

## WPLYW SKŁADU MINERALNEGO FRAKCJI KOLOIDALNEJ NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNIOWE GLEBY\*

Z. Sokołowska<sup>1</sup>, M. Hajnos<sup>1</sup>, T.W. Aleksejewa<sup>2</sup>, A.O. Aleksejew<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27  
zosia@maja.ipan.lublin.pl

<sup>2</sup>Instytut Podstawowych Problemów Fizyko-Chemicznych i Biologicznych Gleb RAN  
Puszczino, Rejon Moskwa, 142292, Rosja  
alekseev@issp.serpukhov.su

**S t r e s z c z e n i e.** Przedstawiono wpływ składu mineralnego fazy stałej frakcji koloidalnej gleby na jej niektóre właściwości powierzchniowe. Właściwości te określano poprzez takie parametry jak: powierzchnia właściwa, średnia energia adsorpcji, wymiar fraktalny oraz praca i kąt zwilżania powierzchni ciała stałego. Charakterystyki powierzchni związane bezpośrednio z użytym adsorbentem (wodą) np. powierzchnia właściwa, średnia energia adsorpcji czy kąt zwilżania, były wyraźniej związane z obecnością minerałów ilastych. Natomiast dla charakterystyk, które związane były dodatkowo z geometrią powierzchni np. wymiar fraktalny oraz praca zwilżania, zależności ze składem mineralogicznym były mniej widoczne. Nie stwierdzono istnienia prostych i wyraźnych zależności pomiędzy zawartością poszczególnych minerałów ilastych, pracą i kątem zwilżania oraz wymiarem fraktalnym i średnią energią adsorpcji pary wodnej. Powodem tego był najprawdopodobniej fakt, że skład mineralny oznaczano tylko dla frakcji koloidalnej <0,002 mm, natomiast właściwości powierzchniowe mierzono i obliczano dla gleby, jako całości, łącznie z zawartością związków organicznych.

**S ł o w a k l u c z o w e:** skład mineralogiczny, właściwości powierzchniowe, frakcja koloidalna.

### WSTĘP

Wielka liczba procesów fizycznych i chemicznych przebiega na powierzchni graniczących ze sobą faz. Inne procesy są na tych granicach inicjowane. Z tego powodu znajomość zjawisk zachodzących na powierzchniach granicznych, tzw. zjawisk powierzchniowych, ma często decydujące znaczenie dla wyjaśnienia mechanizmów

---

\*Praca wykonana częściowo w ramach projektu badawczego Nr 6P06H06420 finansowanego przez KBN; referowana w ramach "Dni Nauki Polskiej w Rosji" (13-18.10.2001).

badanych procesów. Zjawisko adsorpcji, a uogólniając – sorpcji, jest jednym z podstawowych zjawisk powierzchniowych. W zdecydowanej większości procesów glebowych bierze udział rozwinięta powierzchnia fazy stałej gleby. Wielkością, która charakteryzuje zdolność adsorbentów do adsorpcji gazów, par oraz jonów jest powierzchnia właściwa.

Gleba to złożony i specyficzny adsorbent, składający się z trzech faz: stałej, ciekłej i gazowej. Faza stała gleby składa się z kolei z części mineralnych i organicznych. Skład fazy stałej gleby, a szczególnie skład chemiczny, decyduje w wielu przypadkach o jej właściwościach. Jest on przede wszystkim uzależniony od właściwości chemicznych minerałów glebowych, składu granulometrycznego, związków organicznych, składu chemicznego roztworów glebowych, reakcji mikrobiologicznych oraz reakcji wymiennych zachodzących pomiędzy koloidami glebowymi a roztworem glebowym. Skład mineralogiczny gleb był przedmiotem wielu badań. Najczęściej badania dotyczyły wpływu skały macierzystej na skład ilościowy i jakościowy frakcji ilastej [2,8,9,13,16,19,30]. Drugim kierunkiem badań był wpływ różnych procesów na zmiany w składzie mineralogicznym drobnych frakcji [5,12,15,20,21].

Celem pracy było wykazanie wpływu składu mineralogicznego fazy stałej frakcji koloidalnej gleby na jej właściwości powierzchniowe, w szczególności zależności pomiędzy składem mineralogicznym a powierzchnią właściwą, zwilżalnością, średnią energią adsorpcji i wymiarem fraktalnym.

#### MATERIAŁY I METODYKA

Materiałem badawczym były gleby mineralne, pochodzące z Wyżyny Lubelskiej. Podstawową charakterystykę badanych gleb zamieszczono w Tab. 1. Szczegółowa charakterystyka fizykochemiczna i chemiczna gleb znajduje się w pracach [1,3].

