

SIŁY ODDZIAŁYWAŃ MIĘDZY CZĄSTKAMI GLEB PRZEZ INTERFAZĘ WODNĄ

M. Hajnos

Zakład Fizykochemii Materiałów Rolniczych, Instytut Agrofizyki PAN,
20-290 Lublin 27, ul Doświadczalna 4

Streszczenie: Na podstawie równania Laplace'a wyprowadzono zależność między siłą działającą pomiędzy dwoma ziarnami materiału glebowego przez fazę wodną, a składowymi swobodnej energii powierzchniowej. Stwierdzono zależność wartości sił oddziaływań od zawartości C_{org} w badanych glebach. Dla gleb o zawartości C_{org} powyżej 40% wartości tych sił są ujemne.

Słowa kluczowe: siły adhezji, kąt zwilżania, składowe swobodnej energii powierzchniowej.

WSTĘP

U podstaw zjawiska stabilności układu zdyspergowanego leży występowanie oddziaływań pomiędzy cząstkami fazy zdyspergowanej. Oddziaływania te są dwojakiego rodzaju i są związane z występowaniem sił: atrakcyjnych, tj. przyciągających i repulsywnych tj. odpychających.

Siły atrakcyjne są to siły przyciągania pomiędzy cząstkami układu zdyspergowanego, określone jako siły van der Waals'a – Londona. Siły repulsywne natomiast są to siły odpychania związane z istnieniem podwójnej warstewki elektrycznej wokół cząstek układu zdyspergowanego. Obecność podwójnej warstewki elektrycznej powoduje w konsekwencji powstanie bariery elektrycznej wokół cząstek i oddziaływań typu repulsywnego. Należy tu podkreślić elektrostatyczny charakter tych oddziaływań.

Zatem warunkiem powstawania i trwałości agregatów w układzie zdyspergowanym, jakim jest m. in. gleba, jest istnienie równowagi sił przyciągających i odpychających. Siły te zależą między innymi od charakteru ciała stałego [10, 11].

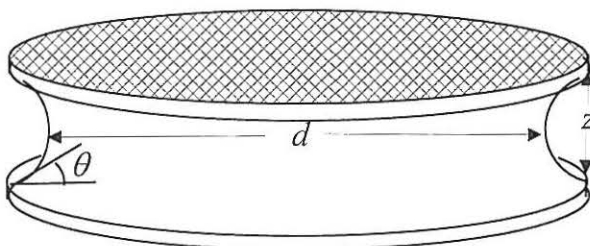
Celem niniejszej pracy było wyliczenie sił oddziaływania między cząstkami materiału glebowego poprzez film wodny.

METODYKA I MATERIAŁY

Wartości składowych swobodnej energii powierzchniowej są ściśle związane z siłami van der Waalsa, a zatem powinny rzutować na trwałość agregatów glebowych. Z równania Laplace'a [1] wyprowadzono zależność pomiędzy siłą F działającą między dwoma ziarnami ciała stałego przez fazę ciekłą a kątem zwilżania θ [2, 6, 8, 9]:

$$F = \frac{\gamma_w}{2} \left[\frac{\Pi d^2 \cos \theta}{z} - \Pi d \right] \quad (1)$$

gdzie γ_w – napięcie powierzchniowe wody, z – odległość między ziarnami, d – średnica kolistej warstwy wody (patrz Rys. 1.)



Rys.1. Schemat adhezji między dwoma cząstkami gleby przez film wody o grubości z i średnicy d .
Fig. 1. Scheme of adhesion between two soil particles through water film of dick z and diameter d

Wprowadzając równanie Younga dla $\pi_w = 0$ do równania (1) powiązano siłę F ze składowymi: dyspersyjną γ_i^{LW} i niedyspersyjnymi γ_i^+ i γ_i^- swobodnej energii powierzchniowej uzyskując następującą zależność [7]:

