

KAZIMIERZ PASTERNAK

**Gleby stawowe wytworzone z piasków
i ze spiaszczonych glin zwałowych**

**Pond soils formed from sands and
sandy boulder loam**

Wpłynęło dnia 27 października 1966 r.

Abstract: The paper reports the results of field and laboratory investigations on the evolution and chemical properties of pond soils formed from various kinds and varieties of sands and sandy boulder loam, flooded with waters of varying chemical composition. Moreover, it presents a detailed description of the course of the chief soil-forming processes in these soils and of the exchange of their components with the water of ponds.

Gleby stawowe poza odmiennymi od gleb lądowych warunkami powstawania (Pasternak 1965) odznaczają się również większą od nich dynamiką rozwoju. Szczególnie duże nasilenie procesów glebotwórczych i szybki cykl przeobrażeń zaznacza się w piaskowych glebach stawowych.

Piaskowe gleby zajmują w stawach Polski stosunkowo znaczne powierzchnie i odznaczają się dużym jakościowym zróżnicowaniem. Ta ich różnorodność wiąże się głównie z występowaniem w piaszczystych stawach znacznej zmienności zasadniczych czynników glebotwórczych, tj. skały macierzystej i stosunków wodnych. Przez stosunki wodne stawu rozumie się okresowe wahania wód gruntowych w czasie jego osuszania, pionowe przesiąki i ruchy wody stawowej oraz zasobność tych wód w składniki chemiczne. Dzięki dużej przepuszczalności piasków wytworzone z nich gleby mają największą spośród gleb stawowych miąższość. Wśród rodzajów wód oddziałujących na piaszczystą masę gleby dna stawów dużo większa rola niż w wypadku innych mineralnych gleb stawowych przypada wodzie gruntowej.

Z uwagi na brak szczegółowszych danych o piaszczystych glebach stawów, tak nieodzownych do ustalenia ich klasyfikacji i przydatności

produkcyjnej, w niniejszej pracy postanowiono scharakteryzować te gleby, określając ich ewolucję i właściwości chemiczne. W badaniach nad tym zagadnieniem uwzględniono gleby wytworzone na różnym rodzajowo i gatunkowo substracie piaszczystym, zalewane przy tym różnymi wodami. Badaniami objęto kompleksy stawów położonych w dorzeczu Górnej Wisły, w obrębie województw katowickiego, krakowskiego, kieleckiego i rzeszowskiego.

Metodyka

W oparciu o wyniki terenowych badań w niektórych kompleksach piaszczystych stawów wytypowano po jednym lub dwa najbardziej charakterystyczne stawy i poddano szczegółowej analizie profile gleby ich dna. Przy wyborze tych stawów poza jakością wody i piaszczystą skałą dna brano również pod uwagę kategorię, kulturę rybacką i nawożenie stawu. Dla przedstawienia występującego w obrębie misy stawów zróżnicowania niektórych właściwości gleby, związanego z głębokością, analizowano profile gleby 37 i 36 wykopane w głębokiej i płytkiej strefie stawu. Wszystkie inne profile wykopane były w środku stawów w miejscu ich średniej głębokości. Próby gleby pobierano z morfologicznie odrębnych poziomów i po wysuszeniu ich na powietrzu przesiewano przez sito o oczkach 1 mm².

W pobranych próbach gleby oznaczono: skład mechaniczny metodą Casagrande-Prószyńskiego, skład mineralny piasku mikroskopową metodą planimetryczno-proszkową Tokarskiego (1946), węgiel organiczny i substancję organiczną metodą Altena-Lichtenfelde (Herrmann 1941), azot ogólny metodą Kjeldahla, odczyn gleby w wodzie elektrometrycznie, kwasowość hydrolityczną według Kappena, kationy wymienne w wyciągu 0,1 n HCl — Ca i Mg kompleksometrycznie, a K i Na fotometrem płomieniowym; łatwo rozpuszczalny fosfor według metody Wondrausch (1951). Wyciągi gleb w 20% HCl do całkowitej analizy chemicznej wykonano metodą Tokarskiego (1957). Potas i sód w tej analizie określono fotometrem płomieniowym. Resztę składników oznaczono wagowo lub kolorymetrycznie zgodnie z zasadami analizy krzemianów (Treadwell 1946).

Celem uchwycenia zależności kształtowania się gleby od jakości wody zasilającej stawy, we wszystkich obiektach, w których badano laboratoryjnie glebę, wykonano analizy wody donośników. W wypadku wód o dużej twardości ogólnej, których skład chemiczny po przejściu do stawu ulega dużym zmianom, analizowano także wodę stawu. W wodzie oznaczono twardość ogólną, wapń i magnez metodą wersenianową według Christa i Kaedinga (1954), potas i sód na fotometrze płomieniowym, a mętność na fotoelektrycznym nefelometrze. Pozostałe właściwości wody

określono wg metodyki podanej przez Justa i Hermanowicza (1955) oraz Standard Methods (1955).

Wyniki badań terenowych

Terenowymi badaniami objęto nie tylko same gospodarstwa stawowe, lecz także obszar ich zlewni. Szczególną uwagę zwrócono w nich na ukształtowanie powierzchni, budowę geologiczną i pokrywę glebową bezpośredniego otoczenia stawów, gdyż ma ono duże znaczenie dla cyrkulacji i właściwości wód gruntowych. Gleboznawczą część prac terenowych wykonano w latach 1963—1965. Przeznaczone do analiz profile zostały wykopane:

Profil 29 w stawie Stanisław (odrostowy) gospodarstwa Brzeszcze położonego na równym nadwiślańskim tarasie. Skałą macierzystą gleby jego dna są aluwialne słabogliniaste piaski naglinowe. Staw ten zalewany jest wodą z rzeki Soły (zlewnia — gleby gliniaste i pyłowe), znajduje się w dobrej kulturze rybackiej i był nawożony fosforem oraz wapnem.

Profil 31 w stawie Tarlakowy gospodarstwa Wola leżącego w obniżeniu płaskiego terenu nad rzeką Pszczyńką, której wodą zalewane są stawy. Gleba dna tego stawu wytworzyła się ze staroaluwialnego piasku słabogliniastego. Powierzchniowa jej warstwa zawiera dużą ilość silnie brunatnej materii organicznej. Jest to staw zarośnięty, wypłycony i nie nawożony. Na terenie zlewni występują gleby pyłowe i piaszkowe w części pod lasami iglastymi.

Profile 33 i 34 w stawach Łachmaniec 1 i 10 (odrostowe) śródleśnego opadowego gospodarstwa Przyborów. Macierzystą skałą gleb dna i zlewni tego obiektu są fluwioglacjalne, dość głębokie piaski gliniaste podścielone glinami o wysokim poziomie wód gruntowych (w zlewni więcej pylaste). Gleby niektórych stawów mają domieszkę żwiru (staw 10). Obydwa stawy znajdują się w dobrej kulturze i były nawożone: staw 1 azotem, fosforem i słabo wapnem, a staw 10 fosforem i wapnem.

Profile 36 i 37 w głębszym i płytszym miejscu stawu 1 (przesadka II) opadowego obiektu Hobot położonego w zagłębieniu zalesionego terenu o wysokim poziomie wody gruntowej. Skałą macierzystą gleby dna stawu i zlewni są silnie przemyte, głębokie piaski luźne. Staw ten odznacza się średnią kulturą rybacką i nie był nawożony.

Profil 39 w stawie 8a (przesadka II) opadowego gospodarstwa Kolbuszowa-Kłapkówka leżącego w obniżeniu lekko sfalowanego terenu. Podłożem gleby jego dna i zlewni są gruboziarniste, wodnolodowcowe piaski luźne podścielone gliną zwałową. Staw ten znajduje się w niskiej kulturze i nie był nawożony.