Badania adsorpcji pary wodnej prowadzono metodą statyczną. Otrzymane dane adsorpcji pary wodnej były podstawą do obliczania powierzchni właściwej gleb. Obliczenia przeprowadzono w oparciu o założenia teorii Brunauera-Emmeta-Tellera (BET), zgodnie z normą PN-Z-19010-1 [25].

Doświadczalne dane adsorpcji pary wodnej były także podstawą do obliczania niejednorodności energetycznej powierzchni gleb a w konsekwencji średniej energii adsorpcji. Średnią energię adsorpcji pary wodnej obliczano w oparciu o całkowite równanie adsorpcji, przyjmując jako tzw. lokalną izotermę adsorpcji izotermę BET [18,26]. Na rysunkach posługiwano się bezwymiarową energią  $E_{sr.} = (\varepsilon - \varepsilon_c)/RT$ , gdzie  $\varepsilon_c$  jest energią kondensacji adsorbentu,  $R$  - stałą gazową,

**Tabela 1.** Podstawowa charakterystyka badanych gleb  
**Table 1.** Basic properties of the investigated soils

Gleba	Głębokość	pH		Corg (%)	Zawartość frakcji glebowych (%)		
		H <sub>2</sub> O	KCl		1-0,02	0,02-0,002	<0,002
Płowa	0-20	5,9	4,9	1,39	13	44	43
Orthic Luvisol	30-50	5,1	4,0	0,11	17	36	47
Brunatna	0-20	5,3	4,1	1,02	69	14	17
Eutric Cambisol	30-50	5,4	4,6	0,25	80	13	7
Brunatna	0-20	7,2	7,0	1,26	10	50	40
Eutric Cambisol	45-70	-	-	0,12	15	46	39
Brunatna	0-20	7,0	6,1	1,16	55	33	12
Eutric Cambisol	30-60	6,4	5,0	0,11	43	29	28
Brunatna	0-20	6,1	5,0	1,39	43	21	36
Eutric Cambisol	30-60	6,1	4,8	0,28	34	16	50
Czarnoziem	0-20	6,1	5,2	2,53	65	25	10
Haplic Phaeozem	65-95	7,7	6,9	2,02	58	25	17

a  $T$  – temperaturą w której prowadzono pomiary. Wymiar fraktalny powierzchni wyznaczano z danych porozymetrycznych, w oparciu o zależność wyprowadzoną przez Pfeifer'a i Avnir'a [24], zgodnie z procedurą zastosowaną przez Bertoli'ego [4,22].

Metodą zwilżania porowatej warstewki TCW [10,17], w kolumnkach napełnionych glebami, mierzono migrację cieczy polarnych i apolarnych. Na podstawie otrzymanych wyników, zgodnie z teorią van Ossa [11,31] obliczono swobodną energię powierzchniową i jej składowe oraz pracę ( $W_s$ ) i kąty zwilżania dla badanych gleb.

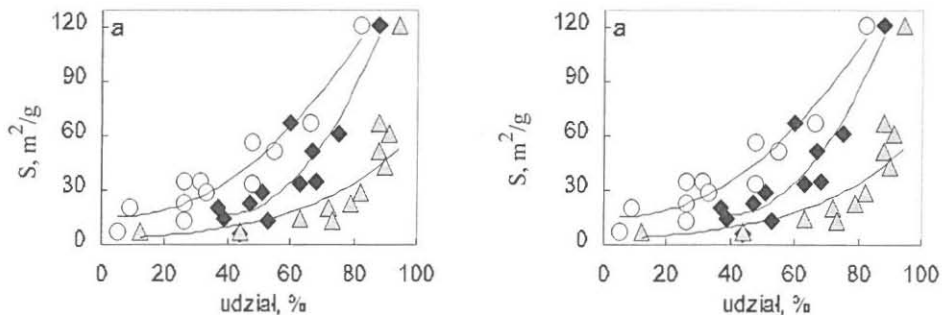
Skład mineralogiczny frakcji <0,002 mm gleb oznaczono metodą dyfrakcji rentgenowskiej (lampa CuK, filtr Ni) na aparacie DRON-3. Frakcje ilaste wydzielono z gleby metodą dekantacji, po zastosowaniu standardowych procedur obróbki [23]. Analizę jakościową minerałów przeprowadzono na podstawie rentgenogramów dla odpowiednio spreparowanych próbek w formie magnezowej [29], a skład ilościowy określano według metody Biscaya [6].

## WYNIKI I ICH DYSKUSJA

Analiza mineralogiczna frakcji koloidalnej wykazała, że głównymi minerałami ilastymi były: montmorylonit-smektyt, kaolinit i illit. Udział montmorylonitu wynosił maksymalnie do 80%, kaolinitu do 40%, a illitu do 70%. W znacznie

mniejszej ilości, poniżej 20%, występował kwarc, feldszpat i plagioklaz. Stwierdzono także obecność śladowych ilości chlorytu.

