

KAZIMIERZ PASTERNAK

## Gleby stawowe wytworzone z glin ciężkich i ilów

### Pond soils arising from heavy loam and clay formations

Wpłynęło 25 maja 1965 r.

Jak już podkreślono w poprzedniej pracy (Pasternak 1965), gleby stawowe tworzą się w odmiennych niż gleby lądowe warunkach środowiskowych i pod wpływem innego układu oraz dominacji czynników glebotwórczych. Inna i bardziej złożona jest także rola gleb stawowych w produkcji biomasy. Z wielu czynników glebotwórczych główną rolę w tworzeniu i ewolucji gleby stawowej odgrywa jakość wody, gatunek skały macierzystej oraz rodzaj roślinności stawu. Sama gleba stawu nie jest bowiem utworem biernym, lecz wywiera ona znaczny wpływ na układ warunków, w których się kształtuje. Za glebę stawową należy, wydaje się, uważać tę warstwę dna stawu, która pozostaje w fizyko-chemicznej i biologicznej współzależności z wodą stawową oraz przemianą materii w stawie i na terenie jego zlewni. Miąższość tej warstwy zależy głównie od gatunku macierzystej skały.

Celem niniejszej pracy jest określenie kształtowania się morfologicznych i chemicznych cech gleb stawów wytworzonych z glin ciężkich i ilów, zalewanych różnymi wodami. Badaniem objęto stawy położone w dorzeczu Górnej Wisły.

#### Metodyka

Do szczegółowych oznaczeń analitycznych wytypowano na podstawie badań terenowych, w siedmiu obiektach stawowych, po jednym najbardziej reprezentatywnym stawie. Brano przy tym również pod uwagę kategorię i wiek stawu oraz stan jego kultury i nawożenia. Po przeprowadzeniu wstępnych badań analitycznych okazało się, że występujące w obrębie misy badanych stawów zróżnicowanie w mineralno-organicznych składnikach gleby jest podobne jak w stawach o glebach pyłowych (Pasternak 1965). W związku z tym w niniejszej pracy przedstawione zostaną tylko analizy gleb profili wykopanych w środku stawu ze średniej głębokości. Próbkę gleby pobrano z morfologicznie różnych po-

ziomów profilu, suszono je na powietrzu i przesiano przez sito o oczkach 1 mm<sup>2</sup>.

W glebach oznaczono: skład mechaniczny metodą Casagrande-Prószyńskiego, zawartość minerałów ilastych metodą termiczną różnicową oraz termoanalizy Tokarskiego, ilość substancji organicznej termicznie według Tokarskiego, zawartość węgla organicznego metodą Altena-Lichtenfelde, azot ogólny metodą Kjeldahla, odczyn gleby w wodzie elektrometrycznie, kwasowość hydrolytyczną i sumę kationów o charakterze zasadowym według Kappena, kationy wymienne w wyciągu 0.1 n HCl — kompleksometrycznie Ca i Mg, a K i Na fotometrem płomieniowym; łatwo rozpuszczalny fosfor według metody Wondrausch. Wyciągi 20% HCl przygotowano metodą Tokarskiego. Potas i sód w wyciągu 20% HCl określono fotometrem płomieniowym. Resztę składników oznaczono wagowo lub kolorymetrycznie zgodnie z zasadami analizy krzemianów. Do analizy termoróżnicowej wyodrębniono z gleb < 2 μ frakcję, spalono w niej substancję organiczną za pomocą 6% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a potem odpowiednio suszono ją na powietrzu.

Dla ogólnego zorientowania w jakości wody, jaką zalewane były stawy, z których pobrano glebę, podano tylko jednorazowe wyniki analiz wody donośników. Jedyne w wypadku stawu zaopatrywanego w wodę bogatą w wapń (Książ Wielki) zamieszczono wyniki analiz wody donośnika i stawu. Jak można bowiem sądzić z wyników mojej poprzedniej pracy tego typu, do ogólnego określenia fizykochemicznego wpływu wody na ewolucję gleby dna stawu jest to wystarczające. Analizę wody donośnika gospodarstwa Landek wykonał St. Wróbel. Fizykochemiczne właściwości wody zostały oznaczone wg metodyki podanej przez Justa i Hermanowicza (1955) oraz Standard Methods (1955).

### Wyniki badań terenowych

Gleboznawcze badania terenowe przeprowadzono w latach 1960—63. Analizowane profile gleby 5 i 8 zostały odkopane w gospodarstwie Ocha-by, pierwszy w kompleksie Baranowice ze stawu Odymczok (odrostowy), drugi w kompleksie Ochabce ze stawu Malok (odrostowy). Stawy obydwu kompleksów otrzymują wodę z wiślanej lewobrzeżnej młynówki kiczyc-kiej. Staw Odymczok jest stawem wypłyconym, zarośniętym roślinnością wynurzoną i nie nawożonym nawozami fosforowymi i azotowymi. Staw Malok znajduje się w dobrej kulturze rybackiej. Przez kilka lat stosowano w nim nawożenie fosforowe, a w ostatnim roku przed pobraniem prób gleby, nawożenie fosforowo-azotowe. Obydwa stawy były stosunkowo słabo wapnowane.

Odkrywka 10 została wykopana w stawie Góral (II przesadka) w gospodarstwie Monowice. Staw ten posiada także dobrą kulturę rybacką

i był słabo wapnowany. Jest on zaopatrywany wodą rzeki Soły, doprowadzaną kilkunastokilometrową młynówką czaniecką.

Odkrywka 23 pochodzi z gospodarstwa Landek ze stawu Starości (II przesadka — zimochów). Przed pobraniem próbek przez kilka lat staw ten był nawożony fosforem i nie był wapnowany. W przeszłości był uprawiany rolniczo. Otrzymuje wodę z potoku Iłownica.

Próbki profilu 25 zostały pobrane w gospodarstwie Spytkowice ze stawu Bagiennik (odrostowy) o znacznym wypłyceciu i stopniu zarośnięcia różną roślinnością. Wodę gospodarstwo to otrzymuje kilkunastokilometrową młynówką z rzeki Skawy.

Odkrywkę 26 wykopano w stawie Krzemieńczyk (odrostowy) w gospodarstwie Adolfin. Jest to staw płytki, słabo zarośnięty przez roślinność wynurzoną. Nawożenie jego ograniczało się tylko do średniego wapnowania. Gospodarstwo to zaopatrywane jest w wodę z młynówki czanieckiej.

Pierwotną glebę dna wszystkich wyżej wymienionych stawów, z których pobrano próbki profili, a także terenów ich bezpośredniej zlewni, są przeważnie kwaśne gleby brunatne, wytworzone z aluwialnych glin ciężkich i łąk starych tarasów akumulacyjnych różnych rzek.

Próbki profilu 2 zostały pobrane ze stawu Kaczy (II przesadka — zimochów) w gospodarstwie Książ Wielki. Staw ten cechuje bardzo dobra kultura rybacka. Był on w przeszłości nawożony jedynie fosforem. Po zalewie rozwija się w nim obficie roślinność podwodna z grupy ramienic (*Chara* sp.). Macierzystą skałą jego dna jest węglanowa staroaluwialna glina ciężka. Wodę otrzymuje gospodarstwo z górnego odcinka rzeki Nidzicy. Glebami terenów zlewni są w przewadze brunatne gleby wytworzone z lessów oraz rędziny.

Badania wykazały, że w stawach założonych na glinach ciężkich i łąkach, zalewanych wodą mało zasobną w wapń, w wyniku współdziałania całego zespołu czynników glebotwórczych, powstałe procesy glebotwórcze prowadzą z czasem do wytworzenia się w profilu gleby stawu zwykle trzech warstw. Na powierzchni gleby macierzystej, już od momentu zalania stawu tworzy się sukcesywnie wzrastająca warstwa akumulacyjno-próchniczna (warstwa mułu). Powstaje ona z organicznych i mineralnych osadów wytworzonych w stawie lub przyniesionych z wodą z zewnątrz, wymieszanych częściowo przez żerujące na dnie ryby i mięczaki z glebą macierzystą. Tworzenie się osadów w stawach omówiono w poprzedniej pracy autora (Pasternak 1965). Pod warstwą próchniczną, na skutek przenikania do głębszych warstw gleby wody i związków organicznych, wykształca się powoli poziom gleby o cechach przejściowych pomiędzy nią a zalegającą niżej warstwą gleby macierzystej. Najogólniej profil takiej gleby można przedstawić następująco:

A<sub>1</sub>G — poziom próchniczno-glejowy o barwie ciemno-szarej z licznymi drobnymi żelazistymi plamkami, największej wilgotności, bez gruzeł-

kowatej struktury, o najczęstszej średniej miąższości 5—10 cm. Przejście do dolnej warstwy łagodne.

A<sub>1</sub>G/C — poziom przejściowy powstały głównie z gleby macierzystej, przeważnie o zabarwieniu szarym, na tle którego mozaikowo występują duże powierzchnie popielato-szarych plam, drobne rdzawo-brunatne żelaziste wytrącenia i ciemniejsze zacieki próchniczne. Ma on również dużą wilgotność, większą zwięzłość i w niektórych wypadkach zaczątki drobno-pryzmatycznej struktury.

C — poziom suchszej, bardziej zbitej i zwięzłej gleby macierzystej o barwie brunatno-żółtej w popielato-szare i rdzawo-brunatne żelaziste plamy i zacieki. Plamy te koncentrują się zwykle wokół spękań i otworów w glebie. W dolnej części tej warstwy w zasięgu wody glebowo-gruntowej może powstać poziom oddolnego oglejenia. Ziarna minerałów pierwotnych wszystkich trzech poziomów zawierają otoczki wodorotlenków żelaza.

W starszych stawach o skrajnych warunkach środowiskowych, kiedy w całej masie gleby warstwy przejściowej wytworzy się z czasem idealna wodoodporna drobnopryzmatyczna struktura, wykształcają się gleby o innych cechach morfologicznych (prof. 25, 26), które w skrócie można opisać jak następuje:

A<sub>1</sub>G — poziom próchniczno-glejowy o zabarwieniu ciemno-szarym z drobnymi wytrąceniami trójwartościowego żelaza.