Profile 42 i 43 w stawach 7 i 5 (odrostowe) kompleksu Ostrówki (Ruda Różaniecka) położonego w wąskiej podmokłej, śródleśnej dolinie słabo

sfałowanego terenu. Gleby dna stawów i obszaru zlewni wytworzyły się w większości z wodnolodowcowych, dość głębokich piasków luźnych podścielonych gliną. Akumulacyjna warstwa stawu 5 ma dużo storfiałej materii organicznej. Obydwa stawy są w średniej kulturze i nie były nawożone. Zalewane są wodą potoku Rózaniec.

Profile 44 i 45 w gospodarstwie Sieragi, pierwszy w stawie 2, drugi w stawie 6 (przesadki II). Gospodarstwo to założono w części na terenie poleśnym (profil 45), a w części na łąkach. Usytuowane jest na starym tarasie akumulacyjnym rzeki Wschodniej, dostarczającej do stawów wody. Skałę macierzystą gleb dna stanowią głębokie, staroaluwialne piaski luźne często z domieszką drobnego żwiru. Obszar zlewni pokrywają w przewadze gleby wytworzone z różnych piasków glacialnych. Stawy są w dobrej kulturze i były nawożone fosforem.

Profil 46 w stawie Nowy (odrostowy) opadowego gospodarstwa Krzyż położonego u podnóża zbocza lekko falistego terenu użytkowanego rolniczo. Skałą macierzystą gleb zlewni są zwałowe piaski gliniaste na glinach, natomiast skałę macierzystą gleby stawu stanowi spiaszczona glina zwałowa. Staw Nowy jest znacznie zarośnięty roślinnością zanurzoną i nie był nawożony.

Profil 51 w małym kompleksie stawów Mydlniki-Rzaska (staw 2) o glebie dna wytworzonej z piasków deluwialnych.

Z terenowych badań wynika, że piaskowe gleby stawów kształtują się w dość jednolity i charakterystyczny sposób. Pierwszy etap rozwojowy tych gleb przebiega podobnie jak u innych gleb stawowych (P a s t e r n a k 1965). Mianowicie od momentu zalania stawu na powierzchni jego dna gromadzą się organiczne i mineralne osady wytworzone w stawie lub przyniesione z wodą z terenu zlewni. Osady te wymieszane z czasem przez żerujące na dnie ryby i inne zwierzęta z piaskiem podłoża tworzą poziom próchniczno-akumulacyjny. Powstaje więc gleba o pierwotnym słabym wykształceniu profilu (AG_0-CG) podobna do wydzielonych przez K u b i e n ę (1953) pierwotnych podwodnych gleb zwanych protopedonem. Dalsza ewolucja piaskowych gleb przebiega już odmiennie, a ukształtowane ich profile, w stawach zalewanych wodą mało zasobną w wapń, można najogólniej przedstawić następująco:

I. Profil gleb dobrze odgórnie osuszanych w okresie po odwodnieniu stawu (odkrywki 29, 36, 44).

A_1G_0 — poziom próchnicznoglejowy o barwie szaroczarnej lub szarej bez struktury gruzełkowatej, z zaznaczającymi się licznymi rdzawymi plamkami. Przejście wyraźne.

A_1G_0/BG_0 — poziom przejściowy powstały z macierzystej skały o zabarwieniu szarozółtym lub szarobrunatnym z brunatnymi plamami i drobnymi konkrecjami żelazistymi oraz zaciekami próchnicznymi, wokół których występują wybielenia. Przejście łagodne.

BG_0 — poziom iluwialny bardziej zwięzły i zbity barwy brunatno-

rdzawej w poziome naprzemianległe wybielenia i ciemnordzawe pasma żelazistych konkrecji. Ziarna oblepione są osadami związków żelaza.

CG_{or} — poziom średnio oglejonego piasku barwy szarej szarozółtej w duże popielate, niebieskie i żółte plamy, w zasięgu wody gruntowej. Przejście łagodne.

CG_r — poziom silnie oglejonego piasku i litym zielonkawoniebieskim zabarwieniu, z obecną wodą gruntową.

II. Profil gleb o słabym powierzchniowym przesuszaniu lub wytworzonych z luźnego, głębokiego piasku bardzo ubogiego we wszystkie, oprócz krzemionki, składniki chemiczne.

A₁BG₀ — poziom próchniczno-iluwialny o szarobrunatnym lub szaroczarnym zabarwieniu z gęstymi rdzawymi plamami i drobnymi żelazistymi konkrecjami. Na powierzchni ziarn występują powłoki żelazowo-próchniczne. Przejście stopniowe lub wyraźne.

A₁BG₀/CG — poziom przejściowy szarej lub szarozółtej barwy, z próchnicznymi zaciekami u góry, a popielatymi i rdzawymi pasmami w całej masie.

CG_{or} — poziom średnio oglejonego piasku barwy szarosinej lub szarej w drobne popielate i żółte plamy w zasięgu wody gruntowej.

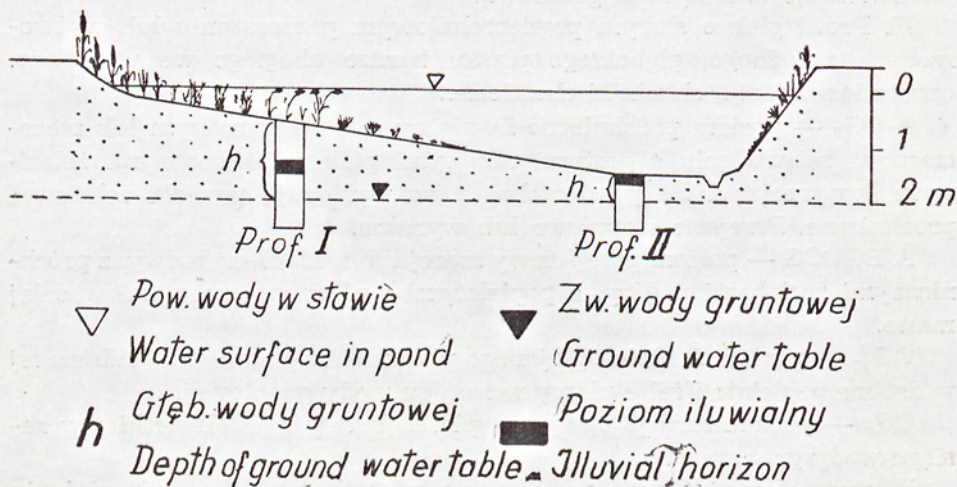
CG_r — poziom silnego oglejenia, piasek barwy szaroniebieskiej w zasięgu wody gruntowej.

W stawach, które mają wytworzoną wierzchowinę i po odwodnieniu wysoki poziom wody gruntowej, może zachodzić zróżnicowanie w stopniu i głębokości przesuszania górnych warstw gleby z powodu innych odległości (h) zwierciadła wody gruntowej od powierzchni dna (ryc. 1). W wyniku tego często się zdarza, że gleba dna w obrębie takiego stawu ma morfologię obu przedstawionych powyżej typów. W płytkiej, wierzchowinowej strefie stawu, gdzie gleba ma możliwość przeschnąć do większej głębokości, powstać może gleba od budowie profilu typu I (prof. 36), a w głębszej strefie, słabiej osuszanej, tworzy się gleba o morfologii odpowiadającej typowi profilu II (prof. 37). Szczególnie często tego rodzaju zjawisko występuje w stawach opadowych.