Na Rys. 1a przedstawiono zależności pomiędzy zawartością w glebach głównych minerałów ilastych a powierzchnią właściwą. Zdecydowanie największy wpływ na wielkość powierzchni właściwej miała obecność w glebie montmorylonitu, który charakteryzuje się rozwiniętą powierzchnią, dużą aktywnością sorpcyjną oraz zdolnością wiązania wody [27,28]. Fakt ten jest oczywiście powszechnie znany, jednak krótkie przedstawienie go wydaje się konieczne do całościowego omówienia celu pracy. W naszych badaniach zauważono, że obecność tego minerału we frakcji <0,002 mm, zwłaszcza w większej ilości, maskowała wpływ innych minerałów ilastych. Dlatego też na Rys. 1a przedstawiono zależność pomiędzy ilością kaolinitu oraz illitu, a wielkością powierzchni właściwej na tle zawartości montmorylonitu. Takie przedstawienie wyników jest dodatkowo uzasadnione faktem, że w glebach smektyty występują najczęściej w postaci faz o mieszanej sieci krystalicznej, mika-smektyt czy kaolinit-smektyt [7]. W podobny sposób przedstawiono zależność pomiędzy powierzchnią właściwą i zawartością w glebie żelaza (Rys. 1b). Przy analizowaniu Rys. 1 należy wziąć pod uwagę fakt, że dane ilościowe zawartości poszczególnych minerałów dotyczą tylko frakcji iłu koloidalnego, a powierzchnię właściwą zmierzono i obliczono dla gleby jako całości. Jak podaje Gorbunow [16] minerały ilaste znajdują się praktycznie we wszystkich frakcjach glebowych, chociaż największą ich koncentrację stwierdza się we frakcjach najdrobniejszych. Natomiast substancje bezpostaciowe jak np. półtoratlenki



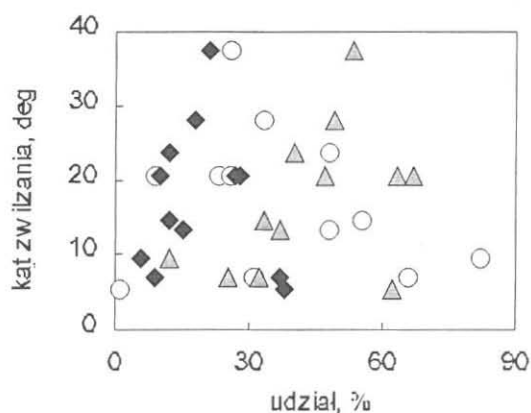
**Rys. 1.** Zależność pomiędzy powierzchnią właściwą, a zawartością minerałów ilastych (a) oraz żelaza (b). Białe kółka – montmorylonit, romby – kaolinit, trójkąty – illit, czarne kółka – żelazo i szare kółka – żelazo w formie  $Fe^{+2}$

**Fig. 1.** Relationship between surface area and the content of clay minerals (a) and iron (b). White circles – montmorillonite, diamonds – kaolinite, triangles – illite, white circles – total iron and grey circles – iron as  $Fe^{+2}$

towarzyszą minerałom ilastym, występują powszechnie i w istotny sposób wpływają na właściwości gleby. Wiadomo również, iż powierzchnia właściwa jest funkcją stanu rozdrobnienia mineralnych składników, ich składu oraz zawartości i jakości organicznych składników [14]. Pomimo tego powyższe korelacje (Rys. 1) były wysokie ( $R^2 \approx 0,85$ ).

Dla gleb, w których zawartość badanych minerałów ilastych we frakcji koloidalnej była znaczna, oszacowano średnie wartości kąta i pracy zwilżania. W przypadku gdy montmorylonit występował we frakcji koloidalnej (<0,002 mm) w ilości powyżej 48% średni kąt zwilżania wynosił  $12,9^\circ$ , a średnia praca zwilżania wynosiła  $9,6 \text{ mJ/m}^2$ . Dla kaolinitu (udział powyżej 30%) było to odpowiednio,  $15,2^\circ$  i  $-7,7 \text{ mJ/m}^2$ , a dla illitu (udział powyżej 60%) –  $10,5^\circ$  i  $-12,4 \text{ mJ/m}^2$ . Ujemne wartości pracy zwilżania świadczyły o istnieniu powinowactwa powierzchni gleby do wody. Ten fakt, jak również niskie wartości kątów zwilżania, sugerował hydrofilowy charakter badanych powierzchni. Najbardziej hydrofilową powierzchnię można przypisać próbkom z illitem, a najmniej z kaolinitem. Obliczone średnie wartości powyższych parametrów zwilżalności oraz sugestie dotyczące zwilżalności powierzchni były zgodne z wynikami otrzymanymi dla czystych minerałów [17].