A<sub>2</sub>G — poziom eluwalno-glejowy o barwie szaro-popielatej, o dobrze wykształconej strukturze drobnopryzmatycznej i z drobnymi żelazistymi wytrąceniami.

B — poziom iluwalny, barwy brunatnej z licznymi różnoziarnistymi żelazistymi kongrecjami.

C — poziom mało zmienionej skały macierzystej.

Powstanie wodoodpornej pryzmatycznej struktury w niektórych glebach bogatych w koloidy organiczne i ilaste należy przypuszczalnie łączyć z nagłymi zmianami wilgotności gleby oraz jej przemarzania w okresie osuszania stawów (nagła koncentracja roztworów, koagulacja koloidów, zwłaszcza hydrofobowych). Na to zjawisko niemały wpływ ma także obecność w profilu gleby macierzystej warstwy gleby o odmiennym składzie mechanicznym i stąd różnej przesiąkliwości (prof. 26 — niecałkowity).

W stawach intensywnie nawożonych, na skutek większego rozwoju fitoplanktonu i innych glonów na powierzchni dna, powstaje zwykle warstewka bardziej bogata w dobrze rozłożoną materię organiczną (typu mull), która da się wyróżnić w profilu jako poziom A<sub>0</sub>. Taki poziom można także wyróżnić w glebie stawów znacznie zarośniętych roślinnością naczyniową. Jego substancja organiczna składa się jednak wtedy w znacznej części z mało zhumifikowanych resztek roślinnych (typ moder). W uprawianych rolniczo stawach, o typowej dla tych gleb morfologii profilu, na skutek orki powiększa się bardzo znacznie miąższość poziomu

próchnicznego kosztem likwidacji poziomu przejściowego. Profil takiej gleby stawowej składa się wtedy tylko z dwóch warstw (prof. 23).

Dwa poziomy genetyczne mają także ciężkie gleby gliniaste stawów zaopatrywanych wodą o wysokiej zawartości wapnia (prof. 2). Profil takiej gleby scharakteryzować można następująco:

A<sub>1</sub>G — poziom próchniczno-glejowy barwy szarej, w ciemne próchniczne poziome smugi, szaro-popielate plamy i brunatne cętki, bardzo zasobny w węglany (tabela III).

C — poziom gleby macierzystej, barwy szaro-brunatnej z małymi rdzawymi plamkami, u góry próchnicznymi zaciekami, ze znacznie mniejszą ilością węglanów. Przy wysokiej wodzie gruntowo-glebowej u dołu tej warstwy tworzą się poziomy glejowe.

Na powierzchni tego rodzaju gleb często można wyróżnić także jeszcze warstewkę osadów (A<sub>0</sub>), składających się w znacznej części z CaCO<sub>3</sub> pochodzącego z wytrącenia się go z wody (na skutek zużycia CO<sub>2</sub> przez asymilujące rośliny podwodne) oraz z rozkładu inkrustowanych wapniem łodyg ramienic, rozwijających się zwykle masowo w środowisku wodnym bogatym w wapń.

Cechy morfologiczne będące przejawem procesów zachodzących w glebie wskazują, że jakkolwiek we wszystkich powierzchniowych warstwach badanych gleb nasilenie procesu glejowego w warunkach podwodnych jest duże, to jednak jego glebotwórczy skutek może być bardzo różny. Zależy on bowiem od wielu cech chemicznych i fizycznych środowiska, w jakim przebiega. Szczegółowszy obraz przebiegu i skutków glebotwórczych procesów zachodzących w tych glebach można będzie otrzymać po przeprowadzeniu odpowiednich analiz samej gleby, jak również wody stawu, która w tych procesach odgrywa pierwszorzędą rolę.

### Wyniki oznaczeń laboratoryjnych

Skład chemiczny wody donośników do stawów gospodarstw, w których odkopano profile gleb, przedstawiony jest w tabeli I. Z liczb w tej tabeli zawartych wynika, że wody używane do zalewu stawów gospodarstw Ochaby, Monowice, Spytkowice, Adolfin zaliczają się do wód czystych dobrze natlenionych o bardzo niskiej lub niskiej twardości ogólnej i alkaliczności, ubogich w magnez, żelazo, amoniak, azotyny, fosforany, substancję organiczną, a średnio zasobnych w azotany, potas i sód. Wodę gospodarstwa Landek można już zakwalifikować do wód o średniej twardości ogólnej i alkaliczności oraz znacznej ilości żelaza. Pozostałe fizykochemiczne właściwości tej wody nie wykazują istotnych różnic w stosunku do wód poprzednich. Wodę donośnika gospodarstwa Książ Wielki cechuje duża twardość ogólna i alkaliczność, stały brak wolnego CO<sub>2</sub>, średnio alkaliczny odczyn, wysoka zawartość azotanów oraz duża ilość mineralnych zawiesin. Inne właściwości tej wody są do wszystkich

omawianych wód podobne. W porównaniu z wodą donośnika woda stawów tego gospodarstwa posiada z reguły niższą zawartość wapnia i podobną lub często większą ilość magnezu (tabela I). Ma ona także (według analiz wykonywanych w ciągu całego okresu wegetacyjnego) więcej potasu i sodu.

Tabela I  
Table I

Fizyko-chemiczne własności wody donośników (D) i stawu (S)  
Physical and chemical properties of supplier (D) and pond (S) water

Gospodarstwo Farm		Ochawy	Monowice	Leńdek	Spytornice	Adolfin	Książ Mielni	
		D	D	D	D	D	D	S
		29.IV.64	21.V.63	25.IV.63	8.V.64	21.V.63	19.V.1961	
pH		7.4	7.0	8.2	7.9	6.8	8.2	8.6
Twardość ogólna Hardness in German degrees		3.7	5.6	6.4	5.4	5.1	15.7	6.1
Wapń Calcium	Ca mg/l	22.2	32.2	39.0	30.4	29.3	99.3	29.2
Magnez Magnesium	Mg mg/l	2.6	4.8	4.1	4.99	4.34	7.5	8.7
Żelazo Iron	Fe mg/l	ślad trace	0.26	0.8	0.04	0.24	0.30	0.25
Potas Potassium	K mg/l	1.89	4.22	1.7	1.83	3.82	2.56	3.19
Sód Sodium	Na mg/l	6.08	8.50	-	6.08	7.80	4.00	5.20
Alkaliczność Alkalinity	mval m.e.	0.75	1.15	1.84	1.70	1.05	4.84	1.70
Amoniak Ammonia	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0.02	0.07	0.03	0.02	0.06	0.02	0.06
Azotyny Nitrites	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0.005	0.030	0.006	0.005	0.028	0.014	0.0
Azotany Nitrates	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0.25	1.00	0.30	0.16	1.50	3.50	0.03
Fosforany Phosphates	PO <sub>4</sub> mg/l	0.0	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02	ślad trace
Chlorki Chlorides	Cl mg/l	8.0	12.2	-	5.8	11.8	-	-
Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub> dissolved	mg/l	11.5	8.64	11.0	11.9	8.96	10.5	11.2
Nasylenie tlenem Oxygen saturation	w in %	108.0	79.7	109	111	79.9	95	108
CO <sub>2</sub> wolny free	mg/l	2.5	5.5	0.8	1.0	6.5	0.0	0.0
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> - cons.	O <sub>2</sub> mg/l	4.0	9.6	4.5	4.2	9.48	4.06	7.50
Barwa Colour	Pt mg/l	15	50	15	15	45	15	18
Mętność Turbidity	810 <sub>2</sub> mg/l	35	55	113	18	55.5	31.0	11.0

Skład mechaniczny gleb podany w tabeli II wskazuje, że spośród badanych profili tylko prof. 5 zaliczyć można (według PTG) do gleb utworzonych z ilów, pozostałe profile stanowią gleby powstałe z glin ciężkich (prof. 10, 25 i 26) lub glin ciężkich pylastych (prof. 2, 8, 23). Rozpatrując skład mechaniczny poszczególnych poziomów dochodzimy do wniosku, że we wszystkich profilach wyraźnie odmienny skład ma z reguły tylko poziom próchniczny. Zawiera on zwykle w porównaniu z głębszymi poziomami mniej części spławialnych (< 0,02 mm) jak rów-

niez w tym i koloidalnych ( $< 0,002$ ), a więcej części pyłowych (0,1—0,02). W związku z tym wykazuje on mniejszą zwięzłość, a większą przesiąkliwość. Przyczyną tego jest zachodzący w tym poziomie proces akumulacji

Tabela II  
TableSkład mechaniczny gleb dna stawów w %  
Mechanical composition of pond bottom soils in %

Nr profilu No of profile	Poziom Horizon	Głębokość w cm Depth in cm	Średnica cząstek gleby w mm Particle diameter in mm						Suma Total
			1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002	
5	A <sub>1</sub> G	0-6	12	2	19	21	20	26	67
	A <sub>1</sub> G/C	6-33	10	1	4	20	22	43	85
	C	33-48	8	1	3	23	21	44	88
	C	48-91	7	1	4	28	21	39	88
8	A <sub>1</sub> G	0-7	14	6	24	23	14	19	56
	A <sub>1</sub> G/C	7-18	16	8	19	20	13	24	57
	C	18-33	14	5	14	25	14	28	67
	C	33-55	12	7	19	26	13	23	62
10	A <sub>1</sub> G	0-6	18	4	10	20	19	29	68
	A <sub>1</sub> G/C	6-26	17	3	10	20	20	30	70
	C	26-86	15	4	10	21	19	31	71
23	A <sub>1</sub> G	0-18	9	8	22	23	15	23	61
	C	18-70	32	7	13	19	11	18	48
	C	70-100	15	12	22	23	9	19	51
25	A <sub>1</sub> G	0-7	11	4	25	18	18	24	60
	A <sub>2</sub> G	7-27	11	3	13	19	20	34	73
	B	27-47	12	3	10	20	21	34	75
	C	47-100	11	4	14	21	17	33	71
26	A <sub>1</sub> G	0-8	13	9	26	20	13	19	52
	A <sub>2</sub> G	8-24	14	5	15	19	14	33	66
	B	24-45	21	6	8	11	14	40	65
	C	45-105	14	17	31	15	5	18	38
2	A <sub>1</sub> G	0-10	6	9	26	28	13	18	59
	A <sub>1</sub> G	10-33	7	5	27	32	12	17	61
	C	33-58	7	5	27	35	12	14	61
	C	58-88	7	14	59	12	2	6	20