Piaskowe gleby stawów zalewanych wodą zasobną w wapń i magnez kształtują się podobnie. Zależnie od stosunków wodnych panujących w ich profilu, w dalszym etapie rozwoju mogą mieć w poszczególnych kompleksach czy nawet pojedynczych stawach morfologię podobną albo do profilu opisanego powyżej w punkcie I, albo w punkcie II. Różnią się od innych piaskowych gleb tylko tym, że w ich poziomie próchnicznym zachodzi znaczna akumulacja CaCO₃, który wytrącił się z wody w wyniku fotosyntezy roślin podwodnych lub pochodzi z rozkładu inkrustowanych wapniem łodyg ramienic (*Chara* sp.)

Poziom próchniczny wszystkich piaskowych gleb stawowych ma pewne specyficzne cechy, zależne z jednej strony od składu granulometrycznego piasku, a z drugiej strony od jakości i ilości substancji organicznej.

Przede wszystkim materia organiczna w tym poziomie, a zwłaszcza w piaskach luźnych, jest bardzo słabo związana z mineralną masą. W związku z tym jest ona bardzo nierównomiernie na obszarze dna stawu rozmieszczona (w wyższych nie zarośniętych roślinnością miejscach jest jej bardzo mało). Jakość materii organicznej tego poziomu według wizualnej oceny jest bardzo różna. Na ogół zawiera ona więcej niezhumikowa-



Ryc. 1. Schemat stanu wody gruntowej w dnie częściowo wypłyconych stawów w okresie ich osuszania

Fig. 1. Scheme of the ground-water level in the bottom of partly shallowed ponds during the period of their draining

nych części niż substancja organiczna innych mineralnych gleb stawowych. W ubogich stawach zarośniętych znacznie przez florę naczyniową na powierzchni tego poziomu występuje często warstewka nierozłożonej lub storfiałej materii organicznej (wojłoku), tworząc w profilu poziom A_0 . Taki poziom spotkać można również w zagłębieniach dna stawów intensywnie nawożonych, do których zostały splukane z wyższych miejsc dna świeże osady obumarłego planktonu. Często się zdarza, że stawy powstają na poleśnych terenach i ich dnem jest gleba leśna o nienaruszonej warstwie próchnicznej. Wtedy w profilu gleby takiego stawu występuje trzeci człon warstwy próchnicznej (A'), zachowujący już tylko ślady właściwości dawnego poziomu bielcowej gleby leśnej (prof. 33). Nie ma takiego poziomu w glebach stawów założonych na bardzo ubogich terenach poleśnych, których leśna gleba miała warstwę próchniczną o minimalnej miąższości (prof. 45).

Towarzyszącym piaskom glacialnym utworem skalnym w falistym i pagórkowatym terenie są gliny zwałowe. Wytworzone z nich gleby stawowe odznaczają się tym, że ich wierzchnie warstwy na skutek pierwot-

nego przemycia gliny przez wody lodowcowe i opadowe oraz być może późniejszego przemywania przez wodę stawu w miejscach pionowych wtrąceń piaskowych — są w mniejszym lub większym stopniu spiaszczone (prof. 46). Stopień i głębokość ich spiaszczenia zależy między innymi od składu mechanicznego gliny, wieku stawu oraz od tego, czy staw został wykopany w świeżej glinie, czy usypany i jego dno stanowi uprzednio już częściowo spiaszczona gleba łądowa. Są to więc gleby o cechach fizycznych pośrednich pomiędzy gliniastymi piaskami a glinami. Morfologię ich profilu można scharakteryzować następująco:

A_1G_0 — poziom próchniczny piaszczysty o barwie szarej w jaśniejsze i rdzawe plamki, na powierzchni cienka warstewka przemytego luźnego piasku.

$C(B)G_0$ — poziom piaszczysty barwy szarozółtej z zaciekami próchnicznymi i gęstymi rdzawymi plamami.

CG_r — poziom skały macierzystej znacznie oglejonej o sinoszarym zabarwieniu.

$C(B)$ — poziom skały macierzystej barwy szarobrunatnej z występującymi w górnej części wytrąceniami żelaza.

Z morfologicznych cech badanych gleb wynika, że w dalszym etapie rozwoju wszystkie badane gleby kształtują się pod przemożnym wpływem oddolnie działającego procesu glejowo-bielicowego, spowodowanego przez podsiąkające wody gruntowe. Dokładniejszy obraz przebiegu i skutków działających w badanych glebach procesów glebotwórczych, w powiązaniu z wodą stawu jako środowiskiem produkcyjnym, będzie można uzyskać dopiero w świetle wyników badań laboratoryjnych.

Wyniki badań laboratoryjnych

Jak wskazują wyniki analiz (tabela I), wody zasilające stawy, w których pobrano próby gleby do oznaczeń laboratoryjnych, są pod względem zawartości ważniejszych kationów (Ca, Mg, K, Na, Fe) dość zróżnicowane. Według ilości wapnia i magnezu można je podzielić na cztery grupy. Wody doprowadzalników do stawów w Hobocie i Brzeszczach należą do wód o bardzo niskiej twardości ogólnej (Ca+Mg), obojętnym odczynie, średniej zawartości żelaza oraz bardzo małej ilości potasu. Szczególnie uboga w potas jest woda obiektu Hobot. Wody, którymi zaopatrywane są stawy w Woli i Przyborowie, oprócz nieco większej twardości ogólnej odznaczają się dużą ilością potasu i sodu oraz bardzo dużą zawartością żelaza. Odczyn ich jest podobny do wód poprzednich. Wody używane do zalewu stawów w Kłapkówce i Rudzie Różanieckiej mają średnią ilość wapnia i magnezu oraz słabo alkaliczny odczyn. Poza tym zawierają znaczny zasób potasu i żelaza. Wody donośników do stawów w Sieragach i Krzyżu zaliczają się do wód o dużej twardości ogólnej, alkalicznym

Tabela I. Fizyko-chemiczne własności wody donosińców (D) i stanów (S)
 Table I. Physical and chemical properties of supply (D) and ponds (S) water

Gospodarstwo Farm	Brzeszcze		Wola		Przyborów		Hobot		Kzupkówka		Ruda Różaniecka (Ostrówki)		Sieragi		Krzyż		
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	
pH	7,0		6,7		7,4		7,0		8,2		7,3		7,6		7,7		8,0
twardość ogólna O_2 Hardness in German degrees	4,2		5,7		5,6		3,9		7,0		7,7		12,9		12,1		8,9
wapń Calcium	24,6		31,7		28,7		23,2		41,8		48,6		79,3		40,0		19,3
Magnez Magnesium	3,1		5,6		6,9		2,8		5,0		3,9		7,8		27,8		26,9
żelazo Iron	0,16		0,80		1,00		0,40		0,70		0,72		0,38		0,52		0,28
Potas Potassium	3,15		5,15		9,96		0,70		5,05		5,94		2,95		23,14		13,41
Sód Sodium	8,20		10,7		13,40		4,80		14,00		5,24		8,20		21,20		17,80
Alkaliczność Alkalinity	0,70		0,60		1,64		0,95		2,30		2,70		3,80		3,20		2,33
Amoniak Ammonia	0,12		0,16		0,14		0,16		0,20		0,14		0,05		0,09		0,16
Azotyny Nitrites	0,006		0,017		0,008		0,0		0,002		0,008		0,002		0,016		0,0
Azotany Nitrates	0,65		2,13		0,05		0,15		0,25		0,40		0,35		1,12		0,07
Fosforany Phosphates	0,03		0,08		0,02		0,01		0,02		0,05		0,02		0,01		ślad trace
Chlorki Chlorides	10,6		19,1		-		4,5		13,2		10,2		10,2		29,0		20,0
Tlen rozpuszczony O_2 dissolved	10,3		7,7		17,6		7,0		9,0		7,6		7,9		9,6		10,6
Nasylenie tlenem w Oxygen saturation in %	95		71		176		71		87		79		84		102		114
CO_2 wolny free	3,8		6,0		3,5		8,5		4,0		5,5		4,5		7,0		3,0
Utlenialność $KMnO_4$ cons.	8,5		9,5		10,1		9,8		11,4		8,4		8,1		8,4		13,7
Barwa Colour	25		50		55		40		50		40		40		40		50
Mętność Turbidity	73		53		36		25		18		22		30		49		16