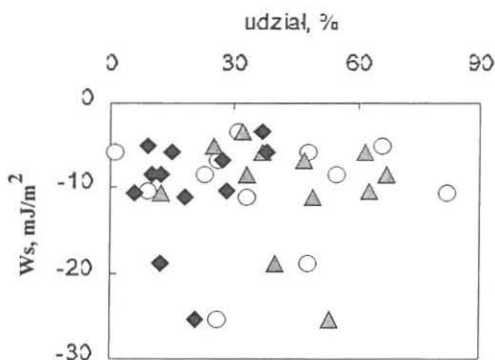
Na Rys. 2 i 3 zilustrowano zależności pomiędzy składem mineralogicznym frakcji koloidalnej i wielkościami charakteryzującymi zwilżalność ciała stałego. Nie stwierdzono istnienia prostych i wyraźnych zależności dla zawartości poszczególnych minerałów ilastych, pracy zwilżania (Ws) oraz kąta zwilżania.



Rys. 2. Zależność kąta zwilżania od zawartości minerałów ilastych. Oznaczenia jak na rys. 1

Fig. 2. Relationship between the contact angle and the content of clay minerals. Abbreviations as in Fig. 1

Być może spowodowane było to faktem, że charakterystyki zwilżalności były otrzymane dla całej gleby. Niemniej jednak zauważono pewne prawidłowości. I tak, dla kaolinitu i illitu, kąty zwilżania dla wody (Rys. 2) generalnie rosły wraz ze wzrostem udziału tych minerałów we frakcji <0,002 mm. Ponadto można było wyróżnić zakresy występowania powyższych parametrów zwilżalności, dla poszczególnych minerałów ilastych. Podobne prawidłowości występowały dla pracy zwilżania



Rys. 3. Zależność pracy zwilżania dla wody od zawartości minerałów ilastych. Oznaczenia jak na Rys. 1

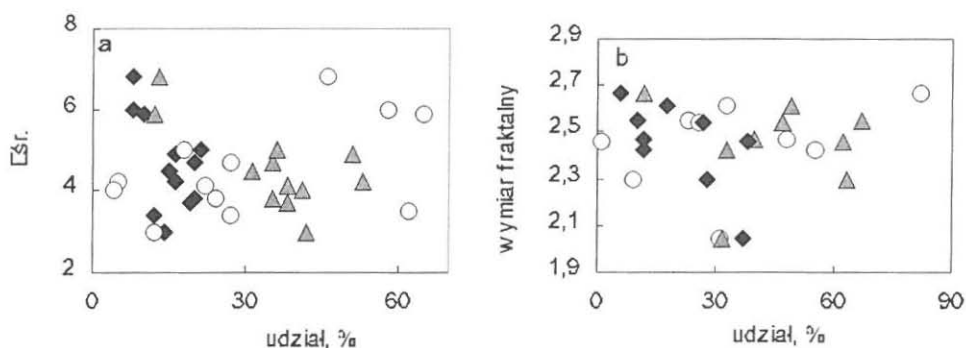
Fig. 3. Relationship between work of spreading and the content of clay minerals. Abbreviations as in Fig. 1

niejednorodność geometryczna powierzchni, charakteryzowana jest przez jej wymiar fraktalny, a energetyczna przez średnią energię adsorpcji. Zgodnie z teorią wartość liczbową wymiaru fraktalnego zawiera się w przedziale od 2 do 3. Wymiar fraktalny  $D=2$  opisuje obiekty dwuwymiarowe, a  $D=3$  obiekty trójwymiarowe. Dla badanych gleb średnia wartość wymiaru fraktalnego i średniej energii wynosiła odpowiednio 2,44 i 4,50. Dla gleb, w których zawartość badanych minerałów ilastych we frakcji koloidalnej była znaczna, oszacowano średnie wartości  $D$  i  $E_{\text{sr}}$ . I tak dla próbek glebowych o przeważającej ilości montmorylonitu wartości te wynosiły odpowiednio  $D=2,48$  i  $E_{\text{sr}}=5,55$ ; kaolinitu  $D=2,48$  i  $E_{\text{sr}}=4,26$  oraz illitu  $D=2,40$  i  $E_{\text{sr}}=4,11$ . Wymiar fraktalny jest związany ze strukturą ciała stałego, stąd też podobne wartości  $D$  dla badanych próbek glebowych. Natomiast średnia energia adsorpcji związana jest z ilością i jakością polarnych centrów adsorpcyjnych. Generalnie, dla wszystkich próbek wartości średniej energii adsorpcji zmieniały się w stosunkowo wąskim zakresie od ok. 7 do 16 kJ/mol. Ponieważ wartość energii kondensacji pary wodnej, w temperaturze pomiarów, wynosi ok. 44 kJ/mol, oznacza to, że wynosiła ona ok. 57; 54,4 i 53,9 kJ/mol odpowiednio dla próbek o przeważającej ilości montmorylonitu, kaolinitu oraz illitu. Również, lecz tylko dla kaolinitu i illitu, istniała zależność pomiędzy wymiarem fraktalnym i udziałem tych minerałów we frakcji koloidalnej i można było wyróżnić zakresy występowania powyższego parametru (Rys. 4a). Bardziej widoczne były zakresy występowania średniej energii adsorpcji pary wodnej a udziałem kaolinitu i illitu we frakcji koloidalnej (Rys. 4b).