mniej zwięzłych osadów wytworzonych w stawie. Podobnie do gleb pyłowych nieco większą zawartość części koloidalnych mają poziomy próchniczne gleb gliniastych w głębszych częściach stawu. Pozostałe poziomy w profilu, wyłączając różne gatunkowo najgłębsze warstwy gleby macierzystej w prof. 2 i 26, mają ogólnie biorąc skład mechaniczny do siebie podobny. Niewielkie różnice w procentowej zawartości poszczególnych frakcji w tychże poziomach nie wykazują jakiegś wyraźnej prawidłowości i wydaje się, z małymi wyjątkami, nie należy wiązać ich z procesami glebotwórczymi zachodzącymi w profilu, lecz raczej ze zróżnicowaniami w składzie mechanicznym zaistniałymi jeszcze w skale macierzystej. Gleby o profilu bielcowo-glejowym mają często w poziomie iluwialnym więcej frakcji piasku. Jest to najprawdopodobniej rezultatem obecności

w glebie tego poziomu drobnych kongrecji żelazistych. Z braku w tych glebach w większości przypadków wyraźnych różnic w składzie mechanicznym pomiędzy ich głębszymi poziomami można wnioskować, że rozpad i przemieszczanie się cząstek minerałów ilastych w profilu, prawie w nich nie zachodzi.

Odczyn tego gatunku gleb stawów zalewanych wodą o niskiej i średniej twardości ogólnej jest mniej lub więcej kwaśny. Różnice w odczynie pomiędzy poszczególnymi genetycznymi poziomami są na ogół niewielkie. W większości wypadków, w związku z wapnowaniem stawów, mniejsze zakwaszenie wykazują powierzchniowe poziomy próchniczne oraz niekiedy także warstwy przejściowe czy eluwialne. Stawy przez jakiś czas nie wapnowane mogą mieć w tych warstwach odczyn kwaśniejszy niż w głębszych (prof. 23). Podniesienie pH w tych glebach, ze względu na ich duże zdolności buforowe, wymaga stosowania o wiele wyższych dawek wapnia niż to jest stosowane przeciętnie w tego rodzaju stawach. Takie gleby w stawach zasilanych wodą bogatą w wapń mają bez wyjątku odczyn alkaliczny, wzrastający wraz z głębokością profilu.

Ilość minerałów ilastych w profilach badanych gleb, określoną metodą Tokarskiego (1960) przedstawia tabela III. Z danych w niej zawartych wynika, że gleby te są zasobne lub bardzo zasobne w substancje ilaste. W profilu odmienną ich ilość posiadają tylko poziomy próchniczne. Mają one z reguły mniej minerałów ilastych grupy montmorylonitu, a często także mniejszą sumę wszystkich substancji ilastych. Głębsze poziomy (z wyjątkiem odmiennych gatunkowo warstw w profilu 2 i 26) mają zawartość minerałów ilastych do siebie na ogół podobną. W niektórych profilach (8) minimalnie mniej minerałów montmorylonitu w porównaniu z głębszą warstwą gleby (C) występuje w poziomach przejściowych. Nieco większe zróżnicowanie w ilości minerałów ilastych może występować w glebach tego gatunku o bardzo wyraźnych cechach glejowo-bielicowych (prof. 26). Nie zawsze jednak stwierdzenie tego użytą metodą jest możliwe z powodu znacznych ilości wytrąceń wodorotlenków żelaza, które, jak wykazuje Stoch (1959) dehydratyzują się w zakresie niskich temperatur 100—200°C i maksymalnie 280—350°C, i przez to mogą ujemnie wpływać na wyniki analizy termicznej (Komornicki 1959). Obliczone średnie stosunki pomiędzy grupami minerałów w obrębie substancji ilastej (100%) w poszczególnych poziomach profili gleb stawów zalewanych wodą o niskiej twardości wskazują na bardzo nieznaczny spadek montmorylonitu a większy procentowy udział kaolinitu w górnych poziomach profilu (ryc. 1). Zjawisko to wiąże się prawdopodobnie w znacznym stopniu z wyższymi wynikami, jakie daje użyta metoda dla kaolinitu w glebach o wyższej zawartości materii organicznej.

Dla poszerzenia danych o rozmieszczeniu minerałów ilastych w profilu oznaczono ich zawartość w dwóch profilach (5 i 10) metodą różnicowej analizy termicznej (Grim 1953, Gorbunov 1963). Analizy te

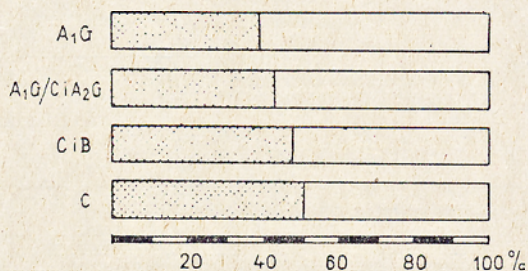


Tabela III  
Table

Zawartość substancji ilastych i organicznych, ilość organicznego węgla, ogólnego azotu, katwo przyswajalnego fosforu, węglanów, oraz odczyn gleb dla stawów  
Contents of clay and organic substances, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, carbonates and pond bottom soil reaction

Nr No of prof	Poziom Horizon	Głębokość Depth in cm	Minerały ilaste Clay minerals Groups:		Substancja organiczna Organic substances Method:		C %	N %	C:n. %	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g of soil	CaCO <sub>3</sub>
			Montmorillonitu Montmorillonite	Kaolinitu Kaolinite	termiczną thermic	oksydymetryczną oxydymetric						
5	A <sub>1</sub> G	0-6	10.4	22.5	10.6	7.79	4.52	0.42	10.7	5.65	5.0	
	A <sub>1</sub> G/C	6-33	12.8	21.4	6.1	4.13	2.40	0.19	12.6	5.20	12.5	
	C	33-48	13.2	17.4	5.3	3.30	1.92	0.17	11.3	5.05	7.5	
8	C	48-91	11.3	4.2	2.3	0.98	0.57	0.08	7.1	4.95	6.5	
	A <sub>1</sub> G	0-7	6.9	7.8	6.1	3.76	2.18	0.22	9.9	5.30	10.0	
	A <sub>1</sub> G/C	7-18	8.3	9.2	4.5	2.29	1.33	0.15	8.8	5.30	8.0	
10	C	18-33	10.9	5.5	3.6	0.86	0.50	0.08	6.3	5.38	4.5	
	C	33-55	7.5	7.2	2.3	0.55	0.32	0.05	6.4	5.50	4.5	
	A <sub>1</sub> G	0-6	16.0	22.7	6.9	5.16	3.00	0.31	9.7	5.88	4.5	
23	A <sub>1</sub> G/C	6-26	16.7	21.4	4.5	2.77	1.61	0.20	8.0	5.28	3.5	
	C	26-86	15.9	21.6	2.3	0.76	0.44	0.07	6.3	5.55	3.0	
	A <sub>1</sub> G	0-18	7.5	8.2	6.2	3.01	1.75	0.20	8.6	5.10	4.0	
25	C	18-70	8.7	7.0	2.0	0.67	0.39	0.06	6.5	5.65	4.5	
	C	70-100	6.6	7.0	1.7	0.36	0.21	0.05	4.2	5.10	5.0	
	A <sub>1</sub> G	0-7	9.7	16.8	10.3	7.67	4.46	0.45	9.9	6.15	7.0	
26	A <sub>2</sub> G	7-27	12.2	16.4	5.7	3.39	1.97	0.21	9.4	5.95	5.0	
	B	27-47	13.5	11.0	3.2	0.89	0.52	0.07	7.4	5.20	3.5	
	C	47-100	13.1	11.0	3.1	1.12	0.65	0.08	8.1	5.20	4.0	
2	A <sub>1</sub> G	0-8	16.0	17.5	8.3	6.26	3.63	0.37	9.8	6.30	3.0	
	A <sub>2</sub> G	8-24	19.9	16.2	5.8	3.65	2.12	0.27	7.8	6.00	5.0	
	B	24-45	-	16.2	-	2.33	1.35	0.16	8.4	5.20	4.5	
2	C	45-105	6.7	6.6	1.0	0.36	0.21	0.06	3.5	5.45	4.5	
	A <sub>1</sub> G	0-10	7.5	12.9	4.3	3.04	1.77	0.25	7.0	7.15	16.0	26.9
	A <sub>1</sub> G	10-33	7.6	12.5	2.7	1.68	0.93	0.14	7.0	7.65	17.0	8.0
2	C	33-58	7.3	10.6	1.7	0.83	0.49	0.08	6.1	7.85	20.0	5.0
	C	58-88	1.7	4.8	0.8	0.46	0.27	0.04	6.7	7.85	19.0	2.8

zostały wykonane w Katedrze Mineralogii AGH przy użyciu aparatury o przyroście temperatury 12°C/1 min. Uzyskane krzywe termoróżnicowe (ryc. 2) charakteryzują reakcje endotermiczne w temperaturach 100 do 120, 540—580 i 880°C oraz egzotermiczne o dużym nasileniu w przedziale temperatur 200—500°C i słabe w 920—930°C. Silny efekt egzotermiczny o maksimum około 300°C pochodzi ze spalania się substancji organicznej, która jak widać, mimo kilkakrotnego utleniania przez H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, nie została całkowicie z gleby usunięta i częściowo zaciera obraz górnych

