

Anna PATRZAŁEK, Agnieszka JONCA-MAKÓWKA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE PRZYPOWIERZCHNIOWEJ WARSTWY GRUNTU NA OBWAŁOWANIU PRZECIWPOWODZIOWYM ZE SKAŁ KARBOŃSKICH OBUDOWANYM BIOLOGICZNIE

**Streszczenie.** Obwałowanie rzeki Pszczyńki wybudowano z odpadowych skał karbońskich. Przypowierzchniową warstwę gruntu obudowano biologicznie przez przykrycie jej warstwą ziemi i zadarnienie. Po okresie pięciu lat od wykonania tych prac oceniono w wyżej wymienionej warstwie zachodzące zmiany chemiczne. Obudowa biologiczna nie zahamowała przemian zachodzących w gruncie. Grunt ulegał zakwaszeniu, obniżało się przewodnictwo elektrolityczne. Zwiększała się pojemność sorpcyjna gruntu, przy jednoczesnym obniżaniu się wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami.

## THE SORPTIVE PROPERTIES IN THE SURFACE LAYER OF GROUND ON EMBANKMENT OF CARBONIFEROUS ROCK COVERED BIOLOGICALLY

**Summary.** The embankment of the Pszczyńka river made of Carboniferous rock. The surface layer of ground was biologically covering it with a layer of soil and sod formation. After five years estimated changes in the chemical properties in this layer. It was showed that biologically covering didn't stop this changes. The net-acidic of the ground rised and conductivity reduced. The sorptive capacity was increased when contens of alkaline components of sorptive complex.

### 1. Wprowadzenie

Na gruncie z odpadów górniczych tworzących skałę macierzystą proces glebotwórczy inicjuje się poprzez przykrycie warstwą ziemi i wysianie mieszanki traw. W tym procesie kształtowanie się właściwości sorpcyjnych jest jedną z ważniejszych cech gleby inicjalnej. W gleboznawstwie sorpcja rozumiana jest jako całościowy różnorodnych zjawisk

zachodzących w glebie, w wyniku których gleby pochłaniają i zatrzymują drobne zawiesiny, mikroorganizmy, cząsteczki i jony. Kompleks sorpcyjny tworzy silnie rozdrobniona stała faza gleby, która najczęściej złożona jest z koloidów organicznych, mineralnych i mineralno-organicznych, które mają ogromną zewnętrzną, a często też wewnętrzną, powierzchnię. Właściwości kompleksu sorpcyjnego są różne i zależą głównie od stosunku koloidów organicznych do mineralnych, ich struktury odczynu i właściwości [1].

Sorpcja w glebach może się odbywać różnymi sposobami, stąd też wyróżniono [2, 3, 4, 6]:

- sorpcję mechaniczną – zatrzymanie cząstek w porach glebowych,
- sorpcję fizyczną – sorpcja powierzchniowa gazów, par, zawiesin, cząstek przez fazę stałą gleby,
- sorpcję chemiczną – wytrącanie z roztworu glebowego nierozpuszczalnych soli różnych pierwiastków wskutek reakcji chemicznych,
- sorpcję biologiczną – pobieranie składników przez organizmy żywe,
- sorpcję wymienną.

Najważniejszym rodzajem sorpcji w glebie jest sorpcja wymienna (polarna). Polega ona na wymianie jonów między kompleksem sorpcyjnym, a roztworem glebowym, do którego na miejsce jonów zasorbowanych przechodzi równoważna ilość jonów z fazy stałej gleby. Reakcje sorpcji wymiennej są reakcjami odwracalnymi i przebiegają do momentu ustalenia dynamicznej równowagi między kompleksem sorpcyjnym, a roztworem glebowym [1, 4, 6].