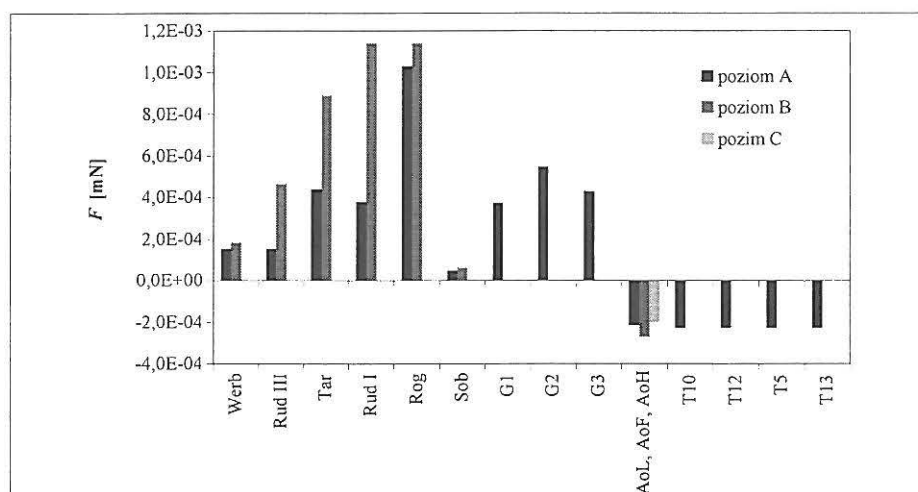
$$F = \frac{\gamma_w}{2} \left[\frac{\Pi d^2 \left(-\gamma_w + 2\sqrt{\gamma_i^{LW} \gamma_j^{LW}} + 2\sqrt{\gamma_i^+ \gamma_j^-} + 2\sqrt{\gamma_i^- \gamma_j^+} \right)}{\gamma_w z} - \Pi d \right] \quad (2)$$

Korzystając z wcześniej obliczonych wielkości składowych swobodnej energii powierzchniowej γ_i^+ i γ_i^- oraz $\gamma_i^{L,W}$ [7] metodą thin column wicking (TCW) [3,4,5] wyznaczono wartości tej siły (F) dla gleb z banku Zakładu Materiałów Rolniczych IA PAN. Właściwości fizykochemiczne, charakteryzujące badane gleby, podane są w Tabeli 1. Do wykonania obliczeń siły F przyjęto następujące założenia:

- odległość między dwoma cząstkami – z – odpowiada średniemu promieniowi porów (R)
- średnica warstwy wody – d – odpowiada wielkości ziarna badanej frakcji.

W związku z tymi założeniami wyniki obliczeń można traktować jedynie jako porównawcze. Jeżeli wartości z i d są stałe, to F jest jedynie funkcją składowych swobodnej energii powierzchniowej (γ_i^+ i γ_i^- oraz $\gamma_i^{L,W}$).

Obliczone wartości sił dla gleb prezentowane są w Tabeli 1 oraz na Rys.2.



Rys. 2. Siły oddziaływania między cząsteczkami gleby poprzez warstewkę wody wyliczone z równania 1 lub 2 (oznaczenia gleb jak w tabeli 1).

Fig. 2. Interaction forces between soil particles through water layer calculated by equation 1 or 2 (symbols of soils see Table 1).

Tabela 1. Wyznaczone fizykochemiczne właściwości powierzchni badanych materiałów glebowych
Table 1. Determined physicochemical properties of investigated soil material surfaces

Próbka	Gleba Mieszcowość	C %	R cm	γ_i^W mJ/m ²	γ_i^- mJ/m ²	γ_i^+ mJ/m ²	θ_y °	F mN
Werb A	Czarnoziem	2,53	1,122E-04	48,92	0,14	50,71	20,53	1,53E-04
Werb B	zdegradowany Werbkowice	2,02	1,088E-04	47,89	0,15	55,47	13,10	1,81E-04
Rud III A	Brunatna właściwa	1,38	1,100E-04	38,48	1,60	46,46	23,56	1,53E-04
Rud III B	Rudnik III	0,28	6,528E-05	41,02	0,94	55,21	9,41	4,63E-04
Tar A	Brunatna właściwa	1,26	6,425E-05	48,82	0,33	48,01	20,34	4,39E-04
Tar B	Tarnawatka	0,12	3,965E-05	44,90	0,39	54,37	14,35	8,89E-04
Rud I A	Brunatna właściwa	1,16	5,986E-05	46,51	1,04	31,39	37,50	3,78E-04
Rud I B	Rudnik I	0,11	3,314E-05	48,83	0,21	55,43	6,95	1,14E-03
Rog A	Płowa	1,39	3,610E-05	47,84	0,29	55,54	5,46	1,03E-03
Rog B	Rogóżno	0,11	3,320E-05	48,06	0,07	58,98	7,07	1,14E-03
Sob A	Brunatna	1,02	1,462E-04	42,61	0,07	52,82	27,99	0,47E-04
Sob B	kwaśna Sobieszyn	0,25	1,472E-04	45,79	0,04	56,24	20,60	0,62E-04
G1	Utwór węgl/mursz	14,8	6,628E-05	46,69	1,09	37,42	29,56	3,72E-04
G2	Mursz torf/węgl	21,2	4,589E-05	47,45	1,07	29,31	38,91	5,47E-04
G3	Utwór węgl/mursz	13,9	6,411E-05	47,09	0,67	44,49	23,16	4,27E-04
AoF	Próchnica leśna typu mor	48,6	1,212E-04	43,11	-	-	88,01	-2,16E-04
AoH	Próchnica leśna typu mor	45,9	1,542E-04	43,32	-	-	98,03	-2,70E-04
AoL	Próchnica leśna typu mor	51,0	1,191E-04	42,46	-	-	86,06	-2,02E-04
T10	Mursz próchniczny	>90	1,780E-04	38,13	-	-	102,0	-2,29E-04
T12	Mursz torfiasty	>90	1,570E-04	42,90	-	-	99,21	-2,29E-04
T5	Mursz właściwy	>90	1,300E-04	38,30	-	-	101,92	-2,29E-04
T13	Mursz właściwy	>90	6,150E-05	45,95	-	-	97,53	-2,30E-04