( $W_s$ ), ale były wyraźne tylko dla kaolinitu (Rys. 3).

Istnienie zdecydowanie różnych zakresów występowania zarówno kątów zwilżania jak i składowych swobodnej energii powierzchniowej dla monojonowych form minerałów ilastych zostało stwierdzone w badaniach prowadzonych przez Hajnosa [17].

Charakterystyki niejednorodności powierzchni, wymiar fraktalny ( $D$ ) i średnia energia adsorpcji ( $E_{\text{sr}}$ ), w mniej widoczny sposób związane były ze składem mineralnym frakcji koloidalnej. Niejed-



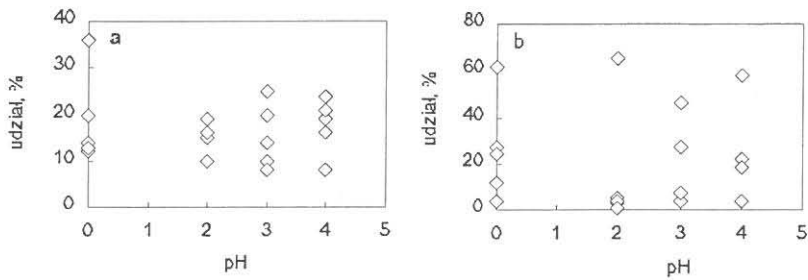
Rys. 4. Zależność pomiędzy średnią energią adsorpcji pary wodnej (a), wymiarem fraktalnym (b), a zawartością minerałów ilastych. Oznaczenia jak na rys. 1

Fig. 4. Relationship between average adsorption energy of water (a), fractal dimension (b) and the content of clay minerals. Abbreviations as in Fig. 1

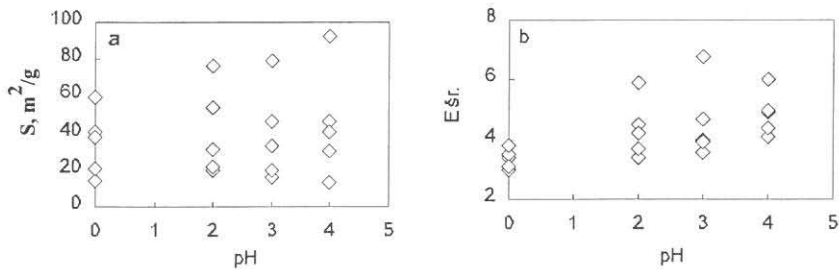
Rola składu mineralogicznego w procesach i zjawiskach zachodzących na granicach faz jest bezsporna, a wszelkie jego zmiany powinny znajdować odzwierciedlenie we właściwościach powierzchniowych ciała stałego [20]. Na Rys. 5a i b przedstawiono zależności pomiędzy stopniem zakwaszenia gleby a zawartością kaolinitu i montmorylonitu. Z Rys. 5a i b wynika, że kaolinit wydaje się być bardziej odpornym na zmianę odczynu niż montmorylonit. Zmiany tych minerałów przekładają się na zmiany wielkości powierzchni właściwej (Rys. 6a) i średniej energii adsorpcji pary wodnej (Rys. 6b). Jak wynika z badań Józefaciuka [21] stabilność czystych minerałów ilastych jest większa niż tych samych minerałów glebowych, a zmianom chemicznym i mineralogicznym fazy stałej gleb i minerałów, pod wpływem odczynu, towarzyszą zmiany ich właściwości powierzchniowych.

Jak już wspomniano skład fazy stałej gleby, a szczególnie skład chemiczny, kształtuje się w różnych glebach odmiennie, jako wypadkowa bardzo wielu czynników glebowych. Rysunki 7 i 8 są ilustracją wpływu składu fazy stałej na badane właściwości powierzchniowe różnych gleb. Skonstruowano je na podstawie danych zawartych w naszych wcześniejszych pracach [20,26]. Zarówno powierzchnia właściwa, jak i średnia energia adsorpcji pary wodnej, zmieniają się w bardzo różny sposób, w zależności od typu gleby.