odczynie i średniej zawartości żelaza. Przy tym woda z Sierag ma przeciętny stosunek wapnia do magnezu i średnią ilość potasu i sodu, natomiast woda z Krzyża odznacza się bardzo wysoką zawartością magnezu, potasu i sodu. Duża twardość wody donośnika do stawów w Sieragach wynika z występowania w podłożu zlewni rzeki Wschodniej zasobnych w wapń utworów zwałowych i trzeciorzędowych (sarmackich) wapieni oraz rędzin. Wody stawów w obu obiektach (tabela I) zawierają między innymi mniejszą od wody donośników ilość wapnia i żelaza oraz podobną lub często większą ilość magnezu. Wynika z tego, że w stawach zalewanych tego rodzaju wodami występuje znaczne wytrącanie się węglanów wapnia oraz związków żelaza.

Wszystkie badane wody wykazują ponadto w stosunku do przeciętnych czystych wód powierzchniowych silniejsze zabarwienie i większą utlenialność (zawartość substancji organicznych), zmienną zawartość mineralnych związków azotu, średnie lub dobre natlenienie oraz na ogół bardzo małą ilość fosforanów.

Skład mechaniczny wszystkich badanych gleb (tabela II), w wyniku działania procesów glebotwórczych, wykazuje w obrębie profilu charakterystyczne zróżnicowanie.

Wierzchni poziom piaskowych gleb, głównie na skutek akumulacji mineralnych osadów, ma z reguły większą od skały macierzystej zawartość drobnych frakcji (odwrotnie niż u innych gleb stawowych) o wielkości ziarna poniżej 0,1 mm. Większy wzrost tych frakcji notuje się w próchnicznych poziomach gleb w takich stawach, których zlewnia pokryta jest w całości lub w części przez piaski gliniane pylaste albo utwory pyłowe. Więcej drobnych frakcji zawierają te warstwy w głębszych miejscach stawu. Skład granulometryczny głębszych poziomów profilu przedstawia się różnie. W lepiej odgórnie osuszanych glebach najwięcej części spławialnych (<0,02 mm) spośród głębszych poziomów profilu, bo niekiedy więcej niż poziom próchniczny, zawierają warstwy wmywania, tj. właściwy poziom iluwialny (B) i przejściowy (A₁G/B). Najmniej tych części występuje w niższych poziomach glejowych. Z tego można wnioskować, że wstępujący ruch wody przemieszcza z dolnych warstw profilu nie tylko zredukowane w wyniku procesu glejowo-bielicowego mineralne związki rozpuszczone w wodzie, lecz także ilaste części gleby. W słabo osuszanych lub bardzo ubogich luźnych glebach piaskowych, w których poziom iluwialny nakłada się z poziomem akumulacyjnym, zawartość części spławialnych w podpróchnicznych poziomach dość nagle spada i nie wykazuje większego zróżnicowania.

Górne warstwy profilu gleb wytworzonych z glin zwałowych, jak już zaznaczono powyżej, są mniej lub więcej piaszczyste. Zawartość w nich frakcji piasku (1—0,1 mm), jak też i ich miąższość jest w poszczególnych glebach stawów wielce zmienna. Najczęściej warstwy te mają skład piasków gliniastych lub glin lekkich silnie spiaszczonych. Dolne warstwy

Tabela II. Skład mechaniczny gleb dna stawów w %
Table II. Mechanical composition of pond bottom soils in %

Gospodarstwo Farm	No prof.	Poziom Horizon	Głębokość w cm Depth cm	Średnica cząstek gleby w mm Particle diameter in mm						Suma Total <0.02
				1-0.1	0.1- -0.05	0.05- -0.02	0.02- -0.006	0.006- -0.002	<0.002	
Brzeszcze	29	A ₁ G ₀	0-8	78	6	5	2	3	6	11
		A ₁ G ₀ /BG ₀	8-23	71	5	5	6	4	8	18
		BG ₀	23-53	76	6	4	4	3	7	14
		CG	53-63	84	6	3	2	1	4	7
		CG	63-110	90	4	2	1	0	3	4
Wola	31	A ₁ BG ₀	0-16	65	9	11	6	4	5	15
		A ₁ BG ₀ /CG	16-31	71	9	9	5	2	4	11
		A ₁ BG ₀ /CG	31-46	77	9	7	2	1	4	7
		CG	46-61	90	5	2	0	0	3	3
		CG	61-112	76	9	10	1	1	3	5
Przyborów (Lachmaniec) Staw Pond 1	33	A ₁ BG ₀	0-13	31	17	30	3	6	13	22
		A ₁ BG ₀	13-27	61	7	11	7	5	9	21
		A ₁ BG ₀ /CG	27-49	64	10	11	6	3	6	15
		CG	49-76	70	11	9	1	3	6	10
		CG	76-110	81	9	3	0	2	5	7
Staw Pond 10	34	A ₁ G ₀	0-10	49	19	15	6	4	7	17
		A ₁ G ₀ /BG ₀	10-55	90	4	2	1	0	3	4
Hobot Staw Pond 1	36	A ₁ G ₀	0-3	84	6	3	2	1	4	7
		A ₁ G ₀ /BG ₀	3-18	84	4	2	3	2	5	10
		BG ₀	18-52	86	4	3	1	2	4	7
		CG	52-75	88	5	1	0	1	5	6
		Staw Pond 1	37	A ₁ BG ₀	0-5	82	7	3	2	1
CG	5-20			92	3	1	0	0	4	4
CG	38-55			89	6	1	0	0	4	4
Kolbuszowa (Kłapkówka)	39	A ₁ BG ₀	0-14	67	6	9	5	4	9	18
		CG	14-26	95	1	1	0	1	2	3
		CG	45-65	96	2	0	0	1	1	2
Ruda Różaniecka (Ostrówki) Staw Pond 7	42	A ₁ BG ₀	0-20	78	4	7	4	2	5	11
		CG	20-40	96	1	1	0		2	2
		CG	40-64	94	3	1	0	0	2	2
		CG	64-100	96	1	1	0	0	2	2
Staw Pond 5	43	A ₁ BG ₀	0-26	76	5	7	3	3	6	12
		A ₁ BG ₀ /CG	26-40	90	4	1	1	2	2	5
		CG	40-68	96	2	0	0	1	1	2
		CG	68-100	97	1	0	0	1	1	2
Sieragi Staw Pond 2	44	A ₁ CaBG ₀	0-18	72	4	7	4	4	9	17
		BG ₀	18-46	76	5	5	4	3	9	16
		CG	46-86	94	3	1	0	0	2	2
		CG	95-110	95	2	0	0	1	2	3
Staw Pond 6	45	A ₁ CaBG ₀	0-15	90	4	2	1	1	2	4
		A ₁ CaBG ₀ /CG	15-45	92	2	2	1	1	2	4
Krzyż	46	A ₁ Ca(B)G ₀	0-11	66	3	8	3	6	14	23
		C(B)G ₀	11-21	68	5	4	4	6	13	23
		CG	21-51	98	3	4	5	8	20	33
		C(B)	51-80	54	7	6	5	7	23	35
Rząska	51	A ₁ CaBG ₀	0-27	65	6	10	7	6	6	19
		CG	27-50	86	3	4	2	2	3	7
		CG	70-85	81	5	5	1	1	7	9

bogatsze w części spławialne mają zwykle skład odpowiadający macierzystej glinie zwałowej. W odróżnieniu od gleb wytworzonych z piasków na glinie, przejście w składzie mechanicznym pomiędzy górnymi a dolnymi warstwami jest stopniowe.

