

Politechnika Gdańska

Wydział Chemiczny



Katedra Technologii Chemicznej

**Bezpieczeństwo środowiskowe**

Sorpcyjne właściwości gleb

Przygotował:

dr inż. Andrzej P. Nowak

Gleba, czyli pedosfera, jest naturalnym tworem wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej powstałym ze zwietrzliny skalnej w wyniku oddziaływania na tę zwietrzelinę zmieniających w czasie różnych czynników w określonych warunkach rzeźby terenu. Gleba jest złożonym, ożywionym, dynamicznym elementem przyrody, w którym zachodzą ciągłe procesy rozkładu i syntezy związków mineralnych i organicznych oraz ich przemieszczanie. Każda gleba cechuje się charakterystycznymi dla niej parametrami morfologicznymi, fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi. Cechy te stwarzają warunki życia dla roślin i zwierząt. Gleba stanowi integralny, wielofunkcyjny składnik wszystkich ekosystemów lądowych i niektórych wodnych, podlegającym stałej ewolucji.

### **Sorpcyjne właściwości gleb**

Gleba odznacza się zdolnością zatrzymywania i pochłaniania różnych składników, w tym jonów i cząsteczek. Zdolność ta nosi nazwę **sorpcji**<sup>\*</sup>, a zjawiska z nią związane to **zjawiska sorpcyjne**. O zjawiskach sorpcyjnych zachodzących w glebie decydują silnie zdyspergowana koloidalna faza stała tzw. **sorpcyjny kompleks glebowy (skg)**. Dzięki właściwościom sorpcyjnym gleby mogą regulować odczyn oraz magazynować dostarczane w nawozach składniki pokarmowe. Ponadto właściwości te przyczyniają się do neutralizacji szkodliwych dla organizmów żywych substancji, które dostają się do gleby.

Sorpcyjny kompleks glebowy (**skg**) zbudowany jest z koloidów glebowych, takich jak: minerały ilaste (montmorylonit, kaolinit, illit, wermikulit, chloryt), uwodnione tlenki żelaza i glinu, minerały bezpostaciowe, próchnica (kwasy humusowe) oraz kompleksy ilasto-próchniczne.

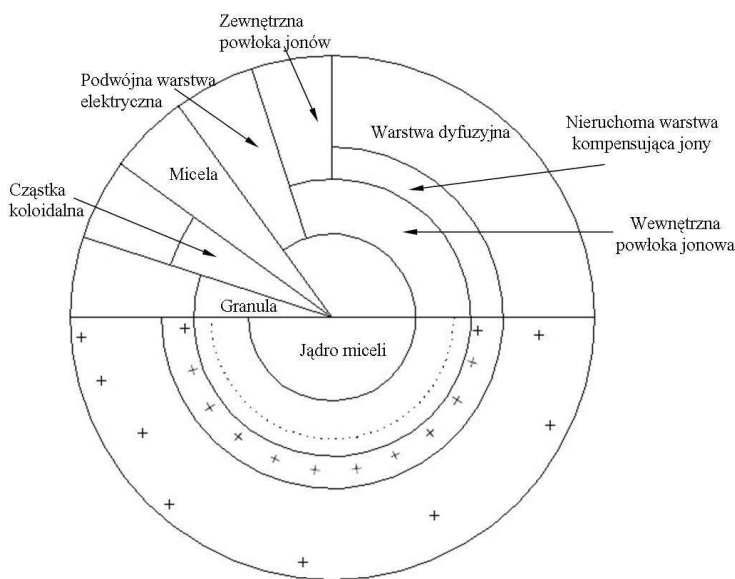
Koloidy glebowe są tworami obdarzonymi ładunkiem elektrycznym na ich powierzchni. Obecność tego ładunku wynika z budowy ich jądra. Przekrój pojedynczej cząstki koloidalnej, zwanej micelą, pokazano na rys. 1.

---

<sup>\*</sup> W chemii fizycznej pojęcie sorpcji obejmuje dwa określenia: absorpcję i adsorpcję. Absorpcja to pochłanianie przez całą masę absorbenta gazów i par oraz cząsteczek niezdysonowanych, jak również jonów z roztworów. Adsorpcja polega na zagęszczaniu wymienianych substancji jedynie na powierzchni absorbenta i zachodzi na granicy faz.

W skład koloidu wchodzi:

- a) jądro – ultramikron o budowie krystalicznej lub amorficznej oraz strukturze zbitej lub porowatej,
- b) wewnętrzna powłoka jonów dodatnio lub ujemnie naładowanych,
- c) zewnętrzna warstwa jonów kompensujących jony powłoki wewnętrznej.



