

**NATURALNE GEOLOGICZNE BARIERY IZOLACYJNE
NA OBSZARACH GLACJALNYCH
NA PRZYKŁADZIE
FRAGMENTU WYSOCZYZNY NIDZICKIEJ
W OKOLICACH GRZEBSKA**

**Natural isolation barriers on glacial areas based on the part
of the Nidzica Upland near the Grzebsk area**

Ewa FALKOWSKA

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii,
Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych;
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa;
e-mail: ewa.falkowska@uw.edu.pl*

Treść: Badania prowadzono na glacialnym obszarze Wysoczyzny Nidzickiej w okolicach Grzebska. Celem ich było wykazanie związku występowania naturalnych geologicznych barier izolacyjnych z morfogenezą tego obszaru. Opierając się na analizach właściwości filtracyjnych, pojemności wymiany kationowej, charakterystyce litologicznej oraz na analizie geomorfologicznej, przyporządkowano jednostkom geomorfologicznym klasy zdolności do zatrzymywania zanieczyszczeń. Do I klasy zaliczono formy, które zbudowane są z gruntów o wysokich właściwościach sorpcyjnych, niskiej wodoprzepuszczalności oraz charakteryzujące się ciągłością struktur i niskim poziomem zwierciadła wód podziemnych, a więc takie, w obrębie których występuje naturalna bariera izolacyjna. Zaliczono do nich misy wytopiskowe doliny Orzyca, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie i dolinki boczne. II klasę stanowi wysoczyzna morenowa w strefie wschodni glin, III – pokrywy ablacyjne, IV – kemy, kemy dolinne, moreny czołowe i moreny martwego lodu. V klasę tworzą jednostki geomorfologiczne, w obrębie których bariera izolacyjna nie występuje. Należą do nich tarasy kemowe i równiny wodnolodowcowe. Badania wykazały przydatność analizy morfogenetycznej do waloryzacji obszaru o genezie glacialnej pod względem występowania naturalnych barier izolacyjnych.

Słowa kluczowe: Wysoczyzna Nidzicka, litogeneza, geologiczne bariery izolacyjne, właściwości sorpcyjne

Abstract: The investigations were carried out in the eastern part of the Nidzica Upland near Grzebsk. The main aim of this research was to prove the connection between the occur of natural isolation barriers and the morphogenesis of this postglacial area. A geomorphologic model of the area was constructed. Geomorphological units were divided into five classes with regard to their abilities to retain pollution. The classification is based on the lithological characteristics of deposits, permeability coefficient, cation exchange capacity (CEC) and presence of continuous layers. Class I includes melt-out depressions, ice-dammed basins within the plateau, and side valleys which are built of peats, warps and gytia. They are characterized by very high sorption abilities, low permeability coefficient, and occur as a continuous layer and at low groundwater level. Class II includes a morainic plateau built of glacial till; class III – an ablation cover, class IV – kames, valley kames, frontal moraines and dead-ice maraines, class V includes geomorphological units without natural isolation barriers in form of kame terrace and fluvioglacial plateau. The usefulness of morphogenesis analyses to valorize the studied part of the Nidzica Upland as a natural isolation barrier has been shown.

Key words: Nidzica Plateau, morphogenesis, geological isolation barriers, sorption abilities

WSTĘP

Analizy geośrodowiskowe dostarczające podstawowych informacji wykorzystywanych w trakcie planowania przestrzennego oraz analizy wpływu obiektów gospodarczych na środowisko wymagają określenia wrażliwości środowiska geologicznego na migrację zanieczyszczenia. Dla prawidłowego rozpoznania terenu pod względem cech izolacyjnych niezbędne jest przeprowadzenie szczegółowych badań obejmujących zarówno określenie składu litologicznego i właściwości fizykochemicznych (w tym sorpcyjnych i filtracyjnych) osadów, jak i jednoczesne scharakteryzowanie warunków hydrogeologicznych i geomorfologicznych obszarów. Określenie przestrzennego układu warstw zbudowanych z gruntów o określonych parametrach izolacyjnych w dużym stopniu ułatwia prowadzenie analiz środowiskowych. Tylko wykonanie tak kompleksowej analizy pozwala na wskazanie obszarów występowania naturalnych geologicznych barier izolacyjnych, a tym samym pozwala na przedstawienie przestrzennego zróżnicowania zagrożeń skażeniem. Dopiero rozważenie wszystkich tych czynników umożliwi taką lokalizację inwestycji, która będzie zgodna z wymaganiami zrównoważonego rozwoju.

Prezentowane badania miały na celu określenie zdolności izolacyjnych osadów budujących przypowierzchniową strefę Wysoczyzny Nidzickiej (Wyniesienia Mławskiego) w rejonie Grzebska (Fig. 1).