Skład mineralny określono tylko w grubszej frakcji gleby (1—0,02 mm), stanowiącej główną składową masy badanych gleb. Zdaniem bowiem wielu autorów (K u ź n i c k i 1955, M u s i e r o w i c z 1958), oprócz frakcji ilastej, o potencjalnej żyzności gleby piaskowej decydują w dużym stopniu łatwiej wietrzejące minerały glinokrzemianowe. O ilość

Tabela III. Skład mineralny grubszej frakcji (1,0-0,02 mm) piaszczystych gleb dna stawów w %

Table III. Mineral composition of coarse fraction (1,0-0,02 mm) of sandy soils in pond bottom, per cent

Składniki Components	Miejsce pobrania gleby Soil sampling points			
	Brzeszcze	Wola	Przyborów	Krzyż
Kwarczec. Chalcedon Quartz. Chalcedony	90,5	86,4	65,5	62,0
Ortoklaz. Mikroklin Orthoclase. Microcline	7,8	12,5	28,3	33,5
Plagioklaz Plagioclase	0,3	ślad trace	2,8	1,5
Piroksen. Amfibol Pyroxene. Amphibole	0,2	0,2	0,9	1,0
Cyrkon. Granat i inne ciężkie minerały Zircon. Garnet. and other heavy minerals	0,5	0,3	1,3	1,0
Muskowit Muscovite	-	-	0,7	ślad trace
Kalcyt Calcite	-	-	-	0,7
Minerały nieprzejryste i inne Opaque and other minerals	0,7	0,6	0,5	0,3

ci substancji ilastych, występujących w tego gatunku glebach w bardzo małych ilościach, (P a s t e r n a k 1959), można z dużym przybliżeniem wnioskować z zawartości mechanicznej frakcji iłu koloidalnego (< 0,002 mm). Ta wysoko dyspersyjna frakcja piasków składa się według G o r b u n o v a i innych (1963) w zasadniczej części z minerałów ilastych grupy ilitu, montmorylonitu, bezpostaciowego wodorotlenku żelaza oraz małej ilości kaolinitu i koloidalnej wielkości ziarn minerałów pierwotnych.

Wyniki analiz składu mineralnego piasku górnej warstwy niektórych badanych gleb przedstawiono w tabeli III. Z danych tych widać, że analizowane gleby pod względem ilości minerałów łatwo ulegających wietrzeniu (skalenie potasowe, plagioklasy), łuszczyki, minerały grupy piroksenu i amfibolu) w stosunku do jałowego kwarcu, czyli pod względem tzw. „siły mineralnej” różnią się znacznie. Według zaproponowanego przez V. N o v a k a (K u ź n i c k i 1955) podziału, glebę wytworzoną z aluwialnego piasku (Brzeszcze) zalicza się do gleb o bardzo słabej, a staroaluwialną glebę (Wola) do gleb o słabej sile mineralnej. Gleby wytworzone z fluwiogłajalnego piasku (Przyborów) i gliny zwałowej (Krzyż) to już gleby o znacznej sile mineralnej, przy czym bogatsza w korzystne minerały, bo poza tym zawiera jeszcze kalcyt, i jest ta ostatnia. Według G r a h a m a

(1953) gleby zawierające dużo kwarcu a mało skaleni i innych minerałów wykazują braki niektórych mikroelementów, głównie molibdenu. Stosunkowo duża zawartość minerałów glinokrzemianowych w badanym piasku fluwioglacjalnym wiąże się prawdopodobnie z tym, że piasek ten osadzony został blisko lodowca (za czym przemawia domieszka żwiru i kamieni) i przez to jest mniej przemyty.

Odczyn piaskowych gleb (tabela IV) stawów zalewanych wodą o niskiej lub średniej zawartości wapnia i magnezu, mimo pewnych różnic jakościowych skały macierzystej oraz ingerencji człowieka poprzez nawożenie, wykazuje pomiędzy poszczególnymi obiektami czy stawami stosunkowo małą zmienność. Z małymi wyjątkami (gleba poleśna) odczyn próchnicznych poziomów tych gleb mieści się w interwale pH 6,00—7,35, czyli w większości wypadków są to gleby słabo kwaśne lub obojętne. Podobne wyniki dla gleb piaskowych uzyskuje *Danielowski* (1965a). Gleby te nie wykazują także większej zmienności odczynu w profilu. Nie biorąc pod uwagę warstwy próchnicznej stawów silnie wapnowanych, które mają wtedy zwykle wyższe wartości pH, różnice w odczynie pomiędzy warstwami profilu nie przekraczają na ogół pH 0,5. Niekiedy w słabo wapnowanych stawach mniejsze zakwaszenie mają dolne poziomy profilu. Gleby piaskowe jak też i spiaszczone, zalewane wodami o dużej twardości, mają z reguły odczyn alkaliczny lub obojętny, wzrastający wraz z głębokością profilu.

Zawartość materii organicznej w powierzchniowych warstwach badanych gleb (tabela IV) waha się w bardzo szerokich granicach, bo 2,09—12,10%, przy czym w większości wypadków jest ona znacznie mniejsza niż w innych mineralnych glebach stawów (*Pasternak* 1959). Mieści się ona na ogół w granicach 3—4%. Średnie wartości substancji organicznej podane dla gleb piaskowych przez *Stangenberga* (1943) wynoszą 3,0—3,5%. Zasób materii organicznej w glebach stawowych w ogóle, zależy w zasadzie od ilości i jakości materii organicznej wyprodukowanej w stawie oraz od warunków, w jakich przebiega jej rozkład. Tak duże zróżnicowanie jej ilości w piaskowych glebach wynika głównie, jak zdają się wskazywać terenowe badania, z największej z wszystkich mineralnych gleb zmienności w nich tego ostatniego czynnika. Górna warstwa gleby piaskowej może bowiem stanowić w okresie odwodnienia stawów skrajnie różne środowisko rozkładu materii organicznej, mianowicie wybitnie suche aerobowe albo nadmiernie wilgotne anaerobowe, a więc sprzyjające procesowi jej mineralizacji lub go hamujące. O takim lub innym charakterze środowiska gleby piaszczystej w tym czasie, decyduje przede wszystkim wysokość wody gruntowej, a także skład mechaniczny gleby. Jak wykazują badania *Danielowskiego* (1965b), ubytki węgla organicznego w glebach piaszczystych w czasie zimowego osuszania stawów są ogólnie biorąc dosyć znaczne. W obrębie misy stawu więcej materii organicznej w glebie występuje w zaniedbanych stawach

Tabela IV. Zawartość substancji organicznej, organicznego węgla, ogólnego azotu, łatwo przyswajalnego fosforu oraz odczyn gleb dna stawów

Table IV. Contents of organic substances, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, and pond bottom soil reaction

