

PRACE ORYGINALNE ORIGINAL PAPERS

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 65, 2014: 201–214

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 65, 2014)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 65, 2014: 201–214

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 65, 2014)

Ewa FALKOWSKA

Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Uniwersytet Warszawski
Institute of Environment and Natural Resources Protection, University of Warsaw

Znaczenie analizy morfogenetycznej w ocenie wrażliwości środowiska gruntowo-wodnego na zanieczyszczenia antropogeniczne na obszarze Równiny Bielskiej **Importance of morphogenetical analysis in assessing the sensitivity of the soil-water environment to anthropogenic pollution on the Bielsk Plain**

Słowa kluczowe: morfogeneza, zdolności izolacyjne, CEC, Równina Bielska

Key words: morphogenesis, isolation properties, CEC, Bielsk Plain

Wprowadzenie

Dokumentowanie warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych prowadzone pod kątem oceny wrażliwości środowiska gruntowo-wodnego na zanieczyszczenia opiera się na rozpoznaniu profilu litologicznego i właściwości fizykochemicznych (w tym sorpcyjnych i filtracyjnych) osadów budujących strefę aeracji. Ich przestrzenne zróżnicowanie wiąże się z określoną morfo- i litogenezą analizowanego obszaru, ponieważ poszczególne formy rzeźby powstawały w warunkach do-

minacji odmiennych procesów morfo- i litotwórczych. Konieczność analizy związku właściwości geochemicznych i fizykochemicznych osadów z morfogenezą form jest coraz częściej dostrzegana (Falkowska, 2001, 2009; Griffioen i inni, 2012). W większości przypadków jednak związek ten eksponowany jest w analizach dolin rzecznych (Evans i Davis, 1994; Helios-Rybicka, 1986; Rhoads i Cahill, 1999; Sharma i inni, 2003; Ciszewski i Malik, 2004; Miller i Orbock Miller, 2007). Niewielka liczba prac dotyczy analizy wrażliwości obszarów glacyogenicznych obszarów wysoczyznowych (Maxe i Johansson, 1998; Rowlands i inni, 2003, Sharma i Phanikumar, 2006; Van Gaans i inni, 2011, Appleton i Adlam, 2012). Interesującą klasyfikację podatności na zanieczyszczenie stworzono dla osadów czwartorzędowych o różnej

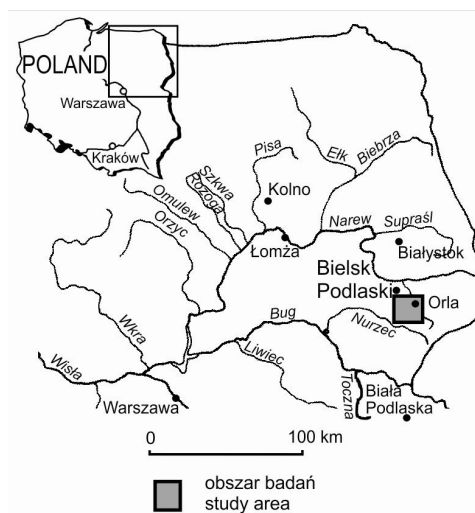
genezie okolic Birzai, Trakai i Kretingi na Litwie (Holman i inni, 2000).

Prezentowane w niniejszym artykule badania prowadzono w celu określenia związku między zdolnością do zatrzymywania zanieczyszczeń przez różnego typu osady budujące strefę powierzchniową wybranego fragmentu Równiny Bielskiej a jej morfogenezą. Celem pracy było także powiązanie właściwości izolacyjnych gruntów z układem form rzeźby terenu oraz stworzenie klasyfikacji tych form pod względem zdolności budujących je osadów do zatrzymywania zanieczyszczeń.

Jako parametry służące do walozyzacji analizowanego obszaru pod względem występowania naturalnych, geologicznych barier izolacyjnych zastosowano: profil litologiczny osadów powierzchniowych, ich cechy geochemiczne, takie jak pojemność wymiany kationowej (CEC), sorpcję Cd i Pb, miąższość strefy aeracji i współczynnik filtracji budujących ją osadów, a także nachylenia stoków.

Material i metody

Na badanym obszarze Równiny Bielskiej (rys. 1) przeprowadzono kartowanie geologiczne w skali 1 : 25 000. Przebieg granic geologicznych i zidentyfikowanych form rzeźby uściślano na zdjęciach lotniczych. Profil litologiczny analizowano przeciętnie do głębokości 2 m. Opisano 243 profile litologiczne. Do badań laboratoryjnych pobrano 169 próbek osadów, które poddano analizie granulometrycznej (analiza areometryczna i sitowa). W próbkach oznaczono: zawartość węgla wapnia metodą Scheiblera,



RYSUNEK 1. Lokalizacja terenu badań
FIGURE 1. Location of the study area

zawartość substancji organicznej metodą strat prażenia (prażenie w temperaturze 550°C), pH gruntów metodą potencjometryczną (Myślińska, 2001).

W trakcie badań właściwości sorpcyjnych osadów dla wszystkich pobranych próbek określono pojemność wymiany kationowej (CEC) poprzez oznaczenie kwasowości hydrolytycznej oraz wypartych jonem amonowym kationów wymiennych: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} (Ostrowska i inni, 1991). Kwasowość hydrolytyczną oznaczono metodą Kappena, natomiast zawartość kationów wymiennych oznaczano metodą absorpcji atomowej AAS (spektrometr AAS-30 produkcji Carl Zeiss Jena).