Pojemność sorpcyjna gleb w stosunku do anionów, zwłaszcza w glebach lekko kwaśnych jest bardzo mała. Natomiast sorpcja wymienna kationów odgrywa szczególną rolę w procesie nawożenia gleb, zwłaszcza nawozami mineralnymi. Przebieg sorpcji wymiennej wywiera poważny wpływ na kształtowanie się procesów i właściwości gleb. Poznanie rodzaju i ilości kationów występujących w glebie pozwala zorientować się we właściwościach fizycznych i chemicznych gleb [1]. Ponadto pojemność kompleksu sorpcyjnego i rodzaj kationów zaadsorbowanych w tym kompleksie mają wpływ na buforowość gleb (zdolności regulujące) [6, 7]. Im wyższa zdolność sorpcyjna, tym wyższa zdolność buforowania gleb, przy czym gleby posiadające niski stopień wysycenia zasadami będą oznaczać się małymi zdolnościami buforowymi względem jonów  $H^+$  [2].

Pojemność sorpcyjna gleb zależy przede wszystkim od ilości i jakości koloidów glebowych [1], a zatem od uziarnienia gleby, składu mineralnego, zawartości substancji organicznej i jej jakości oraz od intensywności procesów fizycznych, chemicznych,

biologicznych zachodzących w glebie [6, 7]. Wartość pojemności sorpcyjnej gleb jest w pewnym przybliżeniu wartością stałą, natomiast wzajemny stosunek  $S$  (suma kationów zasadowych) do  $H_h$  (całkowita kwasowość hydrolityczna) jest dynamiczny, szczególnie silnie zmieniają się wartości  $S$  i  $H_h$  pod wpływem zabiegów agrotechnicznych [1].

W glebach inicjalnych powstających na odpadowej skale karbońskiej właściwości sorpcyjne będą kształtowane przez skład mineralogiczny skał i gromadzącą się masę organiczną. W przypadku stosowania warstwy ziemistej, przykrywającej grunt, wpływ będzie miał na to także rodzaj użytego materiału.

Każdy z jonów zasadowych takich jak  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  i  $K^+$  kształtuje inne właściwości gleby. Duża ilość sodu powoduje rozmywanie, a zatem małą odporność na erozję. Jony wapnia wpływają dodatnio na strukturę gleby [6, 7]. W glebach naturalnych nie wszystkie kationy są jednakowo sorbowane przez kompleks sorpcyjny. Sorpcja kationów odbywa się zgodnie z wartościowością i ciężarem atomowym, według następującego szeregu:  $Na^+ < K^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < H^+$  [2, 4, 6]. W glebach inicjalnych z odpadowych skał karbońskich sorpcja kationów może przebiegać z innym natężeniem.

Stopień wysycenia kompleksu zasadami wyraża procentowy udział kationów zasadowych w stosunku do pojemności sorpcyjnej. Zależy on od kierunków przebiegu procesu glebotwórczego, w tym głównie od stopnia zakwaszenia gleby oraz wielkości pojemności sorpcyjnej [2]. Gleby zawierające w swym kompleksie sorpcyjnym 80–100 % kationów alkalicznych przyjęto nazywać sorpcyjnie nasyconymi. Pojemność kompleksu sorpcyjnego i stopień wysycenia go zasadami świadczą o żyzności gleby – im wyższa pojemność i wysycenie zasadami, tym lepsze zaopatrzenie gleby w składniki pokarmowe [6].

Celem badań było określenie zmian zachodzących w kompleksie sorpcyjnym gleby inicjalnej, wytworzonej na obwałowaniu ze skał karbońskich obudowanym biologicznie.

## 2. Obszar badań

Do budowy obwałowań rzeki Pszczyнки użyto skał odpadowych z KWK Czeczott i KWK Piast. Odpady pogórnice przed ich użyciem były leżakowane przez okres od 14 do 30 dni, w tym czasie były intensywnie nawilżane. Budowa wałów polegała na warstwowym (do 50 cm grubości) układaniu przemytych już odpadów i zagęszczaniu ich poprzez kilkakrotne przejazdy walca okółkowanego, wibracyjnego [5]. Taki sposób zagęszczenia powodował luźniejsze ułożenie odpadów na skarpach wału.

Po rocznym okresie od uformowania wały przykryto około 10–15 cm warstwą ziemi mineralnej. Ziemię pozyskiwano z wykopów sąsiadujących z wałami. Utworzoną okrywę ziemistą zadarniono [5].