Gospodarstwo Farm	Nr No Prof.	Postom Horizon	Głębokość w cm Depth in cm	Substancja organiczna Organic substances	C %	N %	C : N	pH(H ₂ O)	P ₂ O ₅ mg/100 g gleby of soil	
Brzeszcze	29	A ₁ G ₀	0-8	3,74	2,20	0,20	11,0	7,35	20,0	
		A ₁ G ₀ /BG ₀	8-23	1,03	0,60	0,05	12,0	6,10	0,5	
		BG ₀	23-53	0,29	0,17	0,01	17,0	6,20	3,5	
		CG	53-63	0,03	0,02	-	-	6,40	5,5	
		CG	63-110	śląd trace	-	-	-	6,05	śląd trace	
Wola	31	A ₁ BG ₀	0-16	9,15	5,31	0,28	19,00	6,08	2,5	
		A ₁ BG ₀ /CG	16-31	2,40	1,39	0,07	19,9	6,00	1,0	
		A ₁ BG ₀ /CG	31-46	2,43	1,41	0,07	20,1	6,15	10,0	
		CG	46-61	0,70	0,41	0,02	20,5	6,27	15,0	
		CG	61-112	0,19	0,11	0,005	22,0	6,27	1,5	
Przyborów (Lachmaniec)	33	A ₁ BG ₀	0-13	12,10	7,02	0,39	18,0	5,70	1,0	
		A ₁ BG ₀	13-27	3,34	1,94	0,08	24,2	5,50	0,5	
		A ₁ BG ₀ /CG	27-49	0,28	0,16	0,01	16,0	5,45	2,7	
		CG	49-76	0,33	0,19	0,01	19,0	5,20	0,5	
		CG	76-110	0,09	0,05	-	-	5,70	0,5	
Staw Pond 1	34	A ₁ G ₀	0-10	3,53	2,05	0,17	12,1	6,35	21,0	
		A ₁ G ₀ /BG ₀	10-55	0,17	0,10	0,01	10,0	6,25	śląd trace	
Hobot	36	A ₁ G ₀	0-3	3,19	1,85	0,13	14,2	6,50	1,0	
		A ₁ G ₀ /BG ₀	3-18	1,41	0,82	0,06	13,7	6,40	śląd trace	
		BG ₀	18-52	0,48	0,28	0,02	14,0	6,60	0,5	
	Staw Pond 1	37	CG	52-75	-	-	-	-	7,05	0,0
			A ₁ BG ₀	0-5	2,76	1,60	0,09	17,8	6,55	1,0
CG	38-55	CG	5-20	-	-	-	-	7,05	1,0	
		CG	38-55	-	-	-	-	6,60	śląd trace	
Kłapkówka	39	A ₁ BG ₀	0-14	2,74	1,59	0,15	10,6	6,80	1,0	
		CG	14-26	0,09	0,05	0,005	10,0	6,65	śląd trace	
		CG	45-65	śląd trace	śląd trace	-	-	7,05	"	
Ruda Różaniecka (Ostrówki)	42	A ₁ BG ₀	0-20	3,67	2,13	0,22	9,7	6,07	3,5	
		CG	20-40	0,02	0,03	-	-	6,20	śląd trace	
		CG	40-64	0,24	0,14	0,01	14,0	6,05	"	
		CG	64-100	0,24	0,14	0,01	14,0	6,00	"	
	Staw Pond 7	43	A ₁ BG ₀	0-26	5,59	3,24	0,29	11,2	6,00	1,7
Staw Pond 5	43	A ₁ BG ₀ /CG	26-40	0,31	0,18	0,012	15,0	6,70	śląd trace	
		CG	40-68	-	-	-	-	6,82	"	
CG	68-100	-	-	-	-	6,50	"			
Sieragi	44	A ₁ CaBG ₀	0-18	3,02	1,75	0,18	9,7	7,55	3,0	
		BG ₀	18-46	0,67	0,39	0,04	9,7	7,65	śląd trace	
		CG	46-86	śląd trace	śląd trace	-	-	7,95	0,0	
		CG	95-110	"	"	-	-	7,90	0,0	
	Staw Pond 6	45	A ₁ CaBG ₀	0-15	2,09	1,21	0,07	17,3	7,60	1,5
A ₁ CaBG ₀ /CG	15-45	0,14	0,08	0,01	8,0	7,75	0,0			
Krzyż	46	A ₁ Ca(B)G ₀	0-11	3,55	2,06	0,20	10,3	6,85	1,5	
		C(B)G ₀	11-21	1,24	0,72	0,08	9,0	6,30	1,8	
		CG	21-51	0,78	0,45	0,06	7,5	6,80	1,5	
		C(B)	51-80	0,41	0,24	0,04	6,0	6,70	1,0	
Rząska	51	A ₁ CaBG ₀	0-27	4,84	2,81	0,20	14,0	7,10	2,5	
		CG	27-50	0,29	0,17	0,014	8,5	7,45	śląd trace	
		CG	70-85	0,08	0,14	0,010	8,0	7,40	1,0	

w płytszej ich części, a w stawach o dobrej kulturze, zwłaszcza nawożonych, w głębszych miejscach. W głębszych poziomach profilu zawartość materii organicznej, w większości wypadków, dość nagle spada. Stosunkowo więcej występuje jej jeszcze w warstwie bezpośrednio podścielającej poziom próchniczny.

Stosunek ogólnego węgla organicznego do azotu (tabela IV) w poziomach próchnicznych gleb piaszkowych zalewanych wodami o niskiej i średniej twardości zmienia się w zakresie 9,7—19,0. Ogólnie biorąc jest on znacznie wyższy od tegoż stosunku u rolniczych gleb piaszkowych bielicowych (Musierowicz 1958) i innych gatunków mineralnych gleb stawowych, a podobny lub niekiedy wyższy niż u silnie próchnicznych (hydrogenicznych) piaszkowych gleb murszowych czy czarnych ziem występujących w sąsiedztwie torfowisk (Ugla i inni 1964, Olszewski i inni 1965). Stopień zhumifikowania substancji organicznych w tej grupie gleb jest więc bardzo mały. Za przyjęciem tego poglądu przemawiają również przeprowadzone mikroskopowe badania materii organicznej. W przeciwieństwie do innych mineralnych gleb stawowych w tej grupie piaszkowych gleb stosunek C : N, z małymi wyjątkami, z głębokością profilu wzrasta. Wynika to również z zamieszczonych w pracy Danielewskiego (1965b) danych liczbowych dotyczących ogólnego węgla i azotu. Przyczyna tego tkwi prawdopodobnie w tym, że organiczną masę głębszych warstw profilu gleby stanowią w przewadze zwęglone resztki korzeni i twarde tkanki roślinne ubogie w azot.

Gleby piaszczyste zalewane wodami zasobnymi w wapń, podobnie jak inne gatunki alkalicznych gleb stawów, mają ogólnie biorąc węższy stosunek C : N. Podobne wartości C : N uzyskał również Wróbel (1963) badając alkaliczne gleby innych stawów w obiekcie Sieragi. Wydaje się, iż zjawisko to wiąże się przede wszystkim z większą u takich gleb zdolnością do wiązania amoniaku (Nömmik i Nilsson 1963) oraz z lepszymi warunkami, jakie one stwarzają dla rozwoju mikroorganizmów rozkładających substancje organiczne.

Wyniki analiz chemicznych dla profili gleb przedstawiono w tabelach V i VI. Jak z danych tych widać, skład chemiczny badanych gleb wykazuje duże zróżnicowanie. Wynika ono przede wszystkim z odmiennego ich składu mechanicznego i mineralnego, różnej jakości wody w stawie oraz różnego stopnia nasilenia procesów glebotwórczych, które w nich zachodzą. Ten ostatni czynnik zaznacza się szczególnie w zróżnicowaniu składników chemicznych w profilu gleby.