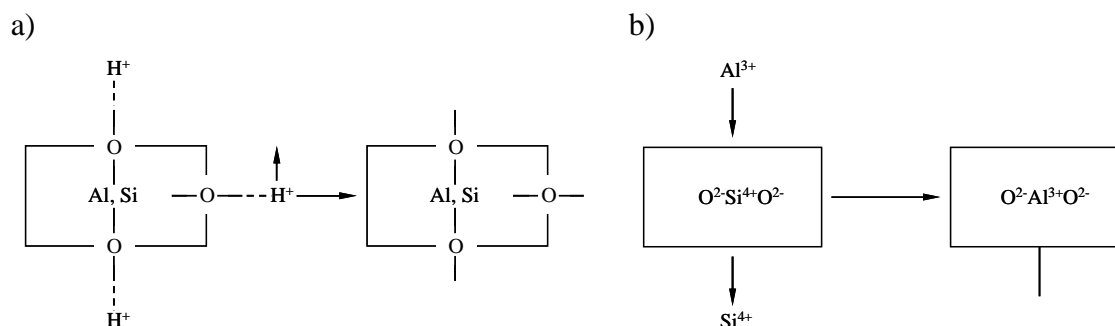
Rys. 1. Schemat budowy cząsteczki koloidalnej.

Koloidy glebowe są najczęściej obdarzone ładunkiem ujemnym. Jego źródłem są najczęściej:

- 1) nienasycone wartościowości występujące na krawędziach warstw krzemowo-glinowych, na zewnętrznych powierzchniach płaszczyzn minerałów oraz cząsteczkach próchnicy,
- 2) wewnątrzwarstwowa wymiana w kryształach minerałów.

Pierwsze noszą nazwę **ładunków zmiennych**, drugie należą do grupy **ładunków trwałych** (Rys. 2.). Wielkość ładunków zmiennych zwiększa się wraz ze zmianą odczynu gleby. Warunkuje to obecność grup OH, które działają jako punkty wymiany jonów.

Wymiana wewnątrzwarstwowa związana jest z wymianą jednego atomu w warstwie glinowej lub krzemowej koloidu na atom innego pierwiastka. Np. Postawienie atomu 3-wartościowego atomem 4-wartościowym skutkuje pojawieniem się na powierzchniach wewnętrznych nienasyconych wartości ujemnych, które są niezależne od pH (stąd nazwa ładunki trwałe).



Rys. 2. Powstawanie ujemnych ładunków na powierzchni koloidów: a) ładunek zmienny, b) ładunek trwały.

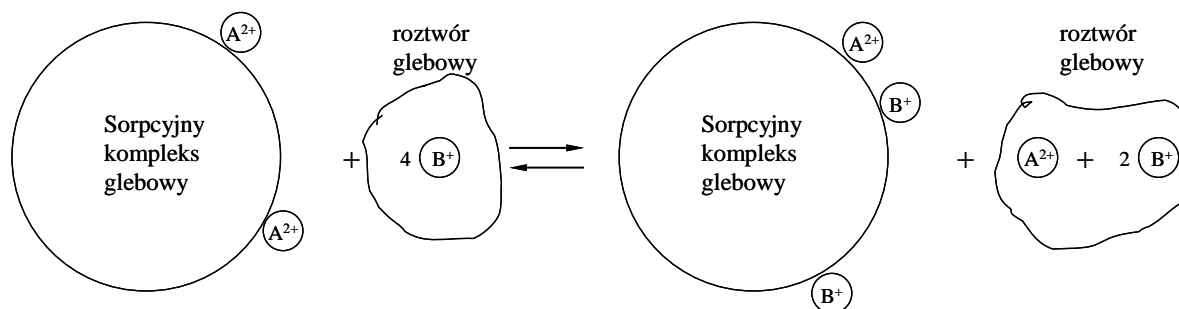
Oprócz koloidów glinowo-krzemianowych innym silnie ujemnym koloidem w glebie jest próchnica. Głównym źródłem ładunków są w niej grupy karboksylowe (-COOH) i fenolowe

(–OH) i hydroksylowe (–OH). Obecność danych grup funkcyjnych powoduje, próchnica zalicza się do koloidów o ładunku zmiennym.

W glebie możemy wyróżnić różne rodzaje sorpcji:

- sorpcja wymienna (fizykochemiczna),
- sorpcja chemiczna,
- sorpcja fizyczna,
- sorpcja mechaniczna.

Sorpcja wymienna ma decydujące znaczenie dla odżywiania roślin. Polega ona na wymianie jonów pomiędzy roztworem glebowym a kompleksem sorpcyjnym gleby. Proces polega na wymianie zasorbowanych na powierzchni koloidów glebowych jonów ( $A^{2+}$ ) na jony z roztworu glebowego ( $B^+$ ) (Rys. 3).



**Rys. 3.** Schemat wymiany jonowej zachodzącej w glebie.

W wyniku reakcji wymiany ustala się stan dynamicznej równowagi między ilością kationów w kompleksie sorpcyjnym a ilością kationów w roztworze glebowym. Do najczęściej spotykanych kationów w glebie należą:  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $H^+$  oraz  $Al^{3+}$ . Kationy wodoru oraz glinu mają charakter kwaśny, pozostałe kationy nadają zasadowy charakter glebom.