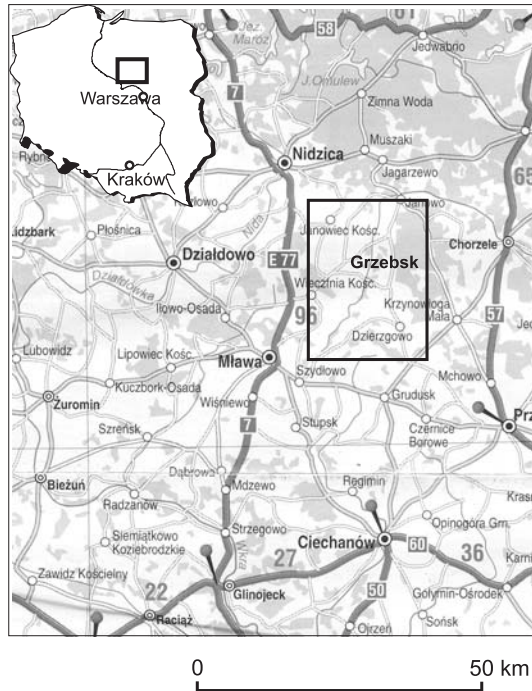


Fig. 1. Lokalizacja terenu badań

Fig. 1. Location of the study area

Celem badań było także wskazanie związku tych zdolności z morfogenezą obszaru o genezie glacialnej. Działalność lodowca spowodowała powstanie na tym terenie wielu charakterystycznych form, łatwych do identyfikacji, których osady wykazują określone właściwości izolacyjne.

METODYKA BADAŃ

Badania obejmowały kartowanie geologiczne w skali 1:25 000. W jego trakcie wykonano 157 otworów wiertniczych, z których pobrano 59 próbek reprezentatywnych osadów. Przy wykreślaniu granic wydzielen geologicznych wykorzystano analizę zdjęć lotniczych. Określono także głębokość zalegania pierwszego poziomu zwierciadła wód podziemnych i oznaczono wartość współczynnika filtracji metodą BAT.

Badania składu litologicznego objęły analizę granulometryczną, oznaczenie zawartości węgla wapnia metodą Scheiblera oraz zawartości substancji organicznej metodą strat przy prażeniu, pH metodą potencjometryczną (Myślińska 2001). Wykonano także badania pojemności wymiany kationowej (CEC) poprzez oznaczenie kwasowości hydrolytycznej oraz wypartych jonem amonowym kationów wymiennych: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} (Ostrowska *et al.* 1991). Zawartość tych pierwiastków oznaczano metodą absorpcji atomowej AAS (spektrometr AAS-30 produkcji Carl Zeiss Jena).

CHARAKTERYSTYKA GEOMORFOLOGICZNA

Analizowany obszar Wysoczyzny Nidzickiej w okolicach Grzebska (Fig. 1) został uformowany w wyniku deglacjacji lądolodu stadiału Mławy zlodowacenia Warty (Michalska 1961, Różycki 1967). Arealny sposób zaniku lądolodu spowodował powstanie charakterystycznych form geomorfologicznych. Najniższe partie terenu stanowią rozległe obniżenia wytopiskowe wykorzystane na trasę przepływu przez współczesną rzekę Orzyc (Fig. 2). Tworzą one dno doliny wypełnione torfami, namułami i gytiami o miąższości przekraczającej w strefach centralnych nawet 4 m. Aluwia piaszczyste występują jedynie w wąskiej strefie wzdłuż koryta. Mineralne podłoże utworów organicznych stanowią najczęściej niewielkiej miąższości warstwy piasków drobnych osadzonych w zbiornikach jeziornych i leżących na utworach morenowych – glinach. Poziom wód podziemnych znajduje się na głębokości 1.5–2.0 m p.p.t. Ponad powierzchnią torfów zaznaczają się niewielkie piaszczyste wzniesienia będące prawdopodobnie efektem przepływu wód roztopowych w szczelinach bryły martwego lodu, zalegającej w misie wytopiskowej. Formy te można uznać za kemy dolinne.

W wielu miejscach na krawędziach wytopisk występują płaskie formy przyległe do wysoczyzn morenowych w postaci listew, zbudowane z piasków i żwirów (Fig. 2). Są to tarasy kemowe, będące śladem przepływu wód roztopowych między bryłą martwego lodu lodowcowego zalegającą w misie wytopiskowej a powstającą wysoczyzną morenową. W obrębie tej jednostki geomorfologicznej poziom wód podziemnych znajduje się 2 m p.p.t.