Wszystkie piaszkowe gleby, ogólnie biorąc, odznaczają się stosunkowo małym zapasem związków chemicznych potrzebnych do życia w stawie, a dużą ilością balastowego składnika, jakim jest krzemionka. Wyjątek stanowią gleby zalewane wodą o dużej twardości, zawierają one bowiem wtedy w górnych warstwach duże lub nawet bardzo duże ilości wapnia. Wyjątkowo odmiennie może także przedstawiać się w poszczególnych pia-

Tabela V. Skład chemiczny rozpuszczalnej (R) i nierozpuszczalnej (N) w 20 % HCl części gleby dna stawu - profil. 36
(SiO₂ w części rozpuszczalnej w HCl uruchomiono 5 % Na₂CO₃)Table V. Chemical composition of a 20 % HCl extract - soluble part (R) and insoluble part (N) of pond bottom soil - profile 36
(SiO₂ in the HCl-soluble part was activated with 5 % Na₂CO₃)

Głębokość w cm (poziom) Depth cm (horizon)	0-3 cm (A ₁ G ₀)						3-18 cm (A ₁ G ₀ /BG ₀)						18-52 cm (BG ₀)						52-75 cm (CG)						
	R		N		Suma Total		R		N		Suma Total		R		N		Suma Total		R		N		Suma Total		
	in per cent by weight		% wag.		% mol.		in per cent by weight		% wag.		% mol.		in per cent by weight		% wag.		% mol.		in per cent by weight		% wag.		% mol.		
SiO ₂	2,18	86,49	88,67	96,48	1,60	90,20	91,80	96,84	1,51	88,63	90,14	95,86	2,64	90,18	92,82	96,36									
P ₂ O ₅	0,05	-	0,05	0,03	0,01	-	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	
Al ₂ O ₃	1,10	1,57	2,67	1,71	1,29	1,10	2,39	1,48	1,41	1,59	3,00	1,88	1,16	1,88	3,04	1,86									
Fe ₂ O ₃	1,28	ślad	1,28	0,52	1,62	ślad	1,62	0,64	2,72	ślad	2,72	1,09	1,32	ślad	1,22	0,52									
TiO ₂	-	0,15	0,15	0,12	-	0,14	0,14	0,11	-	0,15	0,15	0,12	-	0,16	0,16	0,12									
MnO	0,02	-	0,02	0,02	0,01	-	0,01	0,01	0,08	-	0,08	0,07	0,10	-	0,10	0,09									
CaO	0,28	0,15	0,43	0,50	0,19	0,19	0,38	0,43	0,19	0,20	0,39	0,44	0,16	0,19	0,35	0,39									
MgO	0,09	0,09	0,18	0,30	0,06	0,09	0,15	0,24	0,10	0,08	0,18	0,29	0,17	0,10	0,27	0,41									
K ₂ O	0,20	-	0,20	0,14	0,17	-	0,17	0,11	0,18	-	0,18	0,12	0,21	-	0,21	0,14									
Na ₂ O	0,09	-	0,09	0,09	0,08	-	0,08	0,08	0,07	-	0,07	0,07	0,07	-	0,07	0,07									
SO ₃	0,11	-	0,11	0,09	0,07	-	0,07	0,06	0,07	-	0,07	0,06	0,06	-	0,06	0,04									
H ₂ O (105° C)	-	-	1,05	-	-	-	0,73	-	-	-	0,99	-	-	-	0,71	-									
Strata żarowa Loss in ignition	-	-	5,21	-	-	-	2,60	-	-	-	2,11	-	-	-	1,20	-									
Suma Total	5,40	88,45	100,11	100,00	5,10	91,72	100,15	100,00	6,34	90,65	100,09	100,00	5,90	92,51	100,32	100,00									
SiO ₂ : R ₂ O ₃ mol	-	-	43,26	-	-	-	45,68	-	-	-	32,28	-	-	-	-	40,49									
SiO ₂ : Al ₂ O ₃ mol	-	-	56,42	-	-	-	65,43	-	-	-	50,99	-	-	-	-	51,81									
Al ₂ O ₃ : Fe ₂ O ₃ mol	-	-	3,29	-	-	-	2,31	-	-	-	1,72	-	-	-	-	3,58									

skowych glebach zawartość niektórych składników pokarmowych, które wprowadzane są do stawów przez nawożenie. Jak wynika bowiem z analiz, gleby stawów intensywnie nawożonych fosforem i wapniem mają z reguły w powierzchniowych warstwach większą ilość tych składników. Rozmieszczenie poszczególnych składników chemicznych w profilu piaskowych gleb jest zgodne z ich morfologicznymi cechami i wykazuje pewną ogólną prawidłowość. Mianowicie we wszystkich glebach stwierdza się z wyjątkiem krzemionki, sodu, a także potasu, mniejszą ilość składników

Tabela VI. Skład chemiczny rozpuszczalnej w 20 % HCl

Table VI. Chemical composition of a 20 % HCl-soluble

Nr No	Poziom Horizon	Głębokość Depth cm	Zawartość składników - % Contents of components - %							
			SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O
29	A ₁ G ₀	0-8	0,26	0,37	1,02	2,73	0,03	0,80	0,18	0,15
	A ₁ G ₀ /BG ₀	8-23	0,21	0,10	1,08	2,93	0,03	0,25	0,11	0,12
	BG ₀	23-53	0,24	0,50	0,78	7,81	0,04	0,24	0,14	0,13
	CG	53-63	0,20	0,04	0,65	1,10	0,01	0,28	0,15	0,14
	CG	63-110	0,18	0,01	0,66	0,50	śląd trace	0,14	0,11	0,15
31	A ₁ BG ₀	0-16	0,21	0,03	1,05	0,85	0,01	0,54	0,07	0,16
	A ₁ BG ₀ /CG	16-31	0,24	0,01	0,58	0,44	0,01	0,14	0,05	0,15
	A ₁ BG ₀ /CG	31-46	0,25	0,02	0,82	0,50	0,02	0,15	0,05	0,15
	CG	46-61	0,17	0,02	0,66	0,37	0,01	0,10	0,05	0,14
	CG	61-112	0,17	0,0	0,76	0,38	0,01	0,10	0,04	0,18
33	A ₁ BG ₀	0-13	0,25	0,13	1,83	2,43	0,03	0,54	0,21	0,20
	A' BG ₀	13-27	0,22	0,04	1,07	0,88	0,01	0,19	0,10	0,18
	A' BG ₀ /CG	27-49	0,18	0,04	0,81	0,70	0,01	0,17	0,10	0,16
	CG	49-76	0,10	0,15	0,70	1,10	0,04	0,13	0,12	0,19
	CG	76-110	0,18	śląd trace	0,55	0,35	śląd trace	0,10	0,04	0,18
34	A ₁ G ₀	0-10	0,21	0,06	1,64	1,10	0,02	0,38	0,09	0,25
	A ₁ G ₀ /BG ₀	10-55	0,18	0,02	1,15	1,75	0,01	0,21	0,24	0,25
37	A ₁ BG ₀	0-5	0,11	0,02	0,94	0,65	0,01	0,20	0,07	0,10
	CG	5-20	0,14	0,01	0,47	0,31	śląd trace	0,10	0,05	0,09
	CG	20-55	0,11	0,01	0,77	0,42	"	0,10	0,04	0,11
39	A ₁ BG ₀	0-14	0,17	0,03	2,10	1,44	0,01	0,72	0,22	0,20
	CG	14-26	0,12	0,01	0,18	0,29	śląd trace	0,12	0,07	0,14
	CG	45-65	0,09	0,01	0,23	0,24	"	0,11	0,05	0,14
42	A ₁ BG ₀	0-20	0,13	0,25	1,32	2,41	0,02	0,30	0,15	0,16
	CG	20-40	0,10	0,01	0,26	0,25	śląd trace	0,06	0,05	0,11
	CG	40-64	0,10	0,01	0,23	0,20	"	0,08	0,05	0,11
	CG	64-100	0,11	0,01	0,25	0,27	"	0,06	0,06	0,11
44	A ₁ CaBG ₀	0-18	0,16	0,06	1,99	1,59	0,01	1,92	0,19	0,17
	BG ₀	18-46	0,14	0,04	1,76	2,62	0,02	0,27	0,15	0,16
	CG	46-86	0,12	0,01	0,23	0,24	śląd trace	0,09	0,05	0,12
	CG	95-110	0,13	0,01	0,31	0,19	"	0,08	0,05	0,12
46	A ₁ Ca(B)G ₀	0-11	0,22	0,05	2,65	1,38	0,02	0,65	0,47	0,33
	C(B)G ₀	11-21	0,23	0,07	2,41	1,70	0,03	0,29	0,42	0,31
	CG	21-51	0,20	0,05	4,08	2,74	0,09	0,43	0,69	0,44
	C(B)	51-80	0,26	0,14	6,38	5,02	0,22	0,50	1,02	0,45

