkach ilastych, stopień jednak zaawansowania procesu glebotwórczego jest na ogół mały. Dalsze badania stanowisk z tymi glebami — w toku.

7. Odsłonięcie w Cięciwie, gdzie występują trzy opisane gleby kopalne, uznano za stratotyp glebowy dla okolic Warszawy.

Sprawa rekonstrukcji krajobrazu geochemicznego na podstawie zbadanych odsłonięć pozostaje dalej otwarta.

LITERATURA

[1] Baraniecka M. D., Konecka-Betley K.: Gleby kopalne wydm okolic Warszawy i ich znaczenie stratygraficzne. Przewodnik konferencji terenowej. PTG, Warszawa 1980.

[2] Borówko-Dłużakowa Z.: Historia flory Puszczy Kampinoskiej w późnym glacjale i holocenie. Przegl. geogr. 33, 1961, 3.

[3] Borówko-Dłużakowa Z., Kobendzina J.: W związku z artykułem K. Wasylikowej. Przegl. geogr. 33, 1961, 3.

[4] Borówko-Dłużakowa Z.: Młodoplejstoceńskie i postglacjalne stanowiska flor kopalnych w Koninie. Kwart. geolog. t. 23, 1979.

[5] Czępińska-Kamińska D., Kusińska A.: Zastosowanie metod Duchaufoura-Jacquin i Tiurina w modyfikacji Kozakiewicza do ekstrakcji związków próchnicznych z gleby leśnej. Materiały konferencji „Próchnica gleb leśnych — akumulacja, rozkład, właściwości, klasyfikacja", Warszawa—Toruń 1971, 61–72.

[6] Czępińska-Kamińska D.: Współzależność między rzeźbą terenu a ty-

pologią gleb obszarów wydmowych Puszczy Kampinoskiej. Maszynopis pracy doktorskiej, SGGW-AR Warszawa, 1981.
[7] Kobendza R., Kobendzina J.: Rozwiewane wydmy Puszczy Kampinoskiej. Wydmy śródlądowe Polski, cz. I, Warszawa 1958.
[8] Kobendzina J.: Próba datowania wydm Puszczy Kampinoskiej. Przegl. geogr. 33, 1961, 3.
[9] Konecka-Betley K.: Późnopleistoceńskie i holoceńskie gleby kopalne i reliktowe okolic Otwocka. Roczn. glebozn. 25, 1974.
[10] Konecka-Betley K.: Soils of dune areas of Central Poland in late Glaciał and Holocene. Folia Quaternaria 49, 1977.
[11] Konecka-Betley K., Domosławska-Baraniecka M.: Charakterystyka gleb kopalnych i reliktowych wytworzonych ze skał różnego pochodzenia geologicznego. Komitet Badań Czwartorzędu PAN, sprawozdanie z badań naukowych, Warszawa 1978, 1980.
[12] Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P.: Charakterystyka procesu bielicowania w glebach wytworzonych z piasków wydmowych Puszczy Kampinoskiej. Rocz. glebozn. 23, 1973.
[13] Liwski S., Maciak F., Karpińska J.: Torfowiska Puszczy Kampinoskiej. Rocz. glebozn. 28, 1967, 1.
[14] Nowak J.: Stratygrafia plejstocenu północnej części Kotliny Warszawskiej. Z badań czwartorzędu w Polsce. Inst. Geologiczny 14, 1974.
[15] Prusinkiewicz Z.: Gleby wydm śródlądowych w Polsce. Prace geogr. 75, 1969.
[16] Prusinkiewicz Z.: Materiały do poznania historii rozwoju gleb Polski zachodniej i środkowej w holocenie. Folia Quaternaria 29, 1968.
[17] Różycki S. Z.: Pleistocen Polski środkowej. Warszawa 1972.
[18] Schild R.: Uwagi o stratygrafii archeologicznej wydm śródlądowych. Prace geogr. 75, 1969.
[19] Schild R.: Chronostratigraphie et environment du Paleolithique final en Pologne. „La fin des temps glaciaires en Europe". Biul. C.N.R.S. (France) 271, 1977.
[20] Urbaniak-Biernacka U.: Badania wydm środkowej Polski z wykorzystaniem metod statystycznych. Wyd. Politech. Warsz. Prace nauk., Geodezja, 1976, nr 17.
[21] Wasylikowa K.: W sprawie wieku torfowisk i wydm Puszczy Kampinoskiej. Przegl. geogr. 34, 1962.
[22] Wojtanowicz J.: Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych. Ann. UMCS Sec. B, 25, 1970.