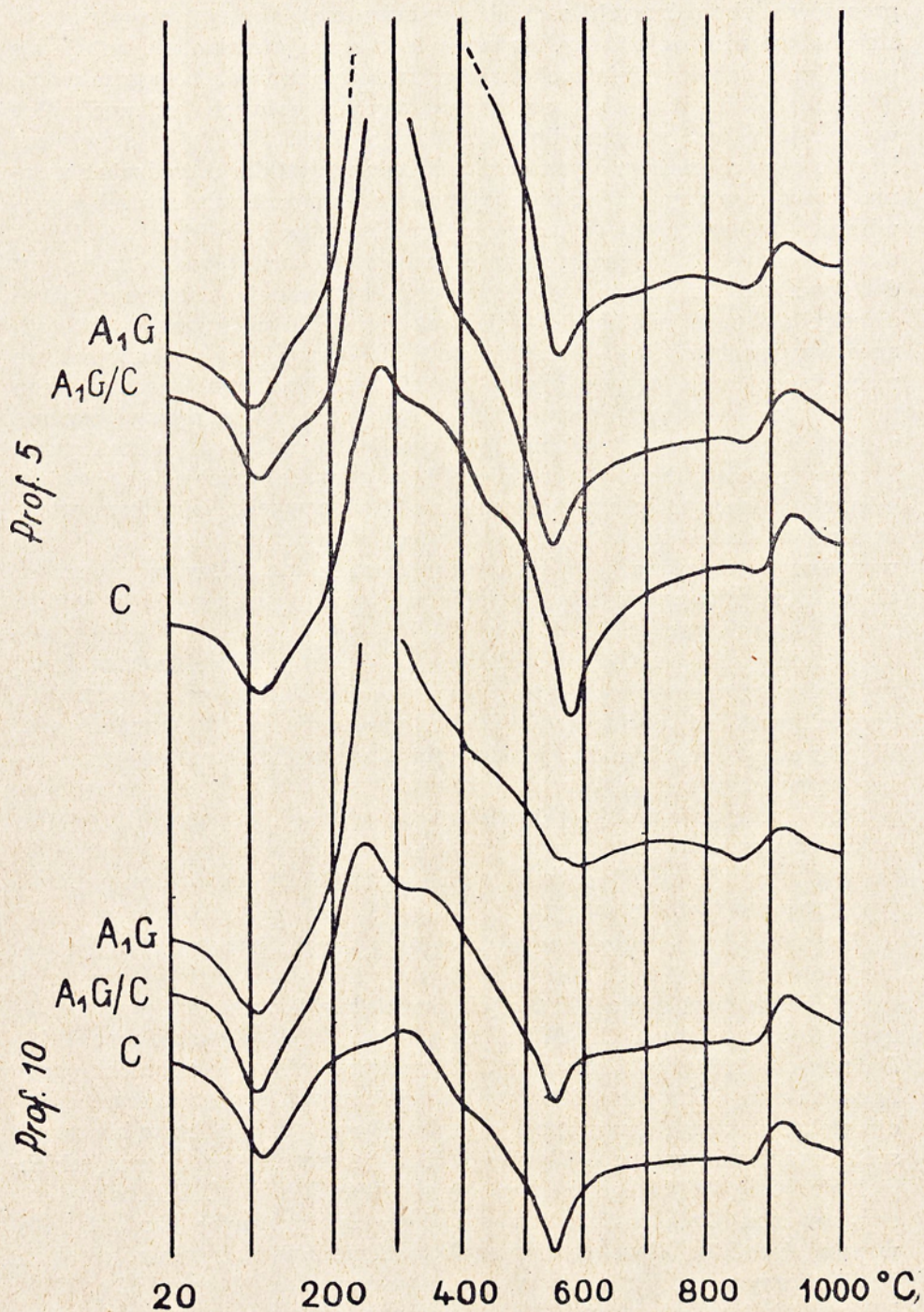


Ryc. 1. Średni procentowy udział minerałów grupy montmorylonitu [stippled] i kaolinitu [white] w substancji ilastej poszczególnych poziomów profilu ciężkich gleb gliniastych mało zasobnych w wapń (oznac. met. Tokarskiego).

Fig. 1. Mean contents per cent of minerals of montmorillonite [stippled] and kaolinite [white] groups in clay substance in individual levels of heavy loam soil profile with a small amount of calcium (Tokarski's method).

poziomów. W ogólności wygląd termogramów wskazuje, że substancja ilasta badanych gleb stanowi mieszaninę minerałów z dominacją podobnych do siebie strukturalnie minerałów z grupy ilitu i montmorylonitu. Brak w około 700°C endotermicznej reakcji wskazuje, że minerały grupy montmorylonitu są głównie beidelitowego i nontronitowego typu, które, zwłaszcza w strukturach mieszanych z ilitem, tracą swą wodę hydroksylową w niższych temperaturach, bo około 550°C (Earley i inni 1953). Podobne stosunki pomiędzy minerałami ilastymi stwierdził autor w głębszych poziomach (B i C) gleb stawowych wytworzonych z utworów pyłowych (Pasternak 1965) oraz Pavel i Uziak (1958) w większości gleb użytków rolniczo-leśnych w Karpatach fliszowych. Z intensywności efektów termicznych poszczególnych poziomów profilu można wnosić, że wyraźnie mniejszą ilość substancji ilastych mają tylko poziomy próchniczne. Głębsze warstwy, ogólnie biorąc, są pod tym względem do siebie podobne. W niektórych przypadkach minimalnie mniej występuje ich w warstwach przejściowych.

Zbliżona do gleby macierzystej jakość i ilość minerałów ilastych w podpróchnicznych poziomach świadczy, że w tego gatunku glebach, w przeciętnych warunkach środowiskowych, pod wpływem działających



Ryc. 2. Krzywe termoróżnicowe  
 Fig. 2. Differential thermal curves

procesów glebotwórczych, zachodzą w substancji ilastej tych poziomów stosunkowo nieduże zmiany. Żadnych tego rodzaju zmian nie notuje się w ciężkich glebach gliniastych stawów zalewanych wodą bogatą w wapń.

Materia organiczna w powierzchniowych warstwach badanych gleb występuje w dość różnych ilościach (tabela III). Zasób jej w stawie zależy bowiem od szeregu czynników, a przede wszystkim od rodzaju i stopnia rozwoju w nim roślinności, żyzności stawu oraz właściwości środowiska, w jakim przebiega proces jej rozkładu. Ogólnie biorąc, ilość z akumulowanych związków organicznych w glebach tego gatunku jest dość znaczna. Średnia zawartość materii organicznej obliczona z kilkunastu stawów o glebach gliniastych ciężkich i pyłowych, w których autor wykonał analizy (P a s t e r n a k 1959), zdaje się wskazywać, że nieco więcej mają jej gleby gliniaste ciężkie. Możliwość znaczniejszego gromadzenia się materii organicznej w stawach w ogóle, wynika głównie z tego, że procesy jej tworzenia przeważają na ogół nad jej rozkładem. Procesy rozkładu materii organicznej w stawach przebiegają bowiem w sumie w niezbyt korzystnych warunkach tlenowych. Najniekorzystniej warunki te kształtują się w źle osuszonych stawach po odłowach. W tym wypadku ograniczony jest dostęp powietrza z atmosfery, a zawartość tlenu w stagnującej wodzie w glebie jest o wiele niższa niż w wodzie stawu pod zalewem.

W badanych glebach, oprócz warstw próchnicznych, znaczne ilości związków organicznych występują jeszcze w podścielających je warstwach przejściowych lub eluwialnych. Głębiej zawartość ich raptownie spada. Wynika z tego, że mimo dużej zwięzłości gleby przemieszczanie się związków organicznych w głąb profilu jest dość znaczne. Proces ten jest wypadkową szeregu zjawisk, głównie jednak przyczyniają się do tego głębokie spękania takich gleb w czasie osuszania stawów, a w okresie zalewu utrzymująca się w nich stale pryzmatyczna struktura poziomu przejściowego czy eluwialnego.

Stosunek węgla organicznego do ogólnego azotu (tabela III) w próchnicznych poziomach gleb stawów, zalewanych wodą o średniej lub małej twardości, wynosi około 10, tak jak przeciętnie kształtuje się w podobnych glebach uprawnych (M u s i e r o w i c z 1960, K o n o n o v a 1963, D u r a s o v 1964). Taki stosunek C : N mają również wyodrębnione przez M o n n i e r a i innych (1962), według ciężaru właściwego, cięższe frakcje gleby, w których substancja organiczna występuje tylko w kompleksach organo-mineralnych. Wynika z tego, że materia organiczna takich gleb stawów jest na ogół bardzo dobrze zhumifikowana. Znacznie węższy stosunek C : N mają gleby stawów zaopatrywanych wodą bogatą w wapń (prof. 2). Wiąże się to prawdopodobnie z większą zdolnością gleb o alkalicznym odczynie do wiązania amoniaku (T h e m l i t z 1956, N ö m m i k i N i l s s o n 1963), przy równocześnie intensywniejszym w takim środowisku mikrobiologicznym rozkładzie bezazotowych zwią-

ków organicznych (Mazilkin 1954). We wszystkich glebach, z głębokością profilu, stosunek C : N sukcesywnie maleje. Różnice w nim pomiędzy poziomami są jednak, w porównaniu z innymi glebami, niewielkie. Zjawisko to według badań Stevenzona (1959) jest wynikiem wzrostu w głębszych poziomach gleby względnej ilości mineralnego azotu ( $\text{NH}_4$ ) związanego z substancją ilastą przy równoczesnym spadku do minimum organicznego węgla. Azot amonowy może bowiem występować, zwłaszcza w głębszych warstwach gleby, nie tylko w formie kationów wymiennych, lecz zdaniem Stewarta i Portera (1963) także jako bardzo silnie związany element sieci krystalicznej minerałów ilastych.

Stosunki chemiczne panujące w profilach badanych gleb przedstawiają analizy chemiczne — całej masy gleby (tabela IV) i wyciągów w 20% HCl (tabela V). Z analiz tych wynika, że proporcjonalnie do składu mechanicznego, wszystkie tego gatunku gleby stawowe zalewane wodą o małej twardości mają stosunkowo niewiele balastowego składnika, jakim jest  $\text{SiO}_2$ , i z wyjątkiem wapnia duży zapas składników potrzebnych do rozwoju życia w stawie. Zawierają z reguły w obu górnych warstwach profilu nieco większą ilość wapnia i siarczanów oraz tylko w próchnicznym poziomie rozmałą ilość ogólnego fosforu (rozp. w 20% HCl). Związane to jest nie tyle z zachodzącymi procesami glebotwórczymi w stawach, ile ze stosowanym w nich nawożeniem. W stawach nawożonych fosforem stwierdza się bowiem w powierzchniowej warstwie gleby dużo więcej tego składnika niż w głębszych poziomach profilu, a w stawach długo nie nawożonych jest go w tym poziomie o wiele mniej. Rozmieszczenie w profilu pozostałych składników wykazuje dużą zbieżność z morfologicznymi cechami profilu.