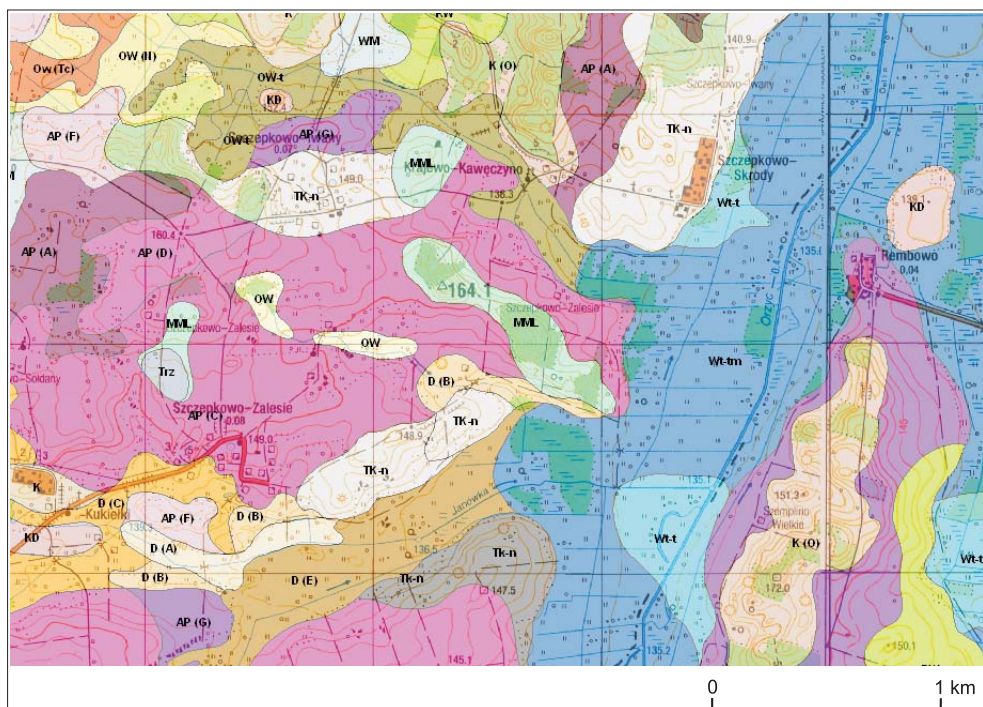


Fig. 2. Szkic geomorfologiczny fragmentu Wysoczyzny Nidzickiej położonego na N od Grzebska: MML – moreny martwego lodu, WM – wysoczyzna morenowa, TK-n – tarasy kemowe, K – kemy, AP – pokrywy ablacyjne różnych typów, K(O) – ozy, KD – kemy dolinne, Wt – obniżenia wytopiskowe z cienką warstwą torfów (<2 m), Wt-tm – obniżenia wytopiskowe z pokrywą torfów >2 m, OW – obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie, D (A, B, C, E) – dolinki boczne różnych typów

Fig. 2. Geomorphological sketch of the part of the Nidzica Upland situated to the N of the Grzebska area: MML – dead-ice moraines, WM – morainic plateau, TK-n – kame terraces, K – kames, AP – different types of ablation cover, K(O) – ose, KD – valley kames, Wt – melt-out depressions with thin cover of peats (<2 m), Wt-tm – melt-out depressions with thin cover of peats >2, OW – ice-dammed basin within the plateau, D (A, B, C, E) – different types of side valleys

Występująca ponad obniżeniami wytopiskowymi wysoczyzna morenowa zbudowana jest głównie z ciągłej warstwy glin zwałowych. Ich miąższości wahają się od 5 do 20 m (Uniejewska 2001). Obecne są w nich jedynie sporadycznie drobne przewarstwienia piasków. Wysoczyzna morenowa tworzy w morfologii zespoły płaskich powierzchni obniżających się stopniowo w kierunku doliny Orzyca (Fig. 3). W trakcie badań do głębokości 3 m nie nawiercono utworów wodonośnych. Gliny wysoczyzny morenowej bardzo często przykryte są gruntami pylastymi i piaszczysto-gliniastymi, powstałymi bądź w trakcie przepływu wód roztopowych na powierzchni topiącego się lodu, bądź w wyniku powolnego przepływu tych wód w poszerzonych dawnych szczelinach lodowych (osady wodnomorenowe wg Morawskiego 1984). Podobne formy z obszaru Wysoczyzny Łódzkiej Rdzany (1997) określił jako pokrywy ablacyjne. Poziom zwierciadła wód podziemnych znajduje się w obrębie tych pokryw na głębokości 2–3 m p.p.t.

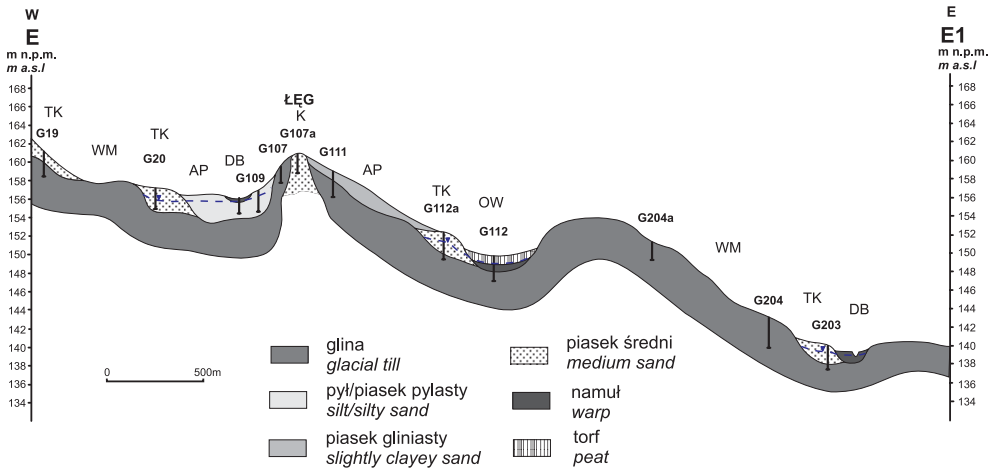


Fig. 3. Przykładowy przekrój litologiczny przez fragment Wysoczyzny Nidzickiej w okolicach Grzebska: WM – wysoczyzna morenowa, TK – tarasy kemowe, K – kemy, AP – pokrywy ablacyjne różnych typów, DB – dolinki boczne, OW – obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie

Fig. 3. Representative lithological cross-section through the part of Nidzica Upland near Grzebsk: WM – morainic plateau, TK – kame terraces; K – kames, AP – different types of ablation cover, DB – side valleys, OW – ice-dammed basin within the plateau

Rzeźba analizowanego terenu urozmaicona jest wyraźnie dominującymi w morfologii wzniesieniami, określonymi przez Uniejewską (2001) jako moreny martwego lodu. Występują one w sąsiedztwie wytopisk i zbudowane są z bardzo urozmaiconych osadów: od piasków do glin i ilów, dodatkowo silnie zaburzonych glacialnie. Podobnie wysokie wzniesienia, uformowane z podobnie zróżnicowanych osadów, tworzą moreny czołowe stwierdzone w rejonie Załęża, opisywane już przez Behra & Tieze (1912). W obrębie tych form, ze względu na komplikację układu warstw wynikającą z zaburzeń glacialnych, występuje wiele izolowanych soczewek utworów wodonośnych.

Na obszarze wysoczyzny spotykamy także wzgórza, zbudowane z piasków o różnym uziarnieniu z wkładkami żwirów, charakteryzujące się wyraźnym warstwowaniem. Zwykle są to niewielkie formy, podobne do określonych przez Bałuk (1984) na arkuszu Przasnysz za kemy. Można więc ich genezę wiązać z przepływem wód w szczelinach lodowych. W okolicach Grzebska występują także formy piaszczyste przyjmujące dość duże rozmiary i ukierunkowanie NW-SE. W *Objaśnieniach do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Janowo* uznane one zostały za ozy (Uniejewska 2001). Przykładem tego typu form są wzniesienia stwierdzone np. w okolicach Szemplina Wielkiego.

Na wysoczyźnie morenowej spotykamy także niewielkie obniżenia wypełnione osadami organicznymi – jeziornymi i bagiennymi, posiadające także wytopiskową genezę (Fig. 3). Podobne osady budują dolinki boczne dopływy Orzyca. Ich geneza może być dwójaka: albo tworzą je włączone w system odpływu powierzchniowego kotlinowate obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie, albo – jako formy erozyjne – stanowią wąskie doliny mające

charakter wąwozów. Osady wypełniające dolinki boczne erozyjne są zdecydowanie mniej organiczne, gdyż dominują tam piaski humusowe. Na skraju obniżeń wytopiskowych na wysoczyźnie oraz w strefie stoków kolejnych poziomów wysoczyzn stwierdzono podłużne płaskie formy tarasowe zbudowane z warstwowanych piasków. Są to również tarasy kemowe, genetycznie zbliżone do występujących na krawędzi dna doliny (wytopisk), ale mniejsze i powstałe we wcześniejszej fazie deglacji, w czasie kiedy rozpoczynało się wycofywanie lodowca z obszaru współczesnej wysoczyzny.

Na całym terenie bardzo powszechne są zaburzenia glaciogeniczne obserwowane w większości odsłoneń.

CHARAKTERYSTYKA LITOLOGICZNA OSADÓW

W trakcie badań przeprowadzono analizę litologiczną i fizykochemiczną osadów budujących każdą wydzieloną jednostkę geomorfologiczną.

Wysztalcenie litologiczne moren martwego lodu oraz moren czołowych jest zbliżone. Obie te jednostki geomorfologiczne budują bardzo zróżnicowane grunty: od piasków grubych i średnich ze żwirami poprzez piaski pyłaste i pyły do glin zwięzłych i łąw (Tab. 1). Frakcja łąwa występuje w tych osadach w zakresie od 0 do 55%. Jednakże należy podkreślić, że zdecydowanie dominują w obrębie tych form grunty niespoiste. Substancja organiczna stanowi w nich od 0.4 do 3.4%. Średnia zawartość tego składnika wynosi 1.4%, co wskazuje, że gruntów tych nie można uznać za organiczne.

Wysoczyznę morenową budują gliny, gliny piaszczyste, gliny zwięzłe oraz łąwy o zawartości frakcji łąwowej mieszczącej się w zakresie od 12 do 34%. Średnia wartość uzyskana dla tych osadów (23%) wskazuje na dominację osadów zwięzło-spoistych i bardzo spoistych. Substancja organiczna obecna jest w tych gruntach na poziomie 1–3%, przy średniej nieosiągającej 2%. Tworzące przewarstwienia utwory niespoiste to piaski drobne i średnie, charakteryzujące się niewielką zawartością substancji organicznej, mieszczącej się w zakresie od 0.4 do 0.8%.