W badaniach mikromorfologicznych uczestniczył dr A. Mazurek, za co składam podziękowanie.

К. КОНЕЦКА-БЕТЛЕЙ

ИСКОПАЕМЫЕ И РЕЛИКТОВЫЕ ПОЧВЫ ДЮН ИЗ ОКРЕСТНОСТЕЙ ВАРШАВЫ

Интитут почвоведения, Варшавская сельскохозяйственная академия

Резюме

В статье представлено развитие почвообразовательных процессов и подана

характеристика междюнных ископаемых и реликтовых почв из окрестностей Варшавы, сформированных в период плейстоцена и в голоцене. За основу палеопедологических испытаний и стратиграфии образований на дюнных площадях были приняты зоны накопления органических веществ черной либо серой окраски. Эти зоны тесно звязаны с возникновением или с затуханием эоловых процессов в связи с отеплением либо охлаждением тогдашнего климата. Климат в свою очередь влияет развитие разных растительных формаций.

Ископаемые почвы этой территории образовались из минерального и органического вещества, что обычно приводит к большому разнообразию формированных почвенных типов и подтипов. Исследование нескольких основных шурфов, как: Вионзовна, Вионзовна-Пекелко, Цаловане, Ценцива, Нарт, и Граница предоставило возможность коррелировать в некоторой степени почвоообразовательные процессы протекающие на правом и левом берегу Вислы к исходу плейстоцена и в голоцене. Полученные данные состовляют основу и для времяисчисления стабильности былых экосистем. Проведенные исследования разрешают констатировать что экологические условия позднего плейстоцена и раннего голоцена не благоприятствовали образованию хорошо развитых почв на песчаном материале. Лесные экосистемы были мало стабильными и скоро подвергалис. трансфрмациям. Высшей стабильностью о почв интерстации „alleröd", а возможно и „bölling" отличались луговые экосистемы выступающие в главном на органогенных почвах-торфяных. Повышенная стабильность лесных экосистем на песчаном грунте отмечается со времен атлантического периода, когда стали формироваться подзолы с хорошо развитыми генетическими горизонтами и подгоризонтами.

Анализ всех полученных данных из исследованных шурфов приводит к мнению, что в Варшавской Котловине находятся три хорошо познанные и датированные почвы:

— самая древняя — это почва образованная из песков старшего дриаса в интерстадии Alleröd, датированная по радиоуглеродному методу ^{14}C на 11 150 лет В.Р. Почва эта имеет две разновидности: почва слабо развитая оподзоленная на древних формах дюн и почва перегройно-либо муршего-глеевая на песчаном материале, переувлажненном, переходящем в торф чаще всего у подножия дюн;

— младшая по возрастной датировке от предыдущей — это ископаемая почва образовавшаяся из песков самого молодого дриаса, интенсивное формирование которой протекало на переломе пребореального и бореального периода. В типологическом отношении на песках она является ржавой почвой, однако образованная из органического материала составляет торфяную почву датированную ^{14}C на 7300 лет В.С. (пункт Цаловане);

— самая молодая ископаемая почва образовалась или из песков младшего дриаса или из эоловых песков к исходу бореального периода. Выступает она в виде таких подтипов как: подзолы железисто-гумусовые, подзолы гумусовые лубо подзолы муршеватые; формировались они в основном в атлантическом периоде. Подгоризонты этой почвы B_H и B_s отличаются цементацией гумусовыми соединениями, а также соединениями железа и алюминия, образуя ортштейны промывного типа. Эта почва имеет две датировки ^{14}C: для горизонта B_{Hs} — 7150 лет В.Р., а для мало мощного торфа покрывающего почву — 6155 лет В.Р. Часть этих почв в настоящее время представляет собой современные почвы, в которых почвообразовательные процессы продолжаются непрерывно от атлантического периода.

Следует подчеркнуть, что наряду с выше названными почвами датированными ^{14}C находятся ещё почвы не датированные по радиоуглю, а стратигра-

фическое положение которых разрешает зачислить их к почвам более дребним чем почвы из интерстадии Alleröd. В Варшавской Котловине они сформировались на различных илистых отложениях.

Шурф, в котором обнаружены все три описанные здесь ископаемые почвы был признан почвенным стратотипом окрестностей Варшавы.

K. KONECKA-BETLEY

FOSSIL AND RELICT SOILS IN DUNES OF THE WARSAW ENVIRONS

Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

Summary

The development of soil-forming processes and characteristics of fossil and relict soils in dunes of the Warsaw environs of late Pleistocene and Holocene are presented in the paper. As a base of paleopedologic and stratygraphic investigations of soil formations on dune areas were taken the zones of organic matter accumulation, of block or grey colour. These zones are closely connected with occurrence or disappearance of eolian processes running under conditions of warming or cooling of the climate. The climate affects in its turn the development of different plant communities.

Fossil soils of the area in question were formed from the mineral and organic material, what resulted in a great diversity of soil types and subtypes. The investigations of several basic crossection, such as at Wiązowna, Wiązowna-Piekiełko, Całowanie, Cięciwa, Nart and Granica, enabled to a certain degree to correlate soil-forming processes on the right and left Vistula banks at the end of Pleistocene and in Holocene. They also created a basis for concluding about longer or shorter stability of ecosystems of that time. The present study allows to state that the ecological conditions of the late Pleistocene and early Holocene were not favourable for developing well-formed soils on sandy material. Forest ecosystems were thus unstable and underwent to rather quick transformations. Greater stability than forest soil that of Allerød and possibly also of Bølling, distinguished themselves grassland ecosystems occurring mainly on peat soils.

Greater stability of forest ecosystems on sandy material can be observed since the atlantic period, when podzols were formed with very well developed genetic horizons and subhorizons.

The analysis of data collected from the crossection examined allows to state that in the Warsaw syncline three well recognized and dated fossil soils occur, in particular:

— the oldest soil developed from sands of Older Driass in the Allerød interstage is dated by means of ^{14}C for 11 150 years of B.P. This soil occurs in two varieties: as a weakly developed podzolized soil on fossil dune forms and humous or muck-gley soil on wet sandy soil transforming into peat at the dune foot;

— fossil soil younger than Allerød, developed from sands of the youngest Driass, an intensive development of which falls for the turn of pre-boreal and boreal period. Typologically on sand it is rust-coloured soil, whereas that developed from the organic material is peat soil dated by means of ^{14}C for 7300 years of B.C. (the site at Całowanie);

— the youngest fossil soil developed from sands either of Younger Dryass or from blown sands at the end of the boreal period. It occurs in several subtypes, such as: ferruginous-humous podzol, humous podzols or mucky podzols, the main

period of their development being Atlanticum. B_H and B_s subhorizons of this soil distinguish themselves by comentation with compounds of humus or iron and aluminium, forming iron pans of the outwash type. This soil has two dates: for B_{Hs} horizons — 7150 years of B.P. and for shallow peat covering the soil — 6155 years of B.P. A part of these soils constitutes at present contemporary soils, in which the soil-forming processes should run continuously since the Atlantic period.

It is to stress that beside the soile mentioned, dated by means of ^{14}C, there exist still soils not dated by the radiocarbon, the stratigraphic position of which allows to separate them as soils older than Allerød. In the Warsaw syncline they were formed on slimes or clay muds.

The crossection in which the above three fossil soils occur, is regarded as a soil stratotype of the Warsaw environs.

Prof. dr hab. Krystyna Konecka-Betley
Instytut Gleboznawstwa SGGW-AR
Warszawa, ul. Rakowiecka 26