Najwyższymi wartościami powierzchni właściwej i średniej energii adsorpcji charakteryzowała się gleba posiadająca w swoim składzie wysoką zawartość montmorylonitu (gleba nr 3 na Rys. 7). Indywidualne różnice w stabilności na



**Rys. 5.** Zależność pomiędzy zakwaszeniem gleby a zawartością montmorylonitu (a) i kaolinitu (b)  
**Fig. 5.** Relationship between acid soil treatment and the content of montmorillonite (a) and kaolinite (b)

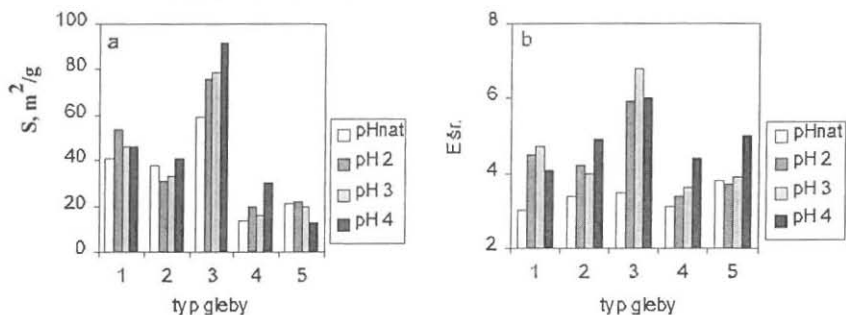


**Rys. 6.** Zależność pomiędzy zakwaszeniem gleby a powierzchnią właściwą (a) oraz średnią energią adsorpcji pary wodnej (b)  
**Fig. 6.** Relationship between acid soil treatment and surface area (a) and average adsorption energy of water (b)

zakwaszenie gleb, przedstawionych na Rys. 7a i b, miały prawdopodobnie związek z warunkami procesu glebotwórczego oraz właściwościami buforowymi gleb, jak również z charakterem i obecnością glebowej materii organicznej.

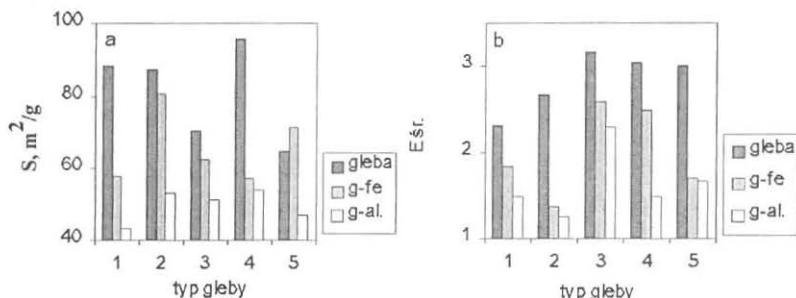
Właściwości powierzchniowe są wypadkową wielu czynników i składników charakteryzujących powierzchnię gleby. W przypadku adsorpcji mamy zawsze do czynienia z układem adsorbent – adsorbat. W takim układzie wzajemne oddziaływanie składników będzie zależało od ich właściwości. Adsorbaty polarne np. para wodna, charakteryzują się silnym powinowactwem do powierzchni gleb. Spowodowane jest to występowaniem na powierzchni gleby polarnych centrów adsorpcyjnych, pochodzących głównie od minerałów ilastych, kationów powierzchniowych i związków organicznych. Ilość zasorbowanej pary wodnej będzie zależała od ilości i energetycznego charakteru tych centrów, a nie od ich pochodzenia. Energia adsorpcji pary wodnej oraz powierzchnia właściwa związane są bezpośrednio z wielkością adsorpcji. Natomiast praca zwilżania czy wymiar





Rys. 7. Ilustracja wpływu zakwaszenia gleby na wielkość powierzchni właściwej (a) oraz średniej energii adsorpcji pary wodnej (b). 1 – czarnoziem zdegradowany, 2 – brunatna, 3 – brunatna wylugowana, 4 – płowa, 5 – brunatna kwaśna

Fig. 7. Influence of the acid soil treatment on the surface area (a) and on the average adsorption energy of water (b). 1 – degraded chernozem, 2 – brown soil, 3 – leached brown soil, 4 – podzolized lessive soil, 5 – acid brown soil



Rys. 8. Ilustracja wpływu zawartości żelaza i glinu na wielkość powierzchni właściwej (a) oraz średniej energii adsorpcji pary wodnej (b). 1 – płowa, 2 – czarna ziemia, 3 – brunatna wylugowana, 4 – czarnoziem zdegradowany, 5 – brunatna kwaśna

Fig. 8. Influence of iron and aluminum content on the surface area (a) and on the average adsorption energy of water (b). 1 – podzolized lessive soil, 2 – black earth, 3 – leached brown soil, 4 – degraded chernozem, 5 – acid brown soil

fraktalny związane są dodatkowo ze strukturą i geometrią powierzchni. Stąd też najprawdopodobniej wynika bardziej złożony charakter i mniej widoczne zależności od składu mineralicznego.