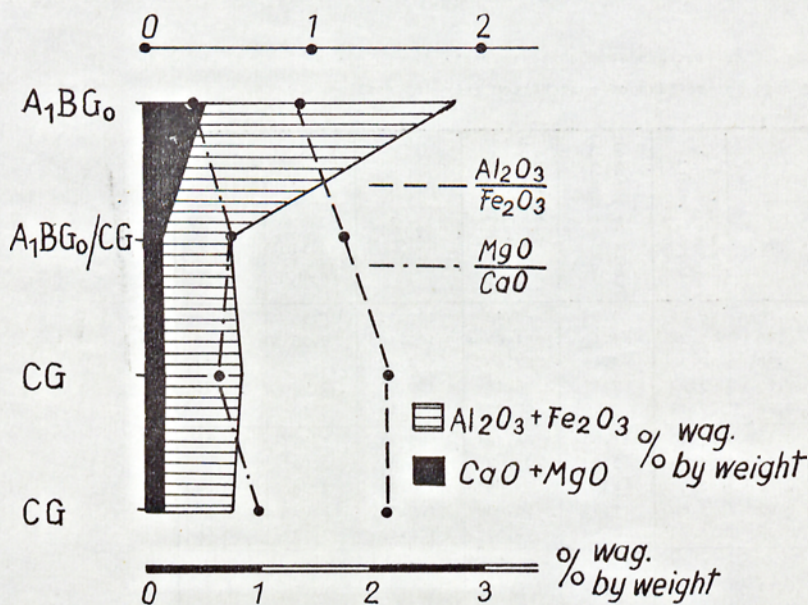
w dolnych poziomach (glejowych), a większą w górnych warstwach profilu. Szczególnie duże tego rodzaju zróżnicowanie zaznacza się w zawartości żelaza, glinu, manganu i fosforu. Z tego wynika, że w glebach tych zachodzi wyraźne oddolne wymywanie związków chemicznych. Stopień zróżnicowania w rozmieszczeniu żelaza, glinu oraz wapnia i magnezu w profilach piaskowych gleb, określają najwyraźniej stosunki molarne $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$, (tabela V) oraz $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ i $\text{Mg} : \text{CaO}$ (tabela VI). Z liczb tych wynika, że najintensywniej przemieszcza się żelazo,

części gleby profili dna stawów (powietrznie suchej gleby)

part of soil in profiles of pond bottom (air-dry soil)

Na ₂ O	SO ₃	Suma części rozpuszcz. w HCl Total of soluble parts	Strata na prażeniu Loss on ignition	Suma części nierozpuszcz. w HCl Total of insoluble parts	Suma Total	Stosunki molarne Molar ratios	
						$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{MgO}}{\text{CaO}}$
0,24	0,26	6,04	5,93	88,18	100,15	0,58	0,31
0,23	0,18	5,24	3,10	91,84	100,18	0,58	0,60
0,26	0,18	10,32	2,46	87,49	100,27	0,16	0,81
0,26	0,20	3,03	0,87	96,18	100,08	0,93	0,75
0,24	0,20	2,19	0,59	97,32	100,10	2,10	1,08
0,08	0,10	3,10	11,03	86,12	100,25	1,94	0,18
0,07	0,06	1,75	3,43	94,97	100,15	2,03	0,48
0,07	0,06	2,09	4,10	93,89	100,08	2,58	0,44
0,07	0,05	1,64	1,63	96,83	100,10	2,83	0,67
0,08	0,06	1,79	0,79	97,55	100,13	3,13	0,56
0,15	0,19	5,96	14,31	79,76	100,03	1,18	0,54
0,14	0,11	2,94	4,64	92,50	100,06	1,91	0,73
0,12	0,10	2,39	1,13	96,65	100,17	1,80	0,83
0,13	0,10	2,76	1,64	95,92	100,32	1,00	1,30
0,13	0,10	1,63	0,65	97,78	100,06	2,45	0,56
0,10	0,09	3,94	5,27	90,80	100,01	2,33	0,32
0,13	0,07	4,01	1,37	94,78	100,16	1,03	1,59
0,10	0,09	2,29	3,68	94,23	100,20	2,24	0,47
0,10	0,05	1,32	0,67	98,10	100,09	2,42	0,67
0,13	0,05	1,74	0,73	97,60	100,07	2,92	0,56
0,11	0,08	5,08	6,37	88,69	100,14	2,29	0,43
0,08	0,06	1,07	0,35	98,63	100,05	0,94	0,81
0,08	0,05	1,00	0,25	98,92	100,17	1,53	0,60
0,11	0,08	4,93	6,11	89,15	100,19	0,85	0,70
0,09	0,04	0,98	0,36	98,76	100,10	1,62	1,09
0,09	0,05	0,92	0,54	98,66	100,12	1,77	0,86
0,10	0,06	1,03	0,74	98,31	100,08	1,47	1,36
0,15	0,10	6,34	7,19	86,65	100,18	1,95	0,14
0,13	0,06	5,35	2,73	92,28	100,36	1,05	0,77
0,11	0,05	1,02	0,41	98,62	100,05	1,53	0,75
0,12	0,04	1,05	0,39	98,64	100,08	2,50	0,86
0,13	0,13	6,03	7,03	87,00	100,06	2,99	1,01
0,12	0,08	5,66	3,87	90,59	100,12	2,23	2,00
0,14	0,07	8,93	5,99	85,65	100,17	2,32	2,22
0,14	0,07	14,20	6,59	79,46	100,25	2,00	2,84

a najsłabiej magnez. Poziom wmywania tych składników występuje w poszczególnych glebach na różnych głębokościach. Zależy to głównie od wysokości podsiąkania wody gruntowej w okresie osuszania stawów. Sumę Fe, Al, Ca, Mg w procentach wagowych obrazującą miejsce wmywania, wraz ze średnimi stosunkami molarnymi, najbardziej typowych profili pochodzących ze stawów o odmiennym układzie stosunków wodnych w ich dnie, przedstawiają ryciny 2 i 3. W glebach gorzej odgórnie osusza-