Występujące na obszarze wysoczyzny morenowej pokrywy ablacyjne w wielu miejscach są dwudzielne. Górna część profilu lub cały profil budują piaski pyłaste, piaski gliniaste, pyły oraz piaski drobne. Zawartość frakcji łąwowej wynosi w nich średnio 4%, maksymalnie 9%. Substancja organiczna obecna jest w nich w niewielkich ilościach (1.5%). Poniżej utworów pyłastych często zalegają utwory spoiste – gliny, gliny piaszczyste, gliny piaszczyste zwięzłe (Tab. 1). Są one zubożone we frakcję łąwową w stosunku do pozostałych stref wysoczyzny. Zawartość tego składnika waha się w granicach od 14 do 27% (średnio 17%). Substancja organiczna występuje w nich w niewielkiej ilości (< 1.7%).

Zarówno osady budujące moreny martwego lodu, moreny czołowe, wysoczyzny, jak i pokrywy ablacyjne nie zawierają węgla wapnia.

Kemy i kemy dolinne budują piaski od grubych do pyłastych oraz pospółki i żwiry. Miejscami zawierają one frakcję łąwową w ilości 3%. W obrębie tych form wśród utworów niespoistych obecne są gliniaste przewarstwienia. Tworzą je gliny, w których frakcja łąwa stanowi średnio 14%, a substancja organiczna 1.3%.

Tabela (Table) 1
Charakterystyka utworów występujących w okolicach Grzebska
Characteristic of sediments of the Grzebsk area

Jednostka geomorfologiczna <i>Geomorphological unit</i>	Litologia <i>Lithology</i>	Zawartość frakcji ilowej <i>Content of clay [%]</i>	Strata przy prażeniu <i>Ignition loss [%]</i>	Zawartość CaCO ₃ <i>Content of CaCO₃ [%]</i>	pH	CEC [meq/100 g gruntu] <i>[meq/100 g of soil]</i>	Współczynnik filtracji <i>Permeability coefficient</i> [m/s]
Moreny czołowe, Moreny martwego lodu <i>Frontal moraines, dead-ice moraines</i>	Pd, Ps, Pr, Ż, Pπ, Pg, Π, G, Gz, I	0–55	0.4–3.4 (1.4)	–	4.54–8.26	3–39 (13)	10 ⁻⁴ –10 ⁻¹⁰
Wysocka morenowa gliniasta <i>Morainic plateau built of glacial tills</i>	G, Gp, Gz, I Ps – przewarstwienia <i>intercalations</i>	12–34 (23) 0–2	1.0–3.2 (1.9) 0.4–0.8 (0.60)	–	6.25–7.49 6.55–7.56	8–21 (14) 4–6 (5)	10 ⁻⁸ –10 ⁻¹⁰ 10 ⁻⁴ –10 ⁻⁵
Pokrywy ablacyjne na wysoceznie <i>An ablation cover on the plateau</i>	Pπ, Pg, Π, Pd G, Gp, Gpz	0–9 (4) 14–27 (17)	0.5–1.5 (0.7) 1.1–1.7 (1.4)	–	5.28–7.81 5.84–6.97	3–14 (6) 7–16 (11)	10 ⁻⁶ –10 ⁻⁸ 10 ⁻⁸ –10 ⁻⁹
Kemy <i>Kames</i>	Pd, Ps, Pr, Po, Pπ	0–2 (1)	0.2–1.5 (0.7)	0.0–0.6	5.99–8.54	3–13 (6)	10 ⁻³ –10 ⁻⁶
	G – przewarstwienia <i>intercalations</i>	12–16 (14)	1.0–2.0 (1.3)	–	7.48–7.88	8–10 (9)	10 ⁻⁷ –10 ⁻⁸
Tarasy kemowe <i>Kame terraces</i>	Pd, Ps, Pr, Po	0–2 (1)	0.1–1.2 (0.8)	–	7.55–7.75	1–4 (3)	10 ⁻³ –10 ⁻⁶
	G	11–20 (15)	1.7–2.3 (1.91)	–	6.13–6.98	8–13 (11)	10 ⁻⁸

Tabela (Table) 1 cd.