### 3. Zakres i metody badań

Badaniami objęto przypowierzchniową 0–40 cm warstwę obwałowania na obszarze około 4,5 ha. Uśrednione próbki gruntu pobierano w 8 punktach z każdej części obwałowania. Opróbowanie miejsc przykrytych roślinnością wykonano po usunięciu warstwy ziemistej razem z darnią (10–15 cm).

W próbkach oznaczono:

- $\text{pH}_{H_2O}$  i  $\text{pH}_{KCl}$  za pomocą pehametru,
- przewodnictwo elektrolityczne,
- kwasowość hydrolityczną metodą Kappena,
- sumę zasad wymiennych w 1 N roztworze octanu amonu,
- kompleks sorpcyjny ze wzoru:

$$T = S + H_h$$

gdzie :

$T$  – kompleks sorpcyjny,

$S$  – suma jonów zasadowych,

$H_h$  – kwasowość hydrolityczna,

- wysycenie:

$$V_s = S * 100 / T [\%]$$

$$V_h = H_h * 100 / T [\%]$$

gdzie :

$T$  – kompleks sorpcyjny,

$S$  – suma jonów zasadowych,

$H_h$  – kwasowość hydrolityczna,

$V_s$  – wysycenie kompleksu sorpcyjnego jonami zasadowymi,

$V_h$  – wysycenie kompleksu sorpcyjnego jonami wodoru [7].

## 5. Omówienie wyników badań

Tablica 1

Kształtowanie się pH i przewodnictwa elektrolitycznego w warstwie przypowierzchniowej 0–40 cm obwałowania przeciwpowodziowego zbudowanego ze skał karbońskich w różnych okresach eksploatacji wału

Obiekt	Nr	Okres eksploatacji	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	μScm <sup>-1</sup>
Skarpa odwodna	0	po uformowaniu wału	7,17	8,51	142,00
	1	po 5 miesiącach od uformowania	7,01	7,49	335,50
	2	po roku, bez roślinności	6,78	7,19	69,00
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	5,20	6,70	233,00
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	6,70	6,80	177,07
Korona wału	0	po uformowaniu wału	7,26	8,52	255,00
	1	po 5 miesiącach od uformowania	7,16	7,19	1041,00
	2	po roku, bez roślinności	6,50	6,48	773,00
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	5,10	5,20	108,77
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	5,30	6,60	108,40
Skarpa odpowietrzna	0	po uformowaniu wału	7,08	8,25	204,00
	1	po 5 miesiącach od uformowania	7,03	7,31	533,00
	2	po roku, bez roślinności	6,56	7,19	110,00
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	5,60	5,70	164,60
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	6,60	6,70	153,22

Grunt obwałowania po uformowaniu charakteryzował się odczynem obojętnym do lekko zasadowego. Przewodnictwo części ziemistych kształtowało się w zakresie wartości niskich (142–255 μScm<sup>-1</sup>). Stan ten ulegał zmianie na skutek przebiegających procesów wietrzenia i uwalniania się soli. W ciągu roku odczyn obniżył się nieznacznie, przy czym kwasowość potencjalna osiągnęła wartość pH<sub>KCl</sub> 6,5. Taki stan utrzymywał się przez następnych pięć lat, na powierzchniach słabo pokrytych roślinnością. Na powierzchniach dobrze pokrytych (90 % pokrycia) odczyn gruntu obniżył się osiągając pH<sub>KCl</sub> 5,5. Na taki stan z jednej strony wpływ miało dobre zbuforowanie odpadów [8], z drugiej strony należy przypuszczać, że warstwa ziemista przykrywająca grunt z darnią wpływała na większe zmiany tych wartości.

Proces wietrzenia gruntu na obwałowaniu intensyfikował się po około rocznym oddziaływaniu czynników atmosferycznych i przebiegał nierównomiernie na całej jego powierzchni. Powstająca tekstura gruntu i związana z tym porowatość i podsiak wody niewątpliwie miały wpływ na kształtowanie się przewodnictwa elektrolitycznego gruntu. Na