W glebach o mniej zróżnicowanej morfologii profilu ( $A_1, G, A_1, G/C, C$ ) nie zaznacza się poza tym większe zróżnicowanie w składzie chemicznym pomiędzy poszczególnymi poziomami. Jak wynika ze stosunków molarnych  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  (tabela IV) oraz  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO} : \text{CaO}$  (tabela V), w niektórych takich profilach występują tylko w próchnicznych warstwach pewne ubytki żelaza. Nie stwierdza się natomiast w ogóle wyraźnych przemieszczeń magnezu, glinu i potasu.

W profilu gleb o cechach glejowo-bielicowych (25, 26) występuje już wyraźne zróżnicowanie w zawartości żelaza i manganu. W ich górnych warstwach, zwłaszcza w poziomach eluwialnych występuje o wiele mniej, a w poziomach iluwialnych więcej żelaza i manganu niż w warstwie gleby macierzystej. Podobnie do poprzedniej grupy gleb w profilu nie zaznacza się także przemieszczanie magnezu i innych składników. Przy znacznych ilościach żelaza w poziomie iluwialnym (prof. 26) może niekiedy wystąpić w nim nagromadzenie fosforu.

Obliczone dla wszystkich gleb, zalewanych wodą mało zasobną w wapń, średnie stosunki molarne  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{MgO} : \text{CaO}$  wskazują (ryc. 3), że w glebach tego gatunku ubytki i przesunięcia ważniejszych składników

Tabela IV  
Table V

Skład chemiczny rozpuszczalnej (R) i nierozpuszczalnej (N) w 20 % HCl części gęby dna stawu - prof. 10  
(SiO<sub>2</sub> w części rozpuszczalnej w HCl uruchomiono 5 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)  
Chemical composition of a 20 % HCl extract - soluble part (R) and insoluble part (N) of pond bottom soil profile 10  
(SiO<sub>2</sub> in a HCl-soluble part was activated with 5 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

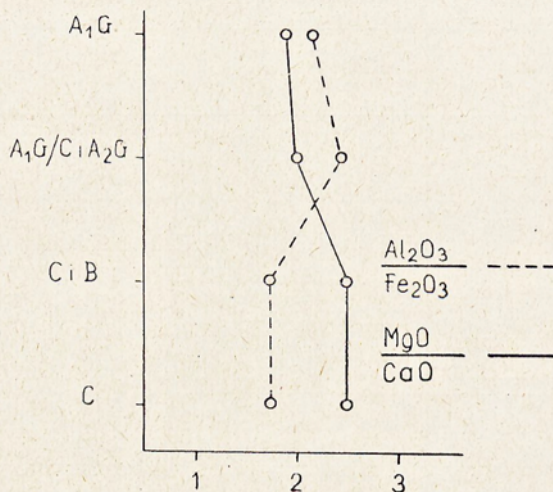
Głębokość w cm (poziom) Depth in cm (Horizon)	0-6 (A <sub>1</sub> G)				6-26 (A <sub>1</sub> C/C)				26-86 (C)				
	R	N	Suma Total	% mol. in molar %	R	N	Suma Total	% mol. in molar %	R	N	Suma Total	% mol. in molar %	
	% wag. in per cent by weight		% wag. in per cent by weight		% wag. in per cent by weight		% wag. in per cent by weight						
Składniki Components:													
SiO <sub>2</sub>	16.07	43.48	59.55	76.54	17.52	45.17	62.69	78.03	15.59	50.21	65.80	79.83	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	-	0.23	0.12	0.23	-	0.23	0.12	0.23	-	0.23	0.12	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.85	7.06	15.91	12.05	9.40	6.72	16.12	11.82	8.40	6.54	14.94	10.68	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.85	sl. trące	5.85	2.83	5.20	trące	5.20	2.48	6.73	trące	6.75	3.08	
TiO <sub>2</sub>	-	0.54	0.54	0.52	-	0.56	0.56	0.52	-	0.50	0.50	0.46	
MnO	0.13	-	0.13	0.14	0.14	-	0.14	0.15	0.24	-	0.24	0.23	
CaO	0.98	0.58	1.56	2.15	0.83	0.54	1.37	1.82	0.53	0.48	1.11	1.44	
MgO	1.48	0.54	2.02	3.87	1.45	0.36	1.81	3.36	1.25	0.18	1.43	2.59	
K <sub>2</sub> O	1.01	-	1.01	0.82	1.01	-	1.05	0.83	0.98	-	0.98	0.76	
Na <sub>2</sub> O	0.49	-	0.49	0.61	0.50	-	0.50	0.61	0.47	-	0.47	0.55	
SO <sub>3</sub>	0.36	-	0.36	0.35	0.28	-	0.28	0.26	0.29	-	0.29	0.26	
Woda hygroscopijna Hygroscopical water	-	-	2.91	-	-	-	2.74	-	-	-	2.35	-	
Strata prażenia Loss on ignition	-	-	9.55	-	-	-	7.46	-	-	-	5.17	-	
Suma Total	35.45	52.20	100.11	100.00	36.70	53.35	100.25	100.00	34.83	57.91	100.26	100.00	
SiO <sub>2</sub> : R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol				5.14				5.46				5.80	
SiO <sub>2</sub> : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol				6.35				6.60				7.47	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol				4.26				4.77				3.47	

Tabela V  
Table

Skład chemiczny rozpuszczalnej w 20% HCl części gleby profili dna stawów (powietrznie suchej gleby)  
Chemical composition of a 20% HCl-soluble part of soil in profiles of pond bottom (air-dry soil)

Nr of prof.	Horizon	Głębokość Depth in cm	Zawartość składników - % Contents of components - %										Stosunki molarne Molar ratios					
			SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Suma części rozpuszczalnej w HCl	Suma części nie rozpuszczalnej w HCl	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg Ca		
5	A <sub>1</sub> G	0-6	0.85	0.13	8.32	4.55	0.04	0.78	1.02	1.40	0.49	0.25	17.84	16.35	66.07	100.26	2.86	1.82
	A <sub>1</sub> G/C	6-33	0.73	0.15	9.65	4.00	0.03	0.63	1.12	1.05	0.51	0.23	18.10	12.55	69.68	100.33	3.77	2.48
	C	33-48	0.72	0.17	9.51	4.20	0.03	0.36	1.73	0.92	0.50	0.18	17.34	11.44	71.30	100.08	3.55	2.66
8	C	48-91	0.68	0.15	7.00	4.15	0.02	0.40	1.00	0.68	0.43	0.15	14.66	7.62	77.77	100.05	2.64	3.49
	A <sub>1</sub> G	0-7	0.66	0.25	5.40	4.05	0.05	0.68	0.87	0.66	0.51	0.29	13.42	9.05	77.75	100.22	2.09	1.78
	A <sub>1</sub> G/C	7-18	0.41	0.13	4.67	4.70	0.02	0.65	0.78	0.62	0.47	0.29	12.74	7.81	79.55	100.10	1.56	1.66
23	C	18-33	0.62	0.18	5.79	6.05	0.08	0.62	0.95	0.60	0.43	0.22	15.54	7.35	77.48	100.37	1.90	2.13
	C	33-55	0.49	0.13	5.00	4.40	0.03	0.58	0.80	0.60	0.39	0.27	12.69	5.57	81.90	100.16	1.78	1.92
	A <sub>1</sub> G	0-18	0.52	0.09	5.91	4.70	0.02	0.50	0.85	0.84	0.71	0.62	14.76	9.33	76.14	100.33	1.97	2.37
25	C	18-70	0.44	0.27	5.13	5.45	0.28	0.50	1.07	0.81	0.71	0.59	15.25	5.54	79.42	100.21	1.48	2.98
	C	70-100	0.46	0.18	4.42	5.05	0.12	0.43	0.85	0.84	0.71	0.58	13.64	4.55	81.95	100.14	1.37	2.74
	A <sub>1</sub> G	0-7	0.52	0.13	5.15	3.60	0.12	0.90	1.30	0.85	0.47	0.32	13.36	15.50	71.24	100.10	2.24	2.01
26	A <sub>1</sub> G	7-27	0.52	0.12	6.88	4.45	0.06	0.85	1.40	0.92	0.42	0.28	15.90	11.60	72.79	100.29	2.42	2.28
	A <sub>1</sub> G	27-47	0.48	0.12	5.38	7.20	0.11	0.58	1.05	0.71	0.50	0.26	16.42	9.00	74.80	100.22	1.17	2.60
	C	47-100	0.50	0.14	5.30	5.50	0.17	0.70	1.25	0.95	0.54	0.23	15.34	8.73	76.30	100.37	1.51	2.48
26	A <sub>1</sub> G	0-8	0.56	0.13	6.15	7.55	0.04	1.05	1.05	0.80	0.40	0.55	20.28	14.51	65.39	100.18	1.69	1.39
	A <sub>1</sub> G	8-24	0.51	0.18	8.99	6.75	0.04	0.95	1.05	0.87	0.42	0.51	20.82	12.70	67.03	100.09	2.08	1.54
	B	24-45	0.34	0.32	10.18	15.18	0.08	0.73	1.03	0.94	0.40	0.42	29.82	16.41	54.06	100.29	1.05	1.96
2	C	45-105	0.49	0.08	3.88	4.20	0.03	0.53	0.70	0.61	0.37	0.43	11.24	4.05	84.77	100.07	1.42	1.85
	A <sub>1</sub> G	0-10	0.52	0.15	3.33	2.90	0.05	16.05	1.00	1.00	0.42	0.34	25.44	19.50	55.25	100.10	1.80	0.06
	A <sub>1</sub> G	10-33	0.32	0.15	3.85	3.25	0.05	5.68	0.93	0.95	0.32	0.14	15.64	10.20	74.10	100.03	1.85	0.23
2	C	33-58	0.34	0.15	3.75	3.20	0.08	3.48	1.00	0.97	0.32	0.19	13.53	7.62	79.02	100.22	1.84	0.40
	C	58-88	0.35	0.11	1.69	1.80	0.03	1.88	0.53	0.67	0.30	0.19	7.55	3.21	89.42	100.15	1.47	0.39

chemicznych w obrębie profilu, związane z zachodzącymi w stawie procesami glebotwórczymi, są ogólnie, biorąc niewielkie. Brak migracji magnezu w profilu pozwala przypuszczać, że w wyniku tych procesów rozpad



Ryc. 3. Średnie stosunki molarne w profilu ciężkich gleb gliniastych mało zasobnych w wapń (składniki rozpuszczone w 20% HCL).