Jednostka geomorfologiczna <i>Geomorphological unit</i>	Litologia <i>Lithology</i>	Zawartość frakcji ilowej <i>Content of clay [%]</i>	Strata przy prażeniu <i>Ignition loss [%]</i>	Zawartość CaCO ₃ <i>Content of CaCO₃ [%]</i>	pH	CEC [meq/100 g gruntu] <i>[meq/100 g of soil]</i>	Współczynnik filtracji <i>Permeability coefficient</i> [m/s]
Równiny wodolodowcowe <i>Fluvioglacial plateau</i>	Ps, Pr, Po	0-2	0.3-1.0	-	7.52-8.19	3-5 (4)	10 ⁻³ -10 ⁻⁶
	G	4-20	0.9-2.3 (1.1)	-	7.05-7.78	8-15 (14)	10 ⁻⁸
Obniżenia wytopiskowe <i>Glacial melt-out depressions</i>	T	-	39.3-76.1 (55.1)	-	4.43-6.04	67-157 (99)	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
	N, Nt	-	7.5-18.2 (10.0)	-	5.83-6.20	16-43 (30)	10 ⁻⁷
	Gy	19-30	4.5-11.2	8.1-39.9	7.40	17-39 (28)	10 ⁻⁸ -10 ⁻⁹
	G, Pg	8-30 (18)	16-2.2 (1.9)	0.0-7.6poj	7.07-8.05	19-20 (20)	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸
Obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie i dolinki boczne <i>Ice-dammed basins within the plateau, side valleys</i>	Ph	0-2	3.9-4.7 (4.3)	-	5.79-6.08	10-11 (10)	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶
	T	-	49.3-62.3 (55.8)	-	5.18-5.64	74-102 (90)	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
	N, Nt	1-4 (3)	6.2-25.8 (12.5)	-	4.73-6.85	16-42 (29)	10 ⁻⁷
	G, I	15-68 (36)	3.5-9.5 (6.5)	0.0-9.5 (4.0)	6.25-8.06	14-33 (23)	10 ⁻⁷ -10 ⁻¹⁰
Kemy dolinne <i>Valley kames</i>	Pg, Pd	0-2	0.7-1.0 (0.8)	-	6.93-6.98	3-5 (4)	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁷
	Trz	0	0.9	-	8.48	14	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶

Pd – piaski drobne, *fine sands*; Ps – piaski średnie, *medium sands*; Pr – piaski grube, *coarse sands*; Ż – żwiiry, *gravels*; Po – pospółki, *sand-gravel mix*; Pg – piaski gliniaste, *slightly clayey sands*; Pπ – piaski pylaste, *silty sands*; Π – pyły, *silts*; G – gliny, *clayes and sandy silts*; Gp – gliny piaszczyste, *clayey sands*; Gpz – gliny piaszczyste związane, *sandy clays with silt*; Gz – gliny związane, *sandy and silty clays*; I – ily, *clays*; T – torfy, *peats*; N – namuły, *warps*; Nt – namuły torfiaste, *peaty warps*; Gy – gytie, *gyttja*; Ph – piaski humusowe, *organic sands*

Podobne litologicznie osady występują w obrębie tarasów kemowych oraz równin wodnolodowcowych. Są to piaski drobne, średnie i grube oraz pospółki, w których substancja organiczna występuje w ilości równej 0.8%. Spąg profilu tych jednostek geomorfologicznych bardzo często budują przemyte osady wysoczyzny. Są to gliny zawierające od 11 do 20% frakcji iłowej oraz charakteryzujące się niewielkim wzbogaceniem w substancję organiczną (do 2%).

Dno doliny to rozległy obszar występowania utworów bagiennych i jeziornych. Torfy opisane z tych obszarów charakteryzują się dużą zmiennością składu litologicznego. Zawartość substancji organicznej waha się w granicach od 40 do 76%. Średnia wartość tego składnika (55%) wskazuje, że dominują tu torfy wysokopopielne. Namuły, zwykle podścielające utwory bagienne, są zarówno piaszczyste, jak i gliniaste. Substancja organiczna stanowi w nich średnio 10%. W tej jednostce geomorfologicznej występują niekiedy także gytie. Pod względem granulometrycznym są to gliny i gliny zwięzłe, zawierające 19–30% frakcji iłowej, 4–11% substancji organicznej oraz 8–40% węgla wapnia. Najniższe partie profilu den dolinnych budują gliny zwięzłe, gliny i piaski gliniaste zawierające niewielkie ilości substancji organicznej – średnio 1.9%.

Podobne do osadów wypełniających dna dolin torfy i namuły występują w obrębie obniżen wytopiskowych na wysoczyźnie i w obrębie dolinek bocznych (Tab. 1). Tworzące najniższe partie profilu gliny i iły to osady, które można określić jako organiczne, gdyż zawierają od 3.5 do 9.5% tego składnika. Frakcja iłowa stanowi w nich od 15 do 68%.

Osady mineralno-organiczne w obrębie dna doliny oraz obniżen wytopiskowych na wysoczyźnie i dolinek bocznych zawierają często węgiel wapnia w ilości dochodzącej nawet do 10%.

WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ

Osady budujące wydzielone jednostki geomorfologiczne w okolicach Grzebska wykazują odmienne zdolności filtracyjne. Najniższymi wartościami współczynnika filtracji charakteryzują się osady wysoczyzny w strefach wychodni glin zwałowych. Mieści się on w zakresie od 10^{-8} do 10^{-10} m/s (Tab. 1). Podobne właściwości wykazują gliny i iły podścielające utwory organiczne w dnie doliny (wytopisku) oraz w obniżeniach wytopiskowych na wysoczyźnie i w dolinkach bocznych, w przypadku których współczynnik ten waha się od 10^{-7} do 10^{-10} m/s. Wyższe wartości współczynnika filtracji mają gliny i gliny piaszczyste stanowiące przewarstwienie utworów niespoistych budujących kemy oraz podłoże pokryw ablacyjnych, równin wodnolodowcowych i tarasów kemowych. Osady równin akumulacyjnych – pyły, piaski pylaste i piaski gliniaste można uznać, zgodnie z klasyfikacją Pazdry & Kozerskiego (1990), za osady o słabej przepuszczalności, gdyż właściwa im wartość współczynnika filtracji mieści się w zakresie od 10^{-6} do 10^{-8} m/s. Podobnymi właściwościami filtracyjnymi charakteryzują się torfy i namuły den dolinnych oraz obniżen wytopiskowych na wysoczyźnie. Jednakże torfy, dzięki obecności substancji organicznej, która wykazuje zdolność do wchłaniania i wiązania wody w strukturze gruntu,

w warunkach nienasycenia stają się osadami o zdecydowanie gorszych właściwościach filtracyjnych, a więc o większych zdolnościach izolacyjnych. Najwyższą wodoprzepuszczalność wykazują piaski i żwiry kemów, tarasów kemowych i równin wodnolodowcowych. Największe zróżnicowanie współczynnika filtracji uzyskano w przypadku osadów moren czołowych i moren martwego lodu – waha się on w szerokim zakresie od 10^{-4} do 10^{-8} m/s.

POJEMNOŚĆ WYMIANY KATIONOWEJ

W odniesieniu do osadów budujących wydzielone jednostki geomorfologiczne oznaczono pojemność wymiany kationowej, będącej podstawowym parametrem charakteryzującym własności izolacyjne gruntów. Najwyższe, dochodzące do 157 meq/100 g gruntu, wartości tego wskaźnika uzyskano w przypadku torfów budujących dna dolin (misy wytopiskowe) i obniżeń wytopiskowych na wysoczyźnie (Tab. 1). Namuły występujące w tych samych formach geomorfologicznych nie wykazują tak wysokiej pojemności wymiany kationowej, jednak osiągnięte w ich przypadku wartości były wyższe niż uzyskane w osadach mineralnych. Mieściły się one w zakresie od 16 do 43 meq/100 g gruntu.

Wśród utworów mineralnych najwyższymi wartościami CEC charakteryzują się gliny i łył wysoczyzn morenowych, co wynika z najwyższej w tych osadach zawartości minerałów ilastych oraz odczynu najczęściej obojętnego i lekko zasadowego. Najniższe wartości pojemności wymiany kationowej, równe średnio 4–5 meq/100 g gruntu, wykazują piaski i pospółki tarasów kemowych i równin wodnolodowcowych. Wśród tych osadów występują także piaski pylaste, w których przypadku ze względu na zawartość frakcji iłowej, obecność CaCO_3 i lekko zasadowy odczyn parametr ten osiąga wartość nawet 13 meq/100 g gruntu. Ponadto w obrębie tych form obecne są również często warstwy osadów o większych zdolnościach sorpcyjnych. Są to gliniaste, charakteryzujące się niewielką miąższością (ok. 10 cm) przewarstwienia w piaskach budujących kemy oraz spągowe warstwy tarasów kemowych i równin wodnolodowcowych (Tab. 1). Pokrywy ablacyjne charakteryzują się pośrednimi między kemami a glinami zdolnościami sorpcyjnymi, gdyż CEC budujących je osadów mieści się w zakresie od 3 do 14 meq/100 g gruntu.

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych analiz właściwości filtracyjnych, zdolności sorpcyjnych oraz warunków geomorfologicznych pozwoliły na przyporządkowanie wydzielonym formom pięciu klas zdolności do zatrzymywania zanieczyszczeń (Tab. 2).

Najwyższą, I klasę stanowią formy, które zbudowane są z gruntów o wysokich właściwościach sorpcyjnych, niskiej wodoprzepuszczalności oraz charakteryzujące się ciągłością struktur i niskim poziomem zwierciadła wód podziemnych, a więc takie, w których występuje naturalna bariera izolacyjna. V klasę natomiast tworzą jednostki geomorfologiczne, w obrębie których taka bariera nie występuje.

Tabela (Table) 2

Klasyfikacja jednostek geomorfologicznych Wysoczyzny Nidzkiej w rejonie Grzebska jako naturalnych barier izolacyjnych

Classification of geomorphological units of the Nidzica Upland near Grzebsk as a natural isolation barrier