Badania sorpcji Cd i Pb przez próbki osadów przeprowadzono przy naturalnym pH osadów, w temperaturze 20°C metodą „Batch” (Schweich i Sardin, 1981). Zastosowano roztwory azotanów tych metali o zmiennym stężeniu wejściowym. Wynosiło ono 1, 5, 20, 50, 100 mg/dm³. Sorpcję Cd i Pb wyliczono

z różnicy stężenia wejściowego i stężenia w stanie równowagi. Następnie sporządzono izotermy adsorpcji Langmuira (Kumar i Sivanesan, 2005) i wyliczono maksymalną pojemność absorpcyjną (A_m) analizowanych osadów.

Badania wykonywano w laboratoriach Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

W trakcie badań terenowych w wyznaczonych formach rzeźby terenu określono także głębokość położenia zwierciadła pierwszego poziomu wód podziemnych.

Wartość współczynnika filtracji osadów przypowierzchniowych słaboprzepuszczalnych oznaczono metodą BAT (Tortensson, 1984), a wartość współczynnika filtracji osadów przepuszczalnych – metodą rurki Kamińskiego (Pazdro i Kozerski, 1990). W celu określenia istotnych statystycznie różnic pomiędzy uzyskanymi wartościami CEC i sorpcji metali ciężkich dla osadów budujących wydzielone formy rzeźby terenu zastosowano analizę wariancji ANOVA (test Tukeya). Za Appletonem i Adlamem (2012) wyniki były także analizowane nieparametrycznym testem Kruskala-Wallisa z zastosowaniem programu Statistica 10.

Wyniki badań archiwizowano w bazie danych GIS z zastosowaniem programu ArcGIS 10.0.

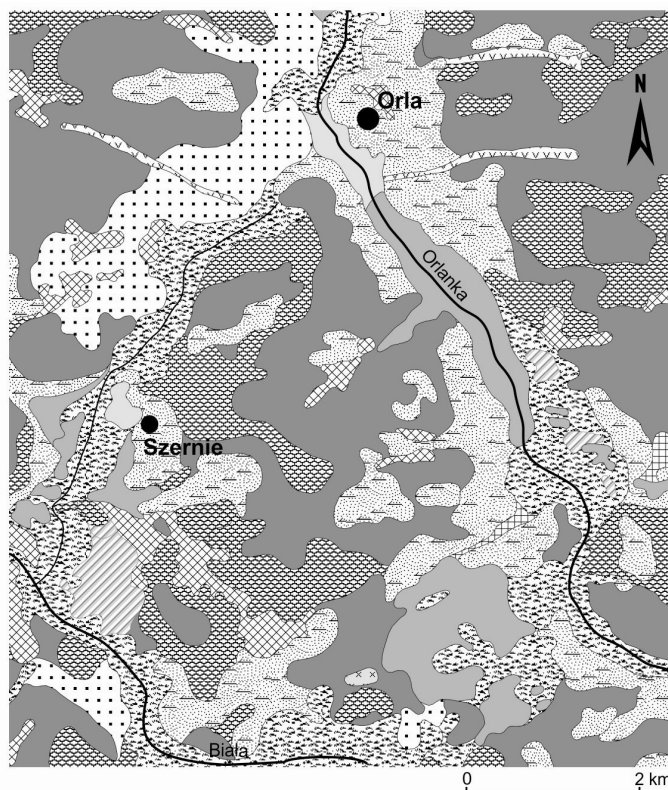
Wyniki

Rzeźba terenu obszaru Równiny Bielskiej w rejonie Orli została uformowana w czasie stadiału Wkry zlodowacenia Warty (Mojski, 1972; Lindner i Marks, 1999; Brud i Kupryjanowicz,

2002). Występują tu formy rzeźby terenu, takie jak: obniżenia wytopiskowe, tarasy kemowe i kemy (rys. 2), które świadczą o arealnym zaniku łądolodu.

Najniższymi elementami morfologii analizowanych obszarów są rozległe obniżenia wytopiskowe, wypełnione utworami jeziornymi oraz bagiennymi – namułami, gytiami i torfami. Ich szerokość wynosi średnio 1 km, jedynie lokalnie dochodzi do 2 km. Obniżenia te w większości przypadków są wykorzystywane na trasę przepływu przez współczesne rzeki. Płynące wody osadziły w strefie korytowej osady aluwialne. Tworzą one piaszczyste groble włożone w osady organiczne. W obrębie rozległych torfowisk występują niewielkie formy kemowe, zbudowane z piasków i mułków. Z obniżeniami wytopiskowymi sąsiaduje wysoczyzna morenowa. W jej obrębie wyraźnie zaznaczają się trzy poziomy morfologiczne „schodzące” w kierunku najniższej położonego i najrozleglejszego obniżenia wytopiskowego. Wysoczyzna morenowa zbudowana jest z glin zwałowych o miąższości od 5 do 20 m, często zaburzonych glacicogenicznie (Brud i Boratyn, 2006). Tworzą one rozległe płasowycze określane tu (Falkowska, 2009) jako stoliwa morenowe. W wielu miejscach osady spoiste są przykryte warstwą utworów pylasto-piaszczystych, które uznano za Rdzanym (1997) za pokrywy ablacyjne. Tworzą one także otulinę kemów (rys. 2).