Fig. 3. Mean molar ratios in heavy loam soil profile with a small amount of calcium (components dissolved in 20% HCL).

mineralnego kompleksu sorpcyjnego jest bardzo nieznaczny. Wskazują na to również wartości pojemności sorpcyjnej poszczególnych warstw profilu (tabela VI).

Wszystkie te gleby mają dużą pojemność sorpcyjną (tabela VI). Stopień ich nasycenia kationami zasadowymi jest jednak niewielki i spada z reguły z głębokością w profilu. Bezwzględna ilość wymiennych kationów zasadowych mimo to jest ogólnie wyższa niż w innych glebach. We wszystkich profilach wśród kationów wymiennych przeważa wapń. Magnez mimo dużej ilościowej zmienności w poszczególnych profilach zawsze zajmuje drugie miejsce. Stosunkowo dużo jest w kompleksie sorpcyjnym tych gleb wymiennego potasu i sodu. Największy zasób każdego z tych kationów w próchnicznym poziomie, łączy się między innymi w dużej mierze także i z tym, że kationy te, zwłaszcza K, Na, są słabiej związane przez organiczny niż mineralny kompleks sorpcyjny.

Zawartość łatwo rozpuszczalnego fosforu jest w omawianej grupie gleb, ogólnie biorąc, mała (tabela III). Więcej zawierają go tylko gleby stawów nawożonych fosforem. Z nawożeniem, między innymi, wiąże się rozmieszczenie tego składnika w profilu. W stawach nawożonych, podobnie jak w wypadku ogólnego fosforu, większa ilość tej formy fosforu wy-



stępuje w próchnicznym poziomie gleby. Natomiast w stawach nie nawożonych ilości łatwo rozpuszczalnego fosforu są w tym poziomie podobne do warstw głębszych lub przy dłuższym niezapełnieniu tego skład-

Tabela VI  
Table VI

Zawartość zasadowych kationów wymiennych ( $S_1$ ), kwasowość hydrolytyczna ( $H_h$ ), stopień nasycenia zasadami ( $V_h$ ), pojemność sorpcyjna ( $H_h+S_1$ ) gleb dna stawów

Contents of basic exchangeable cations ( $S_1$ ), hydrolytic acidity ( $H_h$ ), degree of saturation with basic cations ( $V_h$ ), sorption capacity ( $H_h+S_1$ ) of pond bottom soils

Nr. no of prof.	Głębokość w cm Depth in cm	Poziom Horizon	Zasadowe kationy wymienne Basic exchangeable cations					$H_h$	$H_h+S_1$	$V_h$ in %	Suma kationów zasadowych wg Kappen mę-rów na 100 g gleby Total basic cations after Kappen m.e. per 100 g soil
			Ca	Mg	K	Na	Suma Total $S_1$				
			mg-rów/100 g gleby m.e./100 g soil								
5	A <sub>1</sub> G	0-6	10.75	3.95	0.46	0.40	15.56	7.94	23.50	66	-
	A <sub>1</sub> G/C	6-33	8.15	1.05	0.28	0.26	9.74	9.53	19.27	51	-
	C	33-48	5.20	1.30	0.25	0.23	6.98	12.10	19.08	37	-
	C	48-91	3.80	1.60	0.22	0.20	5.82	10.55	16.37	36	-
8	A <sub>1</sub> G	0-7	9.60	1.10	0.38	0.59	11.67	5.06	16.73	70	14.24
	A <sub>1</sub> G/C	7-18	8.50	1.30	0.23	0.28	10.31	5.11	15.62	67	11.57
	C	18-33	9.85	0.85	0.21	0.26	11.17	4.56	15.73	71	12.61
	C	33-55	7.60	0.50	0.17	0.27	8.54	3.71	12.25	70	9.97
10	A <sub>1</sub> G	0-6	9.10	6.45	0.39	0.36	16.30	6.37	22.67	72	20.87
	A <sub>1</sub> G/C	6-26	8.10	5.85	0.22	0.30	14.47	7.91	22.38	65	17.05
	C	26-86	6.85	4.95	0.19	0.26	12.25	6.46	18.71	65	15.19
23	A <sub>1</sub> G	0-18	8.10	0.75	0.17	0.22	9.24	7.32	16.56	56	-
	C	18-70	5.50	0.90	0.14	0.19	6.73	4.39	11.12	61	-
	C	70-100	2.40	1.60	0.20	0.16	4.36	5.72	10.08	43	-
25	A <sub>1</sub> G	0-7	11.85	5.35	0.45	0.43	18.08	4.83	22.91	79	-
	A <sub>2</sub> G	7-27	11.75	3.70	0.34	0.34	16.13	4.74	20.87	77	-
	B	27-47	8.10	3.35	0.23	0.26	11.94	8.02	19.96	60	-
	C	47-100	8.60	5.30	0.23	0.28	14.41	8.37	22.78	63	-

nika w stawie, wyraźnie od nich mniejsze. Z porównania ilości fosforu ogólnego z łatwo rozpuszczalnym wynika, że w tych kwaśnych, bogatych w wodorotlenki żelaza oraz minerały ilaste grupy montmorylonitu glebach, tylko bardzo nieznaczna część dużego zapasu fosforu, jaki w nich występuje, znajduje się w formie dostępnej.

Właściwości chemiczne ciężkich gleb gliniastych w stawach zalewanych wodą bogatą w wapń (prof. 2) kształtują się całkiem odmiennie (tabela I). W obrębie ich profilu, jak wskazują na to stosunki molarne  $Al_2O_3 : Fe_2O_3$  oraz inne dane nie zachodzi w ogóle przemieszczanie żelaza, manganu ani też innych składników. Poza tym w powierzchniowym poziomie tych gleb, w rezultacie biologicznego odwapniania wody w stawie (tabela I), zachodzi duże sukcesywne nagromadzenie się wapnia. Nie stwierdza się przy tym w tej warstwie wzrostu ilości magnezu. Świadczy to, że z wody głównie wytrąca się wapń. Najwięcej wapnia gromadzi się w glebach stawów zalewanych wodą bezpośrednio z donośnika. Obok wapnia jest

także w próchnicznej warstwie tych gleb więcej siarczanów. Przy podobnej do poprzedniej grupy gleb zawartości ogólnego fosforu, gleby te posiadają o wiele więcej fosforu przyswajalnego (tabela III) a stosunkowo mało żelaza (tabela V).

### Omówienie wyników

Morfologiczne i chemiczne cechy badanych gleb zdają się wskazywać, że w ich tworzeniu i kształtowaniu zasadniczą rolę, podobnie jak i w innych glebach stawowych, odgrywają dwa współdziałające procesy, tj. akumulacyjny i glejowy. Stale zachodzący w stawach proces wymywania z gleby przez wodę stawu mineralnych składników jest w efekcie swym także głównie od nich zależny. Proces torfotwórczy zachodzi tylko w wypłyconych i zaniedbanych stawach w nieodpowiednich warunkach wodnych przyczyniających się do pojawienia się zespołu roślin torfotwórczych.

Istotą procesu akumulacyjnego jest ciągle gromadzenie na powierzchni gleby organicznych i mineralnych związków, które wytworzyły się w stawie lub zostały przyniesione z wodą z zewnątrz stawu. Na ogół w większości stawów przeważa gromadzenie się materii organicznej. Większa akumulacja związków mineralnych np. wapnia, może występować tylko w tych glebach stawów, które zalewane są wodą w te związki bogatą. W rezultacie tego procesu dochodzi do wytworzenia się w glebie stawowej poziomu próchniczno-akumulacyjnego oraz w mniejszym lub większym stopniu do ciągłego uzupełniania mineralnych składników wymytych z gleby przez wodę stawu. Poza tym proces ten przez doprowadzenie do górnej warstwy gleby materii organicznej oraz mineralnych osadów o lżejszym składzie mechanicznym (tabela II)) przyczynia się do częściowej poprawy w tej warstwie zbyt dużej zwięzłości a małej przepiękliwości gleby. Polepszenie tych właściwości ma niemały dodatni wpływ na dyfuzję mineralnych składników z gleby do wody stawów oraz na powiększenie biologicznie czynnej warstwy gleby i polepszenie w tej warstwie warunków życia zwierząt bentosowych.

Proces glejowy ujawnia się redukcyjnym oddziaływaniem substancji organicznych na mineralną część gleby (Bromfield 1954, Bloomfield 1956, Siuta 1961). Zachodzi w glebie stawu, głównie w nasyconej wodą powierzchniowej warstwie, zarówno pod wodą, jak i w okresie złego osuszania stawu, przy ograniczonym lub braku dostępu tlenu, od chwili nagromadzenia się odpowiedniej ilości prostszych związków organicznych i wolnego CO<sub>2</sub>. Powstałe na skutek tego procesu większe różnice w stężeniach roztworów glebowych i w potencjale oksydo-redukcyjnym, mogą powodować migrację rozpuszczonych w wodzie składników gleby w części do wody stawów, a w części w głąb jej profilu (P a s t e r-

na k 1965). Jego nasilenie i związane z tym glebotwórcze skutki zależą od środowiska, w jakim zachodzi.