Sorpcja wymienna zależna jest od wielu czynników. Najważniejsze to: budowa sorbenta, odczyn gleby, rodzaj kationu i towarzyszącego mu anionu, stężenia kationu, stężenia roztworu oraz temperatura. Przykładowe wielkości pojemności sorpcyjnej wybranych koloidów glebowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Pojemności sorpcyjne wybranych składników gleb w  $cmol(+)/mol$ .

Składnik	Pojemność sorpcyjna
Kaolinit	3 – 15
Illit	20 – 50
Uwodnione tlenki Fe i Al	4
Próchnica	150 – 200

Pod pojęciem pojemności sorpcyjnej (T) należy rozumieć sumaryczną zawartość wszystkich wymiennie sorbowanych jonów łącznie z jonami wodorowymi, jaką jest w stanie zasorbować 100 g gleby.

$$T = S + H$$

gdzie S – suma kationów o charakterze zasadowym, H – jony wodorowe obecne w kompleksie sorpcyjnym.

Wartość T wyraża się w cmol(+)/kg.

$$1 \text{ cmol}(+)/\text{kg gleby} = 1 \text{ mmol}(+)/100 \text{ g gleby} = 1 \text{ me}/100 \text{ g gleby}$$

1 me to sorpcja jednego ładunku kationu (+) czyli 1 miligramorównoważnika (mgR)

Miligramorównoważnik odpowiada ilości substancji, która zastępuje 1 mg wodoru (H+) i przedstawiona jest wzorem:

$$\text{mgR} = \frac{\text{Masa atomowa lub cząsteczkowa}}{\text{wartościowość jonu}}$$

np.

Ca<sup>2+</sup> (Masa atomowa 40) – ładunek jonu jest elektrochemicznie równoważny dwóm jonom H<sup>+</sup>

$$\text{Ca} = \frac{40}{2} = 20 \text{ mg}$$

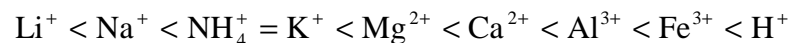
dla CaO

$$\text{CaO} = \frac{40 + 16}{2} = 28 \text{ mg}$$

Zdolność sorpcyjną gleb charakteryzuje się również stopniem nasycenia kompleksu sorpcyjnego jonami o charakterze zasadowym:

$$V = \frac{S}{T} 100\%$$

Wpływ rodzaju kationu na sorpcję wymienną zależy od jego wartościowości, wielkości oraz stopnia uwodnienia. Wraz ze wzrostem wartościowości jonu rośnie siła sorpcyjna zgodnie z szeregiem:



Jest to związane z tym, że proces sorpcji dotyczy jonów uwodnionych. Dla jonów uwodnionych średnica maleje w kierunku od Li<sup>+</sup> do H<sup>+</sup>. jony słabo uwodnione mają mniejszą średnicę i są łatwiej sorbowane niż silnie solwatowane jony jednowartościowe. Wyjątkiem od tej reguły jest wodór (najmniejszy, najlżejszy, najsilniej uwodniony).

W przypadku procesu desorpcji proces jest odwrotny. Jony Li<sup>+</sup> będą szybciej i chętniej wymieniane niż jony Mg<sup>2+</sup>.

## Ćwiczenie

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie właściwości sorpcyjnych gleby metodą Kappena.

- 1) umieścić ok. 20g suchej gleby w pojemniku plastikowym
- 2) dodać 100 cm<sup>3</sup> 0.1M HCl i wytrząsać ręcznie przez okres 1h
- 3) oddzielić osad od przesączu na drodze filtracji
- 4) pobrać ok 25 cm<sup>3</sup> przesączu do kolby miarowej o pojemności 50 cm<sup>3</sup>
- 5) dodać 2-3 krople roztworu fenoloftaleiny i miareczkować pozostały w ekstrakcie kwas roztworem 0.1M NaOH do pojawienia się słabo różowego zabarwienia
- 6) przeprowadzić ślepą próbę (B)(neutralizacja 0.1M HCl roztworem 0.1M NaOH) postępując zgodnie z pkt. 4.

Sumę wymiennych kationów zasadowych obliczyć wg wzoru:

$$S = \frac{(B - a) \cdot c_M \text{NaOH} \cdot 400}{m_g} \text{ [cmol(+)/kg]}$$

gdzie

B – objętość 0.1 M NaOH zużyta do miareczkowania przy ślepej próbie (cm<sup>3</sup>)

a – objętość 0.1 M NaOH zużyta do miareczkowania badanego roztworu (cm<sup>3</sup>)

c<sub>M</sub>NaOH – stężenie użytego NaOH

x – masa gleby wzięta do analizy

W sprawozdaniu obliczyć i podać sumę wymiennych kationów w badanej próbce.

### Literatura:

S. Zawadzki, *Gleboznawstwo: podręcznik dla studentów* - red. S. Zawadzki, PWRiL, W-wa, 1999.