całej powierzchni obwałowania największe wartości przewodnictwa stwierdzono po 5 miesiącach od uformowania wału ( $335\text{--}1041\mu\text{Scm}^{-1}$ ). Po okresie roku wartości te obniżyły się w największym stopniu, bo o około 80 % na skarpach. Wyższe zasolenie utrzymało się na koronie, co niewątpliwie było związane z podsiąkiem kapilarnym wody i związanym z tym przemieszczaniem się soli. Utrzymująca się przez okres 5-letni w dobrym stanie obudowa biologiczna, szczególnie na skarpach, nie wpłynęła w zasadniczy sposób na zmianę tych parametrów. Obniżeniu uległo przewodnictwo jedynie na koronie. Należy to wiązać z gorszym stanem roślinności, wynikającym z użytkowania tej części obwałowania jako drogi. W tym okresie warstwa ziemista utrzymywała się jeszcze na całej powierzchni. Nie obserwowano uszkodzeń erozyjnych, pomimo wielu miejsc ze słabszym pokryciem roślinnością.

Tablica 2

Wartości kształtujące kompleks sorpcyjny w warstwie przypowierzchniowej 0 – 40 cm obwałowania przeciwpowodziowego zbudowanego ze skał karbońskich w różnych okresach eksploatacji wału

Obiekt	Nr	Okres eksploatacji	$H_h$	$S^*$	$T^*$	$V_s^*$	$V_h^*$
Skarpa odwodna	1	po 5 miesiącach od uformowania	0,61	6,7	7,31	91,74	8,26
	2	po roku, bez roślinności	0,53	3,94	4,74	88,14	11,86
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	6,75	12,98	19,73	65,79	34,21
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	4,5	7,9	12,4	63,71	36,29
Korona wału	1	po 5 miesiącach od uformowania	0,45	11,85	12,3	96,34	3,66
	2	po roku, bez roślinności	0,68	8,1	8,78	92,26	7,74
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	10,5	8,67	19,17	45,23	54,77
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	10,5	8,67	19,17	45,23	54,77
Skarpa odpowietrzna	1	po 5 miesiącach od uformowania	0,53	8,25	8,78	93,96	6,04
	2	po roku, bez roślinności	0,75	5,39	6,14	87,79	12,21
	3	po 5 latach – 90 % pokrycia	7,5	10,38	17,88	58,05	41,95
	4	po 5 latach – 55 % pokrycia	3,75	6,12	9,87	62	38

\*  $S$  - suma jonów zasadowych [mmol/100 g s.m.]

\*  $T$  - pojemność sorpcyjna [mmol/100 g s.m.]

\*  $V_s$  - udział kationów zasadowych [%]

\*  $V_h$  - udział wodoru [%]

Proces wietrzenia gruntu na obwałowaniu intensyfikował się po około rocznym oddziaływaniu czynników atmosferycznych i przebiegał nierównomiernie na całej jego powierzchni. Powstająca tekstura gruntu i związana z tym porowatość i podsiąk wody niewątpliwie miały wpływ na kształtowanie się przewodnictwa elektrolitycznego gruntu. Na całej powierzchni obwałowania największe wartości przewodnictwa stwierdzono po 5-ciu miesiącach od uformowania wału ( $335\text{--}1041 \mu\text{Scm}^{-1}$ ). Po okresie roku wartości te obniżyły się w największym stopniu, bo o około 80 % na skarpach. Wyższe zasolenie utrzymało się na koronie, co niewątpliwie było związane z podsiąkiem kapilarnym wody i związanym z tym przemieszczaniem się soli. Utrzymująca się przez okres 5 letni w dobrym stanie obudowa biologiczna, szczególnie na skarpach, nie wpłynęła w zasadniczy sposób na zmianę tych parametrów. Obniżeniu uległo przewodnictwo jedynie na koronie. Należy to wiązać z gorszym stanem roślinności, wynikającym z użytkowania tej części obwałowania jako drogi. W tym okresie warstwa ziemista utrzymywała się jeszcze na całej powierzchni. Nie obserwowano uszkodzeń erozyjnych, pomimo wielu miejsc ze słabszym pokryciem roślinnością.