W ciężkich glebach gliniastych stawów zalewanych wodą o dużej twardości, w rezultacie znacznej akumulacji wapnia, jaka w nich zachodzi, oraz związanej z tym dużej możliwości wiązania  $\text{CO}_2$  wytworzonego podczas beztlenowego rozkładu materii organicznej, proces glejowy nie powoduje wyraźnych zmian chemicznych i morfologicznych. W takim środowisku glebowym nie ma bowiem możliwości wymycia węglanów, obniżenia pH, wymycia metalicznych kationów z kompleksu sorpcyjnego, a tym bardziej rozłożenia koloidów mineralnych. Poza tym nasycone wapniem związki humusowe są słabiej rozpuszczalne w wodzie i wykazują przez to mniejszą ruchliwość. Aktualne procesy redukcji powodują w takich glebach zasadniczo tylko zmianę zabarwienia objętej nimi masy gleby. W kształtowaniu się profilu i właściwości tych gleb dominująca rola przypada procesowi akumulacyjnemu.

W ciężkich glebach gliniastych, ubogich w składniki zasadowe i zalewanych w stawach wodą mało w nie zasobną, skutki procesu glejowego są różne.

W glebach stawów o przeciętnych warunkach wodnych w okresie osuszania, proces glejowy nie powoduje znaczniejszych przemieszczeń składników mineralnych i zmian morfologicznych. Główną przyczyną tego, jak się zdaje, są w tym wypadku nie chemiczne, lecz fizyczne właściwości tych gleb. Duża ich zwięzłość i mała przesiąkliwość ogranicza do minimum ruch wody w profilu, który zdaniem Siuty (1962) jest podstawowym warunkiem migracji zredukowanych składników w glebie i wytworzenia się w niej poziomów wymycia i wmycia. W głębszych warstwach profilu takich gleb, zamiast tych poziomów, tworzą się tylko drobne wybielenia oraz towarzyszące im żelaziste wytrącenia wokół różnych przestworów pozostałych po korzeniach roślin lub spękaniach w czasie osuszania stawów. Tymi otworami może bowiem na zmianę przenikać w głąb profilu woda lub w czasie osuszania stawu tlen atmosferyczny i powodować zmiany potencjału oksydo-redukcyjnego. Można więc powiedzieć, że o tworzeniu i ewolucji tej grupy gleb decyduje również w głównej mierze proces akumulacyjny.

W niektórych glebach, wytworzonych w stawach o niekorzystnych warunkach wodnych lub posiadających niecałkowity profil, proces glejowy powoduje już wyraźne zmiany morfologiczne i chemiczne. Jest to wynikiem wzrostu ruchu wody w profilu spowodowanego wytworzeniem się w ich podpróchnicznych poziomach pryzmatycznej struktury gleby. Taka struktura o luźnym układzie agregatów, a przez to dużej ilości niekapilarnych przestworów, powoduje łatwiejsze przenikanie wody i zarazem przemieszczanie z tego poziomu zredukowanych składników gleby i powstanie w profilu poziomu eluwalnego i iluwalnego. W rezultacie działania procesu glejowego w profilu tych gleb, wyraźnemu wymyciu

z górnych ich warstw, a zwłaszcza z poziomu eluwialnego, ulega jedynie żelazo i mangan. Natomiast nie widać ubytków ani przesunięć magnezu oraz innych składników. Stopień wybielenia poziomu eluwialnego tych gleb jest więc tylko odzwierciedleniem częściowego wymycia związków trójwartościowego żelaza z powierzchni cząstek glebowych. Brak wymycia magnezu oraz innych składników, podobna ilość i jakość minerałów ilastych w poziomach eluwialnych i iluwialnych pozwalają stwierdzić, że zmiany w składzie chemicznym wywołane przez proces glejowy i w tej grupie gleb są także stosunkowo nieznaczne. Niemniej jednak wydaje się, można by uznać, iż ta grupa gleb kształtuje się pod przemożnym wpływem procesu glejowego.

Z ubytków żelaza, manganu a także niekiedy fosforu, w kwaśnych glebach można wnosić, że we wszystkich badanych glebach wymywanie mineralnych składników gleby przez wodę stawu zachodzi zasadniczo tylko w cienkiej więcej przesiąkliwej próchnicznej warstwie gleby. Intensywność tego procesu w ogóle jest niewielka, gdyż nawet w stawach o wodzie ubogiej w elektrolity efekty tego zjawiska są często w całości niwelowane przez przeciwstawny proces akumulacyjny lub nawet, jak w wypadku potasu, przychód jego jest większy od ubytku. Wiąże się to głównie z ich bardzo małą przesiąkliwością i dużą zdolnością sorpcyjną, które utrudniają dyfuzję składników gleby do wody. Zredukowane w procesie glejowym rozpuszczalne związki mineralne, jak żelazo, mangan i inne są ponownie sorbowane przez koloidy glebowe lub tak silnie przez nie apolarnie związane, że mimo różnicy stężeń pomiędzy wodą stawu a roztworem glebowym z trudnością przechodzą do wody. Pewną rolę odgrywają w tym również niektóre chemiczne właściwości gleby, takie jak odczyn czy zawartość wapnia i magnezu, decydujące o rozpuszczalności tych składników oraz wiązaniu ich przez kompleks sorpcyjny.

Ze względu na właściwości chemiczne o wiele lepsze są ciężkie gleby gliniaste wytworzone w stawach zaopatrywanych wodą bogatą w wapń. W efekcie znacznej zawartości wapnia oraz alkalicznego odczynu mają one, co bardzo ważne w stawach, o wiele więcej dostępnych form fosforu. W takim środowisku bowiem nieorganiczny fosfor znajduje się nie tylko w przeważającej części w łatwiej rozpuszczalnych w wodzie połączeniach wapniowych (Moocho, Caldwell 1959), lecz także jest on słabiej wiązany przez minerały ilaste grupy montmorylonitu. Zdaniem Weya (1956) ze wzrostem pH zwiększa się bowiem siła wiązania przez te minerały grup OH i równocześnie maleje możliwość wymiany ich na aniony fosforanowe. Znaczny wzrost potasu w wodzie stawów o takich glebach, pozwala sądzić, że uwalnianie się potasu z gleby dna jest także dość znaczne. Poza tym, jak wynika ze stosunku C : N (tabela III), gleby takie są bogatsze w azot. Mogą one jedynie wykazywać pewne niedobory w zawartości łatwo dostępnego żelaza.

Ciężkie gleby gliniaste i ilaste ubogie w wapń i posiadające odczyn

kwaśny (zalewane wodą mało zasobną w wapń) przy podobnych do poprzedniej grupy gleb ilościach ogólnego fosforu (rozp. w 20% HCl) zawierają bardzo mało tego składnika w postaci związków łatwo rozpuszczalnych (tabela III). Wynika to z dużego zasobu tych gleb w sorbenty mineralne (wodorotlenki żelaza i glinu, minerały ilaste grupy montmorylonitu — G o r b u n o v 1959) i ich kwaśnego odczynu, w którym te sorbenty wykazują o wiele większą zdolność unieruchamiania jonów fosforowych. W naturalnych warunkach stawowych, na skutek redukcyjnych procesów powodujących częściowe uruchomienie fosforu ze związków z trójwartościowym żelazem na skutek zmiany ich wartościowości (Islam i Elni 1954, Kauričev, Li Czen-wej 1960) efektywna ilość łatwo dostępnego fosforu jest nieco większa niż wykazują to analizy (tab. III). Mimo to, takie gleby stawowe będą nie tylko mało oddawać wodzie fosforu, lecz także są zdolne unieruchamiać zbyt duże ilości rozpuszczalnych związków fosforowych wprowadzonych do stawu przez nawożenie (Demolon i inni 1953). W celu zapobieżenia temu niekorzystnemu zjawisku stawy o takich glebach powinny być systematycznie i intensywniej od innych stawów wapnowane. Większa z reguły ilość wapnia w poziomach próchnicznych takich gleb wiąże się więcej z uzupełnianiem ujemnego bilansu tego składnika przez nawożenie niż z procesem akumulacji. W stawach o wodach ubogich w zasadowe sole mineralne akumulacja związków mineralnych w poziomie próchnicznym odbywa się głównie na drodze pośredniej poprzez akumulację materii organicznej.

Srednia ilość nagromadzonych związków organicznych w ciężkich glebach gliniastych jest, jak wynika z wyliczeń, nieco większa niż w glebach pyłowych. Być może, wiąże się to z właściwościami tych gleb. Mała przesiąkliwość i przewiewność tych gleb w czasie osuszania stawów oraz ich duży kompleks ilasty, zdolny wiązać znaczne ilości związków organicznych (Aleksandrova 1954), może bowiem wpływać hamująco na mineralizację tych związków w glebie. Organo-mineralne kompleksy są zdaniem Waksmana (1936), Pincka i innych (1954) odporniejsze na rozkład biologiczny, a nie jest wykluczone, że i na chemiczny, gdyż jak wykazał Lynch i Graveland (1962) wiązania próchnicznych związków z ilami są bardzo silne. W glebach lądowych według Chana (1959) większość związków próchnicznych znajduje się w połączeniach organo-mineralnych, a tylko niewiele (10—14%) w stanie wolnym. W stawach ten stosunek będzie przypuszczalnie podobny. W określonych warunkach dla danego stawu ustala się z czasem pewien stan dynamicznej równowagi pomiędzy tworzeniem się związków próchnicznych a ich mineralizacją, w wyniku którego zmiany w ilości tych związków w glebie są stosunkowo niewielkie. Większą dynamikę wykazują tylko mało zhumifikowane nie związane z mineralną częścią gleby najświeższe powierzchniowe organiczne osady. Warstewka takich osadów

zaznacza się na powierzchni omawianych gleb jedynie w zarośniętych miejscach stawu lub w stawach intensywnie nawożonych, w których występuje w wodzie masowy rozwój fitoplanktonu lub innych glonów.

Właściwości kwaśnych gleb świadczą więc także pośrednio o tym, że gleby tego gatunku mimo swego dużego zasobu w korzystne składniki chemiczne oddają ich bardzo niewiele wodzie stawów.

Panu prof. dr K. Starmachowi składam serdeczne podziękowanie za powierzenie mi tego tematu i życzliwe wskazówki w czasie przeprowadzanych badań.