#### WNIOSKI

1. W badanym układzie gleba – para wodna, skład mineralny fazy stałej gleby wpływał na jej właściwości powierzchniowe. Zawartość w glebach głównych minerałów ilastych decydowała o wielkości powierzchni właściwej. Z badanych minerałów ilastych największy wpływ na wielkość powierzchni właściwej

- wykazywał obecny w glebie i mający silne powinowactwo do wody montmorillonit.
2. Nie stwierdzono istnienia prostych i wyraźnych zależności pomiędzy zawartością poszczególnych minerałów ilastych, pracą i kątem zwilżania oraz wymiarem fraktalnym i średnią energią adsorpcji pary wodnej. Powodem tego był najprawdopodobniej fakt, że skład mineralny oznaczano tylko dla frakcji koloidalnej  $<0,002$  mm, natomiast właściwości powierzchniowe mierzono i obliczano dla gleby, jako całości, łącznie z zawartością związków organicznych.
  3. Charakterystyki powierzchni związane bezpośrednio z "wodą" np. powierzchnia właściwa, średnia energia adsorpcji czy kąt zwilżania były wyraźniej związane z obecnością minerałów ilastych. Natomiast dla charakterystyk, które związane były dodatkowo z geometrią powierzchni np. wymiar fraktalny oraz praca zwilżania, zależności ze składem mineralogicznym były mniej widoczne.
  4. Przeprowadzone badania wykazały, że dla minerałów ilastych zróżnicowanie właściwości powierzchniowych determinuje zakresy występowania konkretnych wartości swobodnej energii powierzchniowej i kątów zwilżania, jak również innych badanych właściwości powierzchniowych.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Alekseeva T.V., Alekseev A.O., Morgun E.G., Józefaciuk G., Hajnos M., Sokołowska Z.:** Clay mineralogy and iron state as indicators of soil forming processes in typical soils of Lublin Upland region. *Int. Agrophysics*, 7, 69-76, 1993.
2. **Alekseev A.O., Alekseeva T.V., Sokołowska Z., Hajnos M.:** Magnetic and mineralogical properties of different granulometric fractions of Lublin Upland Region. *Int. Agrophysics*, 1, 1-6, 2002.
3. **Arsova A., Ganev S., Ouroumova-Pesheva A., Pascual C., Wierzchoś J., Hajnos M., Józefaciuk G.:** Ion-exchange properties and composition of clay minerals from representative Polish soils (in Bulgarian). *Soil Sci. Agrochemistry*, 25, 24-33, 1990.
4. **Bartoli F., Philippy R., Doirisse M., Niquet S., Dubuit M.:** Structure and self-similarity in silty and sandy soils: The fractal approach. *J. Soil Sci.*, 42, 167-185, 1991.
5. **Biesiacki P.W., Zagórski Z.:** Zmiany w składzie mineralnym frakcji ilastej pod wpływem intensywnych procesów glejowych. *Roczn. Glebozn.*, 47, 181-193, 1996.
6. **Biscay P.E.:** Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76, 803-832, 1965.
7. **Borchardt G., Smectities. W:** Minerals in Soil Environments. 2nd edition, Eds: J.B. Dixon, S.B. Weed., SSSA Book Series 1. Madison, Wisc. 675-728, 1989.
8. **Brogowski Z., Mazurek A.:** Stan mineralny ziaren o średnicy  $<0,02$  mm w glebie brunatnej wytworzonej z gliny zwałowej. *Roczn. Glebozn.*, 41, 5-21, 1990.
9. **Brogowski Z.:** Ogólna zawartość składników we frakcjach granulometrycznych  $<0,1$  mm w glebie glejobilicowej. *Roczn. Glebozn.*, 47 Supl., 9-21, 1996.