Na obszarze wysoczyzn występują także wypełnione torfami i namułami niewielkie obniżenia wytopiskowe, powstałe w miejscach wytapiania się mniejszych brył martwego lodu (rys. 2). W ich sąsiedztwie stwierdzono także obecność wydłużonych obniżeń wypełnionych



RYSUNEK 2. Szkic geomorfologiczny obszaru badań (Falkowska, 2009, zmienione)
FIGURE 2. Geomorphological sketch of the investigated area (after Falkowska, 2009, modified)

głównie namułami organicznymi. Są to dolinki cieków okresowych i stałych (dolinki boczne), powstałe na drodze erozji D(A) oraz poprzez włączenie w system drenażu wysoczyzny mniejszych form wytopiskowych D(B) – rysunek 2.

W obrębie poziomów powierzchni wysoczyzny oraz w jej strefach krawędziowych występują często niewielkie piaszczyste wzniesienia kemów (rys. 2).

Podobne formy, lecz w różnym stopniu pogrzebane pod warstwą utworów morenowych, stwierdzono w obrębie najwyższych fragmentów wysoczyzny. Są one zwykle zaburzone glacialnie.

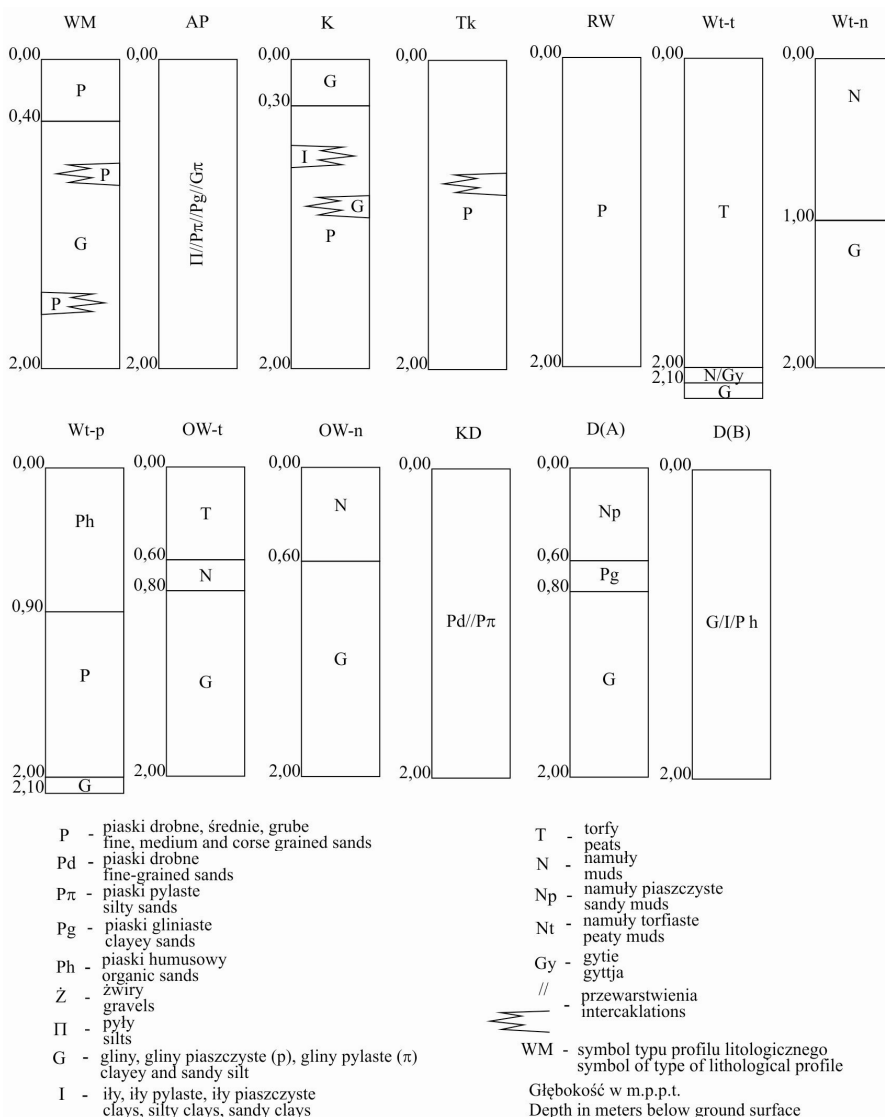
W obrębie wysoczyzny występują także wyraźnie zaznaczające się w morfologii listwy piaszczystych tarasów kemowych. Przylegają one do stoków kolejnych poziomów morfologicznych

wysoczyzny morenowej oraz sąsiadują z obniżeniami wytopiskowymi.

Na analizowanym obszarze stwierdzono także rozległe, płaskie równiny, zbudowane z piasków i żwirów o miąższościach przekraczających 5–7 m. Są to

równiny wodnolodowcowe opisane także przez Bruda i Boratyna (2006).

Wydzielonym formom rzeźby terenu przyporządkowano charakterystyczne profile litologiczne (rys. 3) oraz określono ich charakterystykę litologiczną oraz właściwości filtracyjne (tab. 1).



RYSUNEK 3. Profile litologiczne charakterystyczne dla wydzielonych form rzeźby terenu
FIGURE 3. Lithological profiles characteristic for the distinguished forms of relief

TABELA 1. Charakterystyka badanych osadów (Falkowska, 2009, zmienione)
 Table 1. Characteristic of investigated deposits (after Falkowska, 2009, modified)

Jednostki geomorfologiczne Geomorphological units	Utwory Deposits	Zawartość frakcji ilowej Content of clay [%]	Straty prażenia Loss-on-igni- tion [%]	Zawartość CaCO ₃ Content of CaCO ₃ [%]	pH	Współczynnik filtracji Permeability coefficient [m/s]
Wysoczyzny morenowe (WM) Gacial uplands	piaski drobne i średnie, piaski gliniaste,	0-4 (2)*	0,6-1,1 (0,9)	0,0-3,6 (4,0)	5,86-7,52	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶
	gliny, gliny piaszczyste, ility	8-65 (29)	0,8-7,9 (3,6)	0,0-28,8 (7,7)	6,53-8,52	10 ⁻⁸ -10 ⁻¹⁰
Pokrywy ablacyjne (PA) Ablation covers	piaski pyłaste, piaski gliniaste, pyły, gliny pyłaste	2-20 (9)	0,8-1,6 (1,3)	-	4,96-7,78	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁸
	piaski drobne, piaski średnie, piaski grube,	0-2 (0,5)	0,3-1,0 (0,6)	0,0-10,0	6,15-8,57	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶
Kemy (K) Kames	ilaste przewarstwienia + stro- powa część profilu	9-45 (25)	5,7-9,2 (7,4)	0,0-32,21 (8,4)	6,16-8,41	10 ⁻⁸ -10 ⁻⁹
	piaski drobne, piaski średnie, piaski grube,	0-2 (1)	0,3-1,0 (0,7)	0,0-0,6 (0,1)	4,84-7,56	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶
Taras kempowe (Tk) Kame terrace	ilty, gliny	12-31 (21)	1,6-3,6 (2,0)	-	6,90-7,15	10 ⁻⁸ -10 ⁻⁹
Równiny wodnolodowcowe (RW) Glaciofluvial plain	piaski drobne, piaski średnie, piaski grube	0-2	0,3-0,7 (0,5)	-	6,31-8,07	10 ⁻³ -10 ⁻⁶
	torf	-	43,4-83,8 (60,6)	-	4,88-5,58	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
	gliny, piaski gliniaste	7-27 (15)	1,9-5,7 (3,5)	-	7,07-7,66	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁸
Obniżenia wytopiskowe Melt-out depressions	namuły	1-7	7,5-12,0 (10,5)	-	6,04-6,31	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
	piaski drobne i średnie, piaski humusowe	0-2	0,4-3,8 (3,1)	-	4,90-5,4	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶

Obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie Ice-dammed basins within upland	OW-t	torfy	–	62,2–66,8	–	4,72–6,02	10^{-6} – 10^{-8}
	OW-n	namuły	7–14 (11)	3,7–5,3 (4,5)	–	6,36–7,08	10^{-7} – 10^{-8}
Kemy dolinne (KD) Valley kames		piaski drobne	0–2 (1,5)	0,5–0,8 (0,6)	0,0–6,5 (2,0)	5,78–8,52	10^{-6} – 10^{-8}
	D(A)	namuły piaszczyste piaski gliniaste	1–7 (4)	1,9–6,5 (4,5)	–	5,76–6,47	10^{-6} – 10^{-7}
Dolinki boczne Side valleys	D(B)	gliny i ility organiczne, piaski drobne	1–37 (19)	0,7–5,6 (3,8)	–	6,62–8,30	10^{-6} – 10^{-10}

*W nawiasach podano wartości średnie/An average values are given in brackets.

Mięszość strefy aeracji badanych obszarów

Powierzchnia wysoczyzny morenowej jest zbudowana ze spoistych utworów słabo przepuszczalnych. Na obszarze tym warstwa, pierwszy poziom wodonośny, znajduje się przeciętnie na głębokości około 15 m p.p.t. (Brud i Kmiecik, 2006). Lokalnie w obniżeniach powierzchni terenu strop utworów wodonośnych występuje płycej – na głębokości około 5–6 m p.p.t. Zwierciadło wody podziemnej tego poziomu ma charakter napięty. Wody podziemne występują także w obrębie serii utworów zwałowych w obrębie zazwyczaj niewielkich, izolowanych soczewek i przeławień piaszczysto-żwirowych.

Na obszarach, gdzie na powierzchni terenu występują utwory ablacyjne i fluwioglacjalne (piaski i pyły), zwierciadło wód gruntowych ma zazwyczaj charakter swobodny. W obrębie piaszczystych równin wodnolodowcowych, kemów i tarasów kemowych występuje ono zazwyczaj na głębokości od 0,5 do 4 m p.p.t. (najczęściej 1,5–1,7 m p.p.t.).

W obrębie wydzielonych pokryw ablacyjnych przykrywających gliny zwałowe mięszość strefy aeracji wynosi około 2 m (zwierciadło utrzymuje się na głębokości 1,5–2,5 m p.p.t.), chociaż lokalnie są one również bezwodne lub nawodnione okresowo.

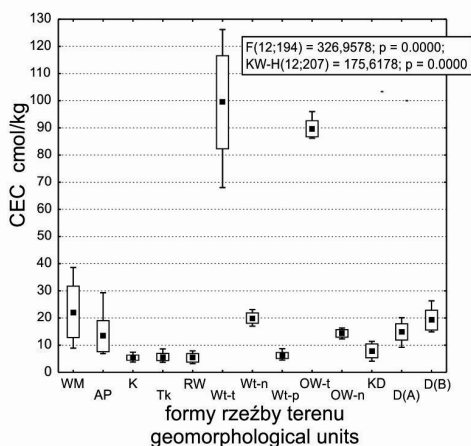
W obrębie obniżen wytopiskowych wypełnionych torfami, namułami i piaskami humusowymi zwierciadło wód gruntowych znajduje się na głębokościach od 0,4 do 1,5 m. W obrębie kemów dolinnych zwierciadło wody pierwszego poziomu występuje zazwyczaj na głębokości około 0,5–1,5 m p.p.t.

Pojemność wymiany kationowej osadów budujących wydzielone formy geomorfologiczne (CEC)

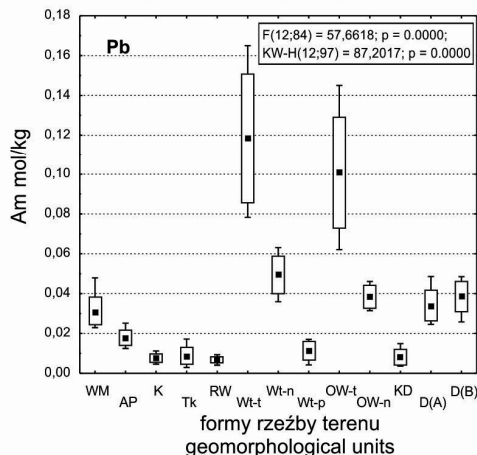
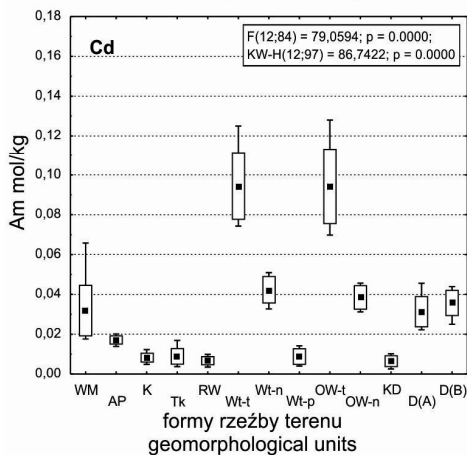
Najwyższe, chociaż bardzo zmienne, wartości pojemności wymiany kationowej wykazują torfy budujące profile mis wytopiskowych typu Wt-t (rys. 4). Leżą-

ce niżej w profilu tych form oraz budujące wytopiska typu Wt-n namuły osiągają zwykle niższą niż torfy wartości pojemności wymiany kationowej. W obrębie mis wytopiskowych najniższe wartości CEC stwierdzono dla piasków humusowych zwykle tworzących groble rzeczne

Pojemność wymiany kationowej (CEC) osadów budujących badane formy rzeźby terenu
Cation exchange capacity of deposits building investigated geomorphological units



Maksymalna adsorpcja metali ciężkich przez osady badanych form rzeźby terenu
Max adsorption of heavy metals by deposits of investigated geomorphological units



■ średnia average □ średnia ± odchylenie standardowe average ± standard deviation I min-max

RYSUNEK 4. Właściwości sorpcyjne badanych osadów
FIGURE 4. Sorption properties of the investigated deposits

włożone w torfy – obniżenia typu Wt-p oraz kemy dolinne – KD (rys. 4).

Podobne, chociaż nieco niższe właściwości sorpcyjne do uzyskanych dla osadów mis wytopiskowych stwierdzono dla utworów budujących obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie oraz dolinki boczne.

Wśród osadów mineralnych najwyższą pojemność wymiany kationowej wykazują gliny i ily wysoczyzny morenowej. Jednakże ze względu na duże zróżnicowanie litologiczne wynikające z genezy tych utworów zakres uzyskanych wyników jest bardzo szeroki (rys. 4). Najniższą pojemnością wymiany kationowej charakteryzują się osady kemów (K), tarasów kemowych (Tk) i równin wodnolodowcowych (RW).

Sorpcja metali ciężkich Cd i Pb przez osady budujące wydzielone formy rzeźby terenu

W trakcie badań wykonano izotermę adsorpcji Langmuira (Kumar i Sivanesan, 2005), na podstawie których wyliczono maksymalną pojemność absorpcyjną (A_m) badanych osadów. Współczynnik determinacji uzyskany w trakcie tej analizy wahał się w zakresie od 78 do 96%.

Najwyższe wartości maksymalnej pojemności sorpcyjnej w stosunku do Pb i Cd uzyskano dla torfów budujących rozległe obniżenia wytopiskowe typu Wt-t stanowiące obecnie dna dolin rzecznych oraz niewielkie obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie typu Ow-t (rys. 4). Niższą, chociaż także wysoką maksymalną pojemnością sorpcyjną tych pierwiastków charakteryzowały się namuły obniżen w wytopiskowych typu Wt-n, obniżen w wytopiskowych na wysoczyźnie typu

Ow-n oraz dolinek bocznych – D(A). Podobne wyniki uzyskano dla iłó w i glin humusowych (organicznych) wypełniających dolinki boczne typu D(B). Zdolności glin wysoczyzny morenowej do sorpcji metali ciężkich kształtowały się na niższym poziomie, gdyż średnie A_m przyjmuje dla nich wartość 0,05 mol/kg (rys. 4).

Pylaste osady pokryw ablacyjnych charakteryzują się niższymi zdolnościami do wiązania metali ciężkich niż pozostałe spoiste osady występujące na badanym obszarze (rys. 4). Najniższe zdolności do wiązania metali ciężkich wykazały utwory piaszczyste, budujące równiny piaszczyste, kemy i tarasy kemowe.

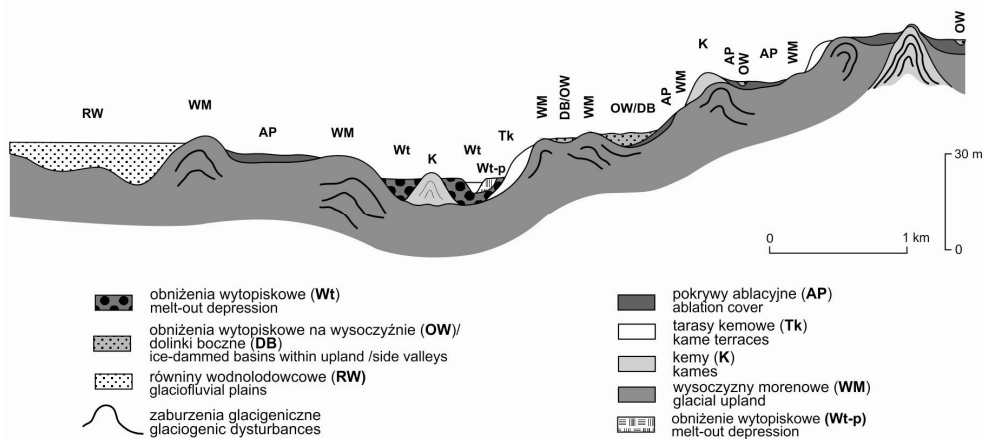
Dyskusja

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że formy rzeźby terenu analizowanego obszaru charakteryzuje się określonym, typowym wykształceniem litologicznym, a przez to także określonymi parametrami fizykochemicznymi budujących je utworów. Wykazują one także względną stabilność oznaczanych właściwości izolacyjnych osadów. Wyniki zarówno analizy ANOVA (statystyka F), jak i analizy Kruskala-Wallisa (KW-H) wskazują, że osady budujące poszczególne formy geomorfologiczne różnią się parametrami sorpcyjnymi (CEC, sorpcja metali ciężkich). Z tych względów analizowane właściwości można odnosić do całych form. Opierając się na przykładzie analizowanego fragmentu Równiny Bielskiej, można uznać, że istnieją na obszarach glacialnych geomorfologiczne (morfogene-

tyczne) uwarunkowania występowania naturalnych, geologicznych barier izolacyjnych. Analiza geomorfologiczna ułatwia precyzyjną identyfikację prawidłowości ich występowania i dlatego powinna stanowić podstawę, pierwszy etap waloryzowania obszarów pod względem zdolności budujących ich powierzchnię osadów do zatrzymywania zanieczyszczeń. Wykazanie opisanych prawidłowości może ułatwiać podejmowanie decyzji lokalizacyjnych w procesie planowania przestrzennego, a w trakcie dokumentowania zróżnicowania wrażliwości obszaru na zanieczyszczenie pozwala na optymalizację zakresu szczegółowych badań hydrogeologicznych i gruntoznawczych/geochemicznych.

Wyniki badań przeprowadzonych na analizowanym fragmencie Równiny Bielskiej pozwoliły na opracowanie modelu układu form rzeźby analizowanego terenu w formie schematycznego przekroju przez struktury geologiczne strefy przypowierzchniowej (rys. 5).

Powiązanie właściwości izolacyjnych (geochemicznych i filtracyjnych) osadów z ich układem przestrzennym i genezą pozwoliło stworzyć dla tego typu obszarów glacialnych klasyfikację zdolności izolacyjnych osadów budujących wydzielone formy rzeźby terenu (tab. 2). W klasyfikacji tej wydzielono 6 klas, które odniesiono do form przedstawionych na przekrojach modelowych. Jako parametry wydzielenia klas zastosowano: układ warstw litologicznych, przewidywalność profilu wynikająca z genezy, spadki odpowiedzialne za spływ powierzchniowy, głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych oraz właściwości geochemiczne (CEC, sorpcja metali ciężkich), cechy litologiczne i filtracyjne osadów. Za barierę izolacyjną uznano osady budujące formy geomorfologiczne zaliczone do klas od I do IV. Cechy naturalnych geologicznych barier izolacyjnych wykazują – ze względu na wysokie zdolności sorpcyjne oraz niską, wynikającą z wysokiej




RYSunEK 5. Schematyczny przekrój przez struktury geologiczne strefy powierzchniowej badanego rejonu (Falkowska, 2009, zmienione)

FIGURE 5. Model of the geological structure of the surface zone of the investigated area (after Falkowska, 2009, modified)

TABELA 2. Klasyfikacja właściwości izolacyjnych form rzeźby terenu obszaru Równiny Bielskiej w rejonie Orli

TABLE 2. Classification of isolation properties of geomorphological units of the Równina Bielska area near Orli

Klasy izolacyjności Isolation classes	Formy rzeźby terenu z podziałem na typy litologiczne Geomorphological units with lithological types	Wykształcenie litologiczne Lithological composition	Głębokość zalegania poziomu wód gruntowych Depth of water-table [m p.p.t.]	Sposób wykształcenia, spadki Formation of the beds, descent of the land
I	wytopiska glacialne typu Wt-t, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie typu OW-t	T/G	0,4–1,5	ciągła warstwa torfów, obszary równinne
II	wytopiska glacialne typu Wt-n, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie typu OW-n, dolinki boczne wytopiskowe D(A)	N/G, Np/G	0,5	ciągła warstwa namulów leżących na glinie; obszary równinne
III	wysoczyzna morenowa (WM), dolinki boczne erozyjne (D(B))	G(P), G G _h /I _h /P _h	5–15	warstwa glin z nieregularnymi przewarstwieniami piasków, miejscami z zaburzeniami glacygenicznymi, spadki do 2°
IV	pokrywy ablacyjne (AP)	P _g //Pπ//Gπ// Pπ//P _g	1,5–2,5	ciągła warstwa utworów pylasto-gliniastych o miąższości ok. 2 m leżąca na glinach; spadki do 2°
V	kemy (K), wytopiska glacialne typu Wt-p	P/G, G/P, Ph/P	1–4	warstwy piasków, często zaburzonych glacygenicznie z przewarstwieniami lub pod przykryciem 0,5 m warstwy glin i ilów; spadki do 5°, warstwy piasków humusowych w postaci grobli wśród torfów
VI	tarasy kemowe (Tk), kemy dolinne (KD), równiny wodnolodowcowe (RW)	P	0,5–1,5	ciągłe warstwy piasków, niewielkie spadki

 – klasy izolacyjności uznane za bariery izolacyjne/Isolation classes recognised as isolation barrier.

hydrofilności – wodoprzepuszczalność – torfy wypełniające obniżenia wytopiskowe, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie oraz dolinki boczne, zaliczone do I i II klasy izolacyjności. Jednakże ze względu na to, że formy te są wykorzystane na trasy przepływu przez rzeki młode, w strefach gdzie występują osady facji korytovej (Wt-p) oraz w strefach krawędziowych, gdzie stwierdzano bardzo często piaszczyste tarasy kemowe lub równiny wodnolodowcowe (VI klasa izolacyjności), brak jest warstw chroniących przed zanieczyszczeniem.

Wysokimi właściwościami izolacyjnymi utworów powierzchniowych charakteryzują się również gliniaste wysoczyzny morenowe (II klasa). Pomimo często występujących tu zaburzeń glaciektonicznych wykazujące stosunkowo wysokie właściwości sorpcyjne (ale niższe niż utwory organiczne) gliny i ły tworzą w ich obrębie dość miększe, słabo przepuszczalne warstwy. Przewarstwienia piasków obecne w tych utworach nie wpływają znacząco na obniżenie zdolność strefy powierzchniowej całej formy do zatrzymywania zanieczyszczeń.

Niższe od gliniastych osadów wysoczyzn morenowych, ale także stabilne i przewidywalne właściwości izolacyjne wykazują utwory pokryw ablacyjnych. Utwory te tworzą rozległe poziome, niezaburzone glaciegenicznymi głównie pylaste warstwy o przewidywalnym profilu, które leżą na osadach morenowych.

Słabymi zdolnościami izolacyjnymi (kasy VI) charakteryzują się formy rzeźby terenu zbudowane w przewodzie z utworów piaszczystych. Należą do nich kemy, kemy dolinne, tarasy kemowe, równiny wodnolodowcowe. Są to strefy zagrożone zanieczyszczeniem także ze

względu na płytkie zaleganie zwierciadła wód podziemnych.

Wnioski

- Istnieje związek między morfogenezą postglacialnego obszaru Równiny Bielskiej a zdolnościami do zatrzymywania zanieczyszczeń osadów budujących ich strefę przypowierzchniową. Warunkuje ona układ przestrzenny, właściwości sorpcyjne i izolacyjne występujących tam osadów.
- Na analizowanym obszarze glacialnym Równiny Bielskiej za strefy o najwyższych zdolnościach do zatrzymywania zanieczyszczeń można uznać misy wytopiskowe, obniżenia wytopiskowe na wysoczyźnie, wysoczyznę morenową w strefie występowania wychodni utworów gliniastych oraz pokrywy ablacyjne.

Rozpoznanie stref występowania naturalnych geologicznych barier izolacyjnych powinna opierać się na analizie morfogenetycznej. Analiza taka umożliwi precyzyjne wyznaczenie granic pomiędzy strefami o różnej wrażliwości utworów powierzchniowych na zanieczyszczenia.

Literatura

- Appleton, J.D., Adlam, K.A.M. (2012). Geogenic control on soil chemistry in urban areas: A novel method for urban geochemical mapping using parent material classified data. *Appl. Geochem.* 27, 161-170. doi: 10.1016/j.apgeochem.2011.10.001.
- Brud, S. i Boratyn, J. (2006). Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, Arkusz Orla. PIG.
- Brud, S. i Kupryjanowicz, M. (2002). Eemian Interglacial deposits at Haćki near Bielski

- Podlaski: implication for the limit of the last glaciation in northeastern Poland. *Geol. Quart.*, 46(1), 75–80.
- Ciszewski, D. i Malik, I. (2004). The use of heavy metal concentrations and dendrochronology in the reconstruction of sediment accumulation, Mała Panew River Valley, southern Poland. *Geomorphology*, 58, 161–174. doi:10.1016/S0169-555X(03)00230-7.
- Evans, D. i Davies, B.E. (1994). The influence of channel morphology on the chemical partitioning of Pb and Zn in contaminated river sediments. *Appl. Geochem.*, 9, 45–52.
- Falkowska, E. (2001). Regularities in the occurrence of protection zones in polygenetic river valleys from the eastern part of the Polish Lowlands. *Acta Geol. Pol.*, 51, 163–192.
- Falkowska, E. (2009). *Geomorfologiczne uwarunkowania występowania naturalnych geologicznych barier izolacyjnych na wybranych obszarach Polski Środkowej*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Griffioen, J., Klein, J. i van Gaans, P.F.M. (2012). Reaction capacity characterization of shallow sedimentary deposits in geologically different regions of the Netherlands. *J. Contaminant Hydrology*, 127, 30–46. doi:10.1016/j.jconhyd.2011.04.001
- Helios-Rybicka, E. (1986). Rola minerałów ilastych w wiązaniu metali ciężkich przez osady górnej Wisły. *Zeszyty Naukowe AGH*, 32, 1–121.
- Holman, I.P., Palmer, R.C. i Leonaviciute, N. (2000). Using soil and Quaternary geological information to assess the intrinsic groundwater vulnerability of shallow aquifers: an example from Lithuania. *Hydrogeol. J.*, 8, 636–645.
- Kumar, K.V. i Sivanesan, S. (2005). Prediction of optimum sorption isotherm: comparison of linear and non-linear method. *J. Hazard. Mater.*, B126, 198–201. doi: 10.1016/j.jhazmat.2005.06.007.
- Lindner, L. i Marks, L. (1999). New approach to stratigraphy of paleolake and glacial sediments of the younger Middle Pleistocene in mid-eastern Poland. *Geol. Quart.*, 43(1), 1–8.
- Miller, J.R. i Orbock Miller, S. (2007). *Contaminated Rivers: A Geomorphological-Geochemical Approach to Site Assessment and Remediation*. Dordrecht: Springer.
- Maxe, L. i Johansson, P.-O., (1998). Assessing groundwater vulnerability using travel time and specific surface area as indicators. *Hydrogeol. J.*, 6, 441–449.
- Mojski, J.E. (1972). Nizina Podlaska. W: *Geomorfologia Polski*. 2. Galon R. (red.). Warszawa: PWN.
- Myślińska, E. (2001). *Laboratoryjne badania gruntów*. Warszawa: PWN.
- Ostrowska, A., Gawliński, S. i Szczubiałka, Z. (1991). *Metody analizy właściwości gleb i roślin*. Warszawa: Instytut Ochrony Środowiska.
- Pazdro, Z. i Kozerski, B. (1990). *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne.
- Rdzany, Z. (1997). Kształtowanie rzeźby terenu między górną Rawką a Pilicą w czasie zaniku łądolołu warciańskiego. *Acta Geogr. Lodz.*, 73, 1–146.
- Rawlins, B.G., Webster, R. i Lister, T.R. (2003). The influence of parent material on top soils geochemistry in eastern England. *Earth Surf. Process. and Landforms*, 28, 1389–1409. doi: 10.1002/esp.507.
- Rhoads, B.L. i Cahill, R.A. (1999). Geomorphological assessment of sediment contamination in urban stream system. *Appl. Geochem.*, 14, 459–483.
- Schweich, D. i Saradin, M. (1981). Adsorption, partition, ion exchange and chemical reaction in batch reactors or in columns – A review. *J. Hydrology*, 50, 1–30.
- Sharma, R.S. i Phanikumar, B.R. (2006). Geoenvironmental investigation of contaminated site. *Engineering Geol.*, 85, 229–237. doi:10.1016/j.enggeo.2005.09.048.
- Sharma, M., Tobschall, H.J. i Singh, I.B., (2003). Environmental impact assessment in the Moradabad industrial area (rivers Ramganga-Ganga interfluvium), Ganga Plain, India. *Environ. Geol.*, 43, 957–967. doi: 10.1007/s00254-002-0718-5.
- Tortenson, B.A. (1984). A new system for groundwater monitoring. *Groundwater Monitoring and Remediation*, 4(4), 131–138.
- Van Gaans, P.F.M., Griffioen, J., Mol, G. i Klaver, G. (2011). Geochemical reactivity of subsurface sediments as potential buffer to anthropogenic inputs: a strategy for regional characterization in the Netherlands. *J. Soil Science*, 11, 336–351. doi: 10.1007/s11368-010-0313-4.

Streszczenie

Znaczenie analizy morfogenetycznej w ocenie wrażliwości środowiska grunto-wo-wodnego na zanieczyszczenia antropo-geniczne na obszarze Równiny Bielskiej. Badania prowadzone na obszarze Równiny Bielskiej, ukształtowanej w trakcie zlodowa-cenia Warty, stadiału Wkry (Mojski, 1972; Lindner i Marks, 1999), wskazują, że osady budujące wyróżnione formy rzeźby terenu różnią się wartościami parametrów izola-cyjnych (geochemicznych i filtracyjnych). Istnieje więc związek między morfogenezą tego postglacialnego obszaru a zdolnościami do zatrzymywania zanieczyszczeń osadów budujących ich strefę przypowierzchniową. Powiązanie właściwości izolacyjnych osa-dów z ich układem przestrzennym i genezą pozwoliło także stworzyć dla tego typu ob-szaru klasyfikację zdolności izolacyjnych osadów budujących wydzielone formy rzeź-by terenu.

Its landscape was formed as a result of de-glaciation of ice sheets during the Wartanian Glaciation, the Wkra Stadial (Mojski, 1972; Lindner i Marks, 1999). These investigations reveal that deposits of distinct geomorpho-logical units are characterized by different value of isolation (geochemical and perme-able) parameters. Therefore, there existed relationship between morphogenesis of this postglacial area and ability to hold pollution of deposits building their subsurface zone. Linking the isolation properties of the sedi-ments and their origin also allowed creating for this type of area classification of isolation capacity of sediments building distinguished geomorphological units.

Summary

Importance of morphogenetical ana-lysis in assessing the sensitivity of the soil-water environment to anthropogenic pollution on the Bielsk Plain. The studies were conducted in region of Bielska Plain.

Author's address:

Ewa Falkowska
Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa
Poland
e-mail: ewa.falkowska@uw.edu.pl