PODSUMOWANIE

Obliczone siły są w badanym materiale glebowym bardzo zróżnicowane. Wartości sił oddziaływań międzycząsteczkowych są o wiele mniejsze dla materiału z poziomu A niż z poziomu B dla wszystkich gleb mineralnych i utworów murszowych. Tendencję tę można przypisać większej zawartości C_{org} gleby z poziomu A w stosunku do poziomu B. Świadczyłoby to o rozluźnianiu struktury tego typu gleb przez materię organiczną. Obserwację tę potwierdzają obliczenia wartości sił dla gleb o zawartości związków próchnicznych przekraczającej 40%. W tym przypadku wartości sił działających pomiędzy ziarnami poprzez film wodny przyjmują wartości ujemne. Może to wskazywać na odpychanie cząstek tego typu gleb w ośrodku wodnym.

LITERATURA

1. **Adamson A.W.:** Physical Chemistry of Surfaces, 4th Ed., John Willey & Sons, New York, pp. 445, 424-425, 1982.
2. **Białopiotrowicz T., Jańczuk B.:** The effect of the droplet volume and hydrocarbon chain length on the detachment force in the sulphur/hydrocarbon drop/sulphur system, *Can. J. Chem. Eng.*, 68, 415-419, 1990.
3. **Chibowski E.:** Solid surface free energy components determination by the thin-layer wicking technique, *J. Adhesion Sci. Technol.*, 6(9), 1069-1090, 1992.
4. **Chibowski E., Gonzales-Caballero F.:** Theory and practice of thin layer wicking, *Langmuir*, 9, 330, 1993.
5. **Chibowski E., Holysz L.:** Use of the Washburn equation for surface free energy determination, *Langmuir*, 8, 710-716, 1992.
6. **Fowkes F.M.:** Attractive forces at interface, *Ind. Eng. Chem.*, 56:12, 56:40, 1964.
7. **Hajnos M.:** Surface energy and its components as parameters determining wettability and aggregation state of selected clay minerals and soils, *Acta Agrophysica*, 17, 1-112, 1999.
8. **Jańczuk B., Białopiotrowicz T., Zdzienicka A., Hajnos M., Józefaciuk G.:** The influence of soil clay constituents on surface free energy of clay fractions, *J. Soil. Sci.*, 43, 27-35, 1992.
9. **Jańczuk B., Józefaciuk G., Hajnos M., Białopiotrowicz T., Kliszcz A.:** Surface free energy of a soil clay fraction in relation to aggregate stability, *Clay Minerals*, 28, 145-148, 1993.
10. **Stępkowska E.T., Kwaśnik A.:** Comparison of London-van der Waals interaction with the shear strength of clays (in Polish), *Z. Probl. Post. Nauk Rol.*, 168, 129-144, 1976.

11. **Stępkowska E.T., Wojnicki J.E.:** Estimation of interparticle distances and long range particle interactions in saturated clays (in Polish), *Z. Probl. Post. Nauk Rol.*, 168, 109-129, 1976.

INTERACTION FORCES BETWEEN SOIL PARTICLES ACROSS THE WATER INTERFACE

S u m m a r y: On the basis of Laplace equation the dependence of the force interacting between two soil material particles across the water phase and surface free energy components was concluded. The dependence between interaction force values and organic carbon content C_{org} in investigated soils was ascertained. For the soils with C_{org} higher than 40% the values of these forces are negative.

K e y w o r d s: adhesion forces, contact angle, surface free energy components