Przemiany zachodzące w przypowierzchniowej warstwie obwałowania znalazły także swoje odbicie w sumie jonów zasadowych oznaczonych w tym materiale. Na skarpach po ich uformowaniu przez okres pierwszego roku wielkości te układały się w zakresie wartości niskich i średnich od  $3,94\text{--}8,25 \text{ mmol}/100 \text{ g s.m.}$  gruntu. Duży rozrzut wartości może wynikać z nierównomiernego stopnia zagęszczenia odpadów, zmian uziarnienia i różnej intensywności procesu przemiywania. Wyższe wartości na koronie wiązać należy z lepszym zagęszczeniem materiału, większym podsiąkiem i przemieszczaniem się soli. Obudowa biologiczna nie ograniczyła procesu zachodzących przemian w warstwie przypowierzchniowej gruntu. Największe zmiany zaszły na stronie odwodnej, najmniejsze na koronie (tablica 2).

W warstwie przypowierzchniowej obwałowania, po roku od uformowania wału wielkość kompleksu sorpcyjnego kształtowała się w zakresie wartości od  $4,74 \text{ mmol}/100 \text{ g s.m.}$ , na odwodnej –  $8,78 \text{ mmol}/\text{g s.m.}$ , na koronie. Wzrost wartości nastąpił na wszystkich częściach obwałowania obudowanych biologicznie w zakresie  $17,88\text{--}19,73 \text{ mmol}/100 \text{ g s.m.}$  gruntu. Jest to wynik zakwaszania się gruntu i wzrostu kwasowości hydrolitycznej, jak również wzrostu sumy zasad wymiennych, w tym głównie jonu sodu, co należy wiązać z przemieszczaniem się soli do warstwy przypowierzchniowej. Zwarta okrywa roślinna i dobre pokrycie gruntu materiałem ziemistym z darnią zwiększyło pojemność sorpcyjną warstwy gruntu niżej położonej. Można przypuszczać, że jest to wynik wzrostu ilości części koloidalnych,

przemieszczających się z warstwy darniowej do warstw niższych, jak również procesu wietrzenia skał.

Wysycenie kompleksu sorpcyjnego jonami zasadowymi wzrasta wraz ze wzrostem sumy jonów zasadowych i pojemności sorpcyjnej. Na całym obwałowaniu obudowanym biologicznie, niezależnie od jakości obudowy, wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami obniżyło się o około 40 %. Jest to wynik postępującego zakwaszania się tej warstwy gruntu.

#### 4. Wnioski

1. Pięcioletnia obudowa biologiczna obwałowania, wykonana przez nałożenie na grunt warstwy ubogiej ziemi i jej zadarnienie, nie hamuje zachodzących przemian chemicznych gruntu w warstwie przypowierzchniowej do 40 cm
2. Pod pięcioletnią obudową biologiczną obwałowania ze skał karbońskich w przypowierzchniowej warstwie postępuje proces zakwaszania oraz obniża się przewodnictwo elektrolityczne gruntu.
3. Na obwałowaniu ze skał karbońskich obudowanym biologicznie, wraz ze wzrostem pojemności sorpcyjnej przypowierzchniowej warstwy gruntu, obniża się wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami, jako wynik procesu zakwaszania.

#### LITERATURA

1. Białousz S., Skłodowski P.: Ćwiczenia z gleboznawstwa i ochrony gruntów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
2. Drozd J., Licznar M., Licznar S. E., Weber J.: Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii, Wrocław 1997.
3. Greinert A.: Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i ochrony gleb. Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 1998.
4. Greinert H.: Ochrona gleb. Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 1998.
5. Hoffman M., Zalewski T.: Uwagi o stosowaniu skały płonnej z KWK „Czczcott” do budowy wałów przeciwpowodziowych rzeki Pszczynki na OG „Wola” wykonanych przez Przedsiębiorstwo Budownictwa Hydrotechnicznego „Hydrogór”.
6. Kowalik S.: Zagadnienia z gleboznawstwa. Uczelniane Wydawnictwo Naukowe – Dydaktyczne, Kraków 2004.
7. Ostrowska A. i in.: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog, Wydawnictwo Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1991.



8. Twardowska I. i in.: Ekspertyza w zakresie gospodarczego wykorzystania kamienia dołowego do robót hydrotechnicznych, inżynieryjnych, niwelacyjnych i rekultywacyjnych zgodnie z obowiązującymi przepisami. Zabrze 2003, udostępniona przez KWK Piast.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Krystyna Kruszewska