10. **Chibowski E.:** Solid surface free energy components determination by thin-layer wicking technique. *J. Adhesion Sci. Technol.*, 6, 1069-1090, 1992.
11. **Chibowski E., Gonzales-Caballero F.:** Theory and practice of thin layer wicking. *Langmuir*, 9, 330, 1993.
12. **Chodak T., Szerszeń L., Bogda A.:** Zmiany w składzie mineralogicznym gleb objętych niektórymi czynnikami degradującymi. *Z. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418 cz. II, 535-540, 1995.
13. **Dąbkowska-Naskręt H., Długosz J., Kobierski M.:** Badania składu mineralogicznego frakcji ilastej wybranych gleb brunatnych Niziny Wielkopolskiej. *Roczn. Glebozn.*, 47, 171-180, 1996.
14. **Dechnik I., Stawiński J.:** Powierzchnia właściwa w badaniach fizykochemicznych i fizycznych właściwości gleb. *Probl. Agrofizyki*, 6, 1973.
15. **Długosz J., Kobierski M., Spychaj-Fabisiak E.:** Skład mineralogiczny frakcji ilastej warstwy ornej wybranych czarnych ziem Ziemi Kujawskiej. *Roczn. Glebozn.*, 48, 87-93, 1997.
16. **Gorbunow N.I.:** Glebowe minerały wysokodispersyjne i metody ich badania. PWRiL, Warszawa 1967.
17. **Hajnos M.:** Energia powierzchniowa i wielkości jej składowych jako parametry określające zwilżalność i stan agregacyjny minerałów ilastych i gleb. *Acta Agrophysica*, 17, 1999.
18. **Jaroniec M., Bräuer P.:** Recent progress in determination of energetic heterogeneity of solids from adsorption data. *Surf. Sci. Rep.*, 6, 65-117, 1986.
19. **Jaworska H.:** Skład mineralogiczny frakcji iltu koloidalnego w poziomach luvic i argillic wybranych gleb płowych Ziemi Dobrzyńskiej. *Z. Probl. Post. Nauk Roln.*, 414, 35-42, 1994.
20. **Józefaciuk G., Sokolowska Z., Sokolowski S., Alekseev A., Alekseeva T.:** Changes of mineralogical and surface properties of water dispersible clay after acid treatment of soils. *Clay Mineral.*, 28, 145-148, 1993.
21. **Józefaciuk G.:** Zmiana właściwości powierzchniowych gleb i minerałów ilastych w procesach zakwaszania i alkalizacji. Badania modelowe. *Acta Agrophysica*, 15, 1998.
22. **Kozak E.:** Aspekty metodyczne wyznaczania rozkładu rozmiarów porów i wymiaru fraktalnego materiałów glebowych. Praca doktorska, IA PAN, Lublin, 1994.
23. **Kunze G.W.:** Pretreatment for mineralogical analysis. W: *Soil Analysis, Part I*, Ed. C.A. Black, American Soc. Agron., Madison, Wi., 568-577, 1965.
24. **Pfeifer P., Avnir D.:** Chemistry in noninteger dimensions between two and three. I. Fractal theory of heterogeneous surfaces. *J. Chem. Phys.*, 79, 3558-3565, 1983.
25. Polska Norma PN-Z-19010-1 pt.: "Oznaczenie powierzchni gleb metodą pomiarów adsorpcji pary wodnej", 1997.
26. **Sokolowska Z., Józefaciuk G., Sokolowski S., Ourumova-Pesheva A.:** Adsorption of water vapour by soils: investigations of the influence of organic matter, iron, and aluminum on energetic heterogeneity of soil clays. *Clays a. Clay Mineral.*, 41, 346-352, 1993.
27. **Stępkowska E.:** Właściwości fizyko-chemiczne minerałów ilastych. W: Praca zbiorowa. *Problemy Fizyko-Chemii i Dynamiki Gruntów*, Ossolineum, Wrocław, 97-212, 1993.
28. **Stoch L.:** *Minerały Ilaste*, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1974.
29. **Thorrez G.:** Practical identification of clay minerals. A Handbook. Ed. G. Lelotte, Liege State University, Belgium, 1976.
30. **Uziak S., Bogda A., Chodak T., Cieśsla W., Komornicki T., Stach L., Wilgat M.:** Clay mineralas of selected loess soils. *Roczn. Glebozn.*, 3, 59-77, 1987.
31. **van Oss C.J.:** *Interfacial Forces in Aqueous Media*. Marcel Dekker Inc., N.Y. 1994.

---

INFLUENCE OF THE MINERALOGICAL COMPOSITION OF SOLID PHASE  
ON SURFACE PROPERTIES OF SOILS

*Z. Sokołowska*<sup>1</sup>, *M. Hajnos*<sup>1</sup>, *T.V. Alekseeva*<sup>1</sup>, *A.O. Alekseev*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agrophysics, PAS, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland  
zosia@maja.ipan.lublin.pl

<sup>2</sup>Institute of Physico-Chemical and Biological Problems in Soil Science  
Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, 142292 Russia  
alekseev@issp.serpukhov.su

**S u m m a r y.** The influence of mineralogical composition of soil clay fraction on surface properties has been investigated. The surface properties have been characterized by the following parameters: surface area, average adsorption energy, fractal dimension, the work of spreading and the contact angle. Surface characteristics, which are directly related with the adsorbate used (e.g., water vapour), specific surface area, average adsorption energy, and contact angle, have been clearly dependent on the content of clay minerals. However, in the case of the characteristics that are also related to the surface geometry, e.g., in the case of fractal dimension and the work of spreading, their dependence on the mineralogical composition has been less visible. No simple and evident relationships between the content of consecutive clay minerals and the work of spreading, the contact angle, as well as the fractal dimension have been found. The most probable reason for such behaviour is connected with the fact that the determination of the mineralogical composition has been carried out for the clay fraction, of the size <0,002 mm, whereas surface characteristics have been determined for the initial soil samples, containing also organic matter.

**K e y w o r d s:** mineralogical composition, surface properties, colloidal fraction.