### Summary

The results of field and laboratory investigations on the formation of the morphological and chemical features of pond soils arising from loams and clays flooded with different waters are presented in the work.

Soils of this kind have, among all pond soils, the greatest content of clayey substances and in general a considerable amount of organic matter (Table III, fig. 2). These soils therefore possess the greatest content of chemical components which are necessary for the development of organisms in a pond (Tables IV, V) and have a considerable absorbing complex (Table VI), a high cohesion, and small percolation. Humus horizons of the soil (Table II) have a smaller amount of clayey substances and a lighter mechanical composition (an admixture of less cohesive sediments). Deeper horizons are in general more alike in this respect. In this connection their surface layer is slightly more permeable. The degree of saturation of acid soils with basic exchangeable cations is low. In spite of this, in all soils the absolute amount of exchangeable cations is higher than in other pond soils. The greatest amount of such cations appears in humus horizons (Table VI). The relation of carbon to total nitrogen (Table III) indicates that the degree of decomposition of organic matter in the soil is very great. This relation diminishes as the depth increases. The reaction of soils (Table III) flooded with water having a low calcium content (Table I) is usually acid, and alkali if they contain a large amount of this component. Differences in the reaction between particular horizons of the soil are mostly small.

As results from the properties of these soils, pond soils of a different type are formed on such a kind of parent rock. Two soil-forming factors, the quality of the parent rock (C) and the water of the pond, are responsible for their distinctness. In the formation and evolution of the investigated soils the principal role belongs to two concurrent processes, the accumulative and the gley one. The peat-forming process takes place only in very neglected ponds.

In ponds flooded with water containing a considerable amount of calcium soils of this kind (Profile 2) are formed under the dominating influence of the accumulative process. This process brings about in their surface layers an accumulation not only of organic matter but also of a large quantity of calcium precipitated from the water. They are thus subjected to a constant eutrophication. The molar relations of  $MgO:CaO$  in the soil (Table V) indicate that calcium is mostly precipitated from the water. Magnesium is present in similar quantities in the whole profile of the soil. In the case of a chain irrigation of ponds the

greatest amount of calcium accumulates in the soil of ponds into which the water flows directly from the supplier. The gley process causes in the substance in soils of this kind only an alteration of the colouring of the surface layer of the soil which it includes. Owing to the considerable accumulation of calcium and the impossibility of acidification, the leaching of metallic cations from the absorbing complex, and even more the disintegration of clayey minerals, such as the montmorillonites and illites, cannot take place there. No greater migration of soil components (Fe, Mn), reduced in this process, into the water of the pond and the depth of the profile nor a more considerable morphological differentiation connected with it can therefore take place in these soils. Thus a soil is formed composed principally of two horizons, the accumulative-gley horizon ( $A_1G$ ) and that of the parent rock (C). This group of soils in comparison with acid soils is, moreover, characterised by a relatively small amount of ferrum (especially that which is accessible for plants), a considerable amount of easily assimilated phosphorus and a narrower relation of C : N (Table III).

In soils formed from an acid parent rock and flooded with water containing a small amount of calcium, the gley process, in spite of their acid reaction and the lack of any great number of basic components, also fails to cause any more considerable chemical or morphological alterations in their surface layers (Tables IV, V, fig. 3). The principal cause of this lies in the physical properties of these soils. Their considerable cohesiveness and small permeability limits to a minimum the movement of water in the profile, which is a basic condition of the migration of reduced components in the soil and from the soil into the water, and the formation of eluvial ( $A_2G$ ) and illuvial (B) horizons. The profile of such a soil is therefore mostly composed of a humus horizon ( $A_1G$ ), a transitory one ( $A_1G/C$ ), and the parent rock (C). In old ponds with unfavourable water conditions or in those which have soils with an incomplete profile, the gley process often leads to a greater displacement of free ferrum and manganese compounds and to the formation of a morphology of the profile of a type of gley-podsolised soils ( $A_1G, A_2G, B, C$ ). This is the result of the formation, in time, on their sub-humus horizons, of soils of a prismatic structure which tend to increase the movement of water in the profile. Other compounds, such as Mg and K, are not yet subject to displacement. It can be said, in general, that nearly the entire group of these soils is also formed under the cogent influence of the accumulative process, which in this case contributes mostly to the collecting of organic matter. All the soils of this group, in spite of a large quantity of total phosphorus, have a small amount of phosphorus in an easily available form (Table III).

The properties of acid soils, which are a symptom of metabolism in the pond, attest indirectly the fact that soils of this kind, in spite of a considerable content of favourable chemical components, transmit only a very small amount to the water. This is caused by their great absorbing complex which limits not only the movement of electrolytes in the soil itself, but also their diffusion from the soil to the water of the pond. Therefore, even in the case of ponds with poor waters, the results of leaching of chemical components from soils of this kind are most frequently entirely nullified by an antithetic accumulative process.

#### LITERATURA

- Aleksandrova, L. N., 1954. Procesy wzaimodejstviya guminovykh veščestv z mineralnoj častju pocvy. Počvov., 9, 23—34.
- Bloomfield C., 1956. The experimental production of podsolisation. VI Congrès international de science du sol, E, V-3, 21—23, Paris.

- Bromfield S.M., 1954. The reduction of iron oxide by bacteria. *J. Soil Sci.*, 5, 1, 129—139.
- Chan D.B., 1959. Sostav peregrnojných vešćestv i ich svjaz z mineralnoj ćastju počv. *Počvov.*, 1, 10—16.
- Demolon A., Brischot P., Lajon J., 1953. Réaction des divers sols à l'apport des engrais phosphatés solubles. *Ann. Inst. nat. Rech. agron.*, A, 4, 3, 291—330.
- Durasov A.M., 1964. Otnošenije ugleroda k valovomu azotu v osnovnych počvach Zavolžja, *Počvov.*, 10, 12—17.
- Earley J.W., Osthaus B.B., Milne J.H., 1953. Purification and properties of montmorillonite. *Am. Min.*, 38, 707—724.
- Gorbunov N.I., 1959. Znaćenije mineralov dla plodorodija počv. *Počvov.* 1, 1—13.
- Gorbunov N.I., 1963. Vysokodispersnyje mineraly i metody ich izućenija, Moskva, Izd. A. N. SSSR.
- Grim R.E., 1953. *Clay Mineralogy*, Mc Graw-Hill, New York — London — Toronto.
- Islam M.A., Elni M.A., 1954. Reversion of ferric iron to ferrous iron under water-logged conditions and its relation to available phosphorus. *J. Agric. Scien.*, 45, 1, 1—2.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa, PZWL.
- Kauričev I.S., Li Czen-wej, 1960. O prirode zakreplenija fosfatojonov v derno-vo-podsolistych počvach pri javljenijach vremenno-vo preuvlaženija. *Izv. Tim. Selhoz. Ak.*, 3, 109—122.
- Komornicki T., 1959. Studia nad frakcją ilastą kilku gleb podkrakowskich. *Roczn. Glebozn.*, 8, 3—48.
- Kononova M.M., 1963. *Organićeskoje vešćestvo počvy*. Moskva, Izd. A. N. SSSR.
- Lynch D.L., Graveland D.N., 1962. Some organic matter-clay mineral relationships in four Alberta soil profiles. *Canad. J. Soil Sci.* 42, 68—76.
- Mazilkin I., 1954. Vlijanije uglekislogo kalcja na mikrobiologićeskiye processy v soloncevatooslodelnych počvach. *Dokl. A. N. SSSR*, 95, 341—344.
- Monnier C., Turc L., 1964. A method of physical fractionation of soil organic matter; examples of applications. 7<sup>th</sup> Inter. Congress Soil Sci., Bucharest, Abstracts of papers, 2, 38—40.
- Moo Cho Ch., Caldwell A.C., 1959. Forms of phosphorus and fixation in soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23, 458—460.
- Musierowicz A., 1960. *Próchnica gleb*, Warszawa PWRiL.
- Nömmik H., Nilsson K.O., 1963. Fixation of ammonia by the organic fraction of the soil. *Acta Agr. Scand.*, 13, 371—390.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza Górnej Wisły, *Acta Hydrobiol.*, 1, 3—4, 221—283.
- Pasternak K., 1965. Gleby stawowe wytworzone z utworów pylowych, *Acta Hydrobiol.*, 7, 1, 1—26.
- Pavel L., Uziak S., 1958. Mineraly ilaste w glebach Karpat fliszowych. *Ann. Univ. M. Curie-Skłodowskiej*, E, 13, 2, 49—70.
- Pinck L.A., Dyal R.S., Allison F.E., 1954. Protein-montmorillonite complexes, their preparation and the effects of soil microorganisms on their decomposition. *Soil Sci.*, 78, 109—118.
- Siuta J., 1961. Wplyw procesu glejowego na kształtowanie się cech morfologicznych i właściwości chemicznych profilu glebowego. *Roczn. Glebozn.*, 10, 2, 367—395.



- Siuta J., 1962. Wpływ okresowo beztlenowego rozkładu substancji organicznej na rozpuszczalność i przemieszczanie składników mineralnych w glebie. *Postępy Nauk Rol.*, 2, (74), 73—88.
- Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes 1955, tenth edition, New York, APHA.
- Stevenson F. J., 1959. Carbon-nitrogen relationships in soil. *Soil Sci.*, 88, 201—208.
- Stewart B. A., Porter L. K., 1963. Inability of the Kjeldahl method to fully measure indigenous fixed ammonium in some soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 41—43.
- Stoch L., 1959. Niektóre zagadnienia analizy termicznej różnicowej minerałów. *Arch. Mineral.*, 21, 2, 185—228.
- Themlitz R., 1956. Die Stickstofffestlegung aus schwefelsauren Ammoniak durch Fichtenrohhumus bei verschiedener Reaktion. *Z. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenk.*, 73, 3, 202—208.
- Tokarski J., 1960. Sprawność nowej termoanalizy wagowej w ilościowych badaniach materii glebowej. *Roczn. Nauk Rol.*, A, 82, 1, 1—25.
- Waksman S. A., 1936. Humus: origin, chemical composition and importance in nature, London.

Adres autora — Author's address

Dr Kazimierz Pasternak

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17.