Klasa zdolności do zatrzymywania zanieczyszczeń <i>Class of abilities to retain pollution</i>	Jednostka geomorfologiczna <i>Geomorphological units</i>	Litologia <i>Lithology</i>
I	misy wytopiskowe doliny Orzyca, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie i dolinki boczne <i>glacial melt-out depression of the Orzyc river valley, ice-dammed basins within the plateau, side valleys</i>	torfy, namuły, gytie, grunty mineralno-organiczne <i>peats, warps, gyttja, moinalno-organic soils</i>
II	wysoczyzna morenowa w strefie wychodni glin zwałowych <i>morainic plateau built of glacial tills</i>	gliny, gliny zwięzłe, il <i>clayey and sandy silts, sandy and silty clays, clays</i>
III	pokrywy ablacyjne na wysoczyźnie <i>an ablation cover on the plateau</i>	pyły, piaski gliniaste, piaski pylaste <i>silts, slightly clayey sands, silty sands,</i>
IV	kemy i kemy dolinne, moreny czołowe, moreny martwego lodu <i>kames, valley kames, frontal moraines, dead-ice moraines</i>	piaski drobne, średnie, grube, pospółki, przewarstwienia glin <i>fine sands, medium sands, coarse sands, sand-gravel mix with cohesive intercalation</i>
V	tarasy kemowe, równiny wodnolodowcowe <i>kame terraces, fluviglacial plateau</i>	piaski drobne, średnie, grube, pospółki, <i>fine sands, medium sands, coarse sands, sand-gravel mix</i>

WNIOSKI

- Na badanym obszarze Wysoczyzny Mławskiej w okolicach Grzebska stwierdzono występowanie związku między morfogenezą a zdolnościami do zatrzymywania zanieczyszczeń osadów budujących strefę przypowierzchniową.
- Utwory budujące wydzielone formy geomorfologiczne charakteryzują się dużą jednorodnością właściwości fizykochemicznych.
- Misy wytopiskowe doliny Orzyca, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie oraz wysoczyznę morenową w strefie występowania glin, ze względu na niską wodoprzepuszczalność i wysokie wartości pojemności sorpcyjnej budujących ją osadów oraz ciągłość form, można uznać za obszar występowania naturalnej bariery izolacyjnej. Bariere izolacyjną tworzą również osady równin akumulacyjnych.

- Tarasy kemowe oraz równiny wodnolodowcowe zbudowane z piasków są strefami ułatwionej migracji potencjalnych zanieczyszczeń. O wysokim poziomie zagrożenia tych stref decyduje także płytkie położenie zwierciadła wód gruntowych – od 1 do 2 m p.p.t.
- Rozpoznanie morfogenezy obszaru glacialnego Wysoczyzny Nidzkiej w rejonie Grzebska powinno być podstawą waloryzacji terenów pod względem występowania naturalnych barier izolacyjnych. Pozwala ona przewidzieć układ warstw i rozprzestrzenienie takiej bariery.

Badania wykonane zostały w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr 4 T12B 01929.

LITERATURA

- Bałuk A., 1984. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Przasnysz (330)*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1–73.
- Behr J. & Tieze O., 1912. Die Fortsetzung der Lissauer Endmoränen nach Russisch-Polen und die Endmoränen bei Mława. *J. Preuss. Geol. Landesanst.*, 33.
- Michalska Z., 1961. Stratygrafia plejstocenu i paleomorfologia północno-wschodniego Mazowsza. *Studia Geologia Polonica*, 7, 1–105.
- Morawski W., 1984. Osady wodnomorenowe. *Prace IG*, 108, 1–74.
- Myślińska E., 2001. *Laboratoryjne badania gruntów*. PWN, Warszawa, 1–277.
- Ostrowska A., Gawliński St. & Szczubiałka Z., 1991. *Metody analizy właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 1–334.
- Pazdro Z. & Kozerski B., 1990. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1–624.
- Rdzany Z., 1997. Kształtowanie rzeźby terenu między górną Rawką a Pilicą w czasie zaniku lądolodu warciańskiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 73, 1–146.
- Różycki S.Z., 1972. *Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie*. PWN, Warszawa 1–251.
- Uniejewska M., 2001. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Janowo (290)*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1–31.

Summary

Correct recognition of presence of the natural isolation barriers requires very detailed investigations. They should be include lithological characteristic of deposits, physicochemical properties (especially sorption abilities), permeability properties, and simultaneously hydrogeological and geomorphological conditions. The investigations were carried out in the eastern part of the Nidzica Upland near Grzebsk (Fig. 1). A geomorphologic model of the area was constructed (Figs 2, 3). Geomorphological units were divided into five classes with regard to their abilities to retain pollution (Tab. 2). The classification is based on the

lithological characteristics of deposits, permeability coefficient, cation exchange capacity (CEC) (Tab. 1) and presence of continuous layers. Class I includes melt-out depressions, ice-dammed basins within the plateau, and side valleys which are built of peats, warps and gyttia. They are characterized by very high sorption abilities, low permeability coefficient, and occur as a continuous layer and at low groundwater level. Class II includes a morainic plateau built of glacial till; class III – an ablation cover, class IV – kames, valley kames, frontal moraines and dead-ice maraines, class V includes geomorphological units without natural isolation barriers in form of kame terrace and fluvioglacial plateau. The usefulness of morphogenesis analyses to valorize the studied part of the Nidzica Upland as a natural isolation barrier has been shown. There is a connection between the occurrence of natural isolation barriers and the morphogenesis of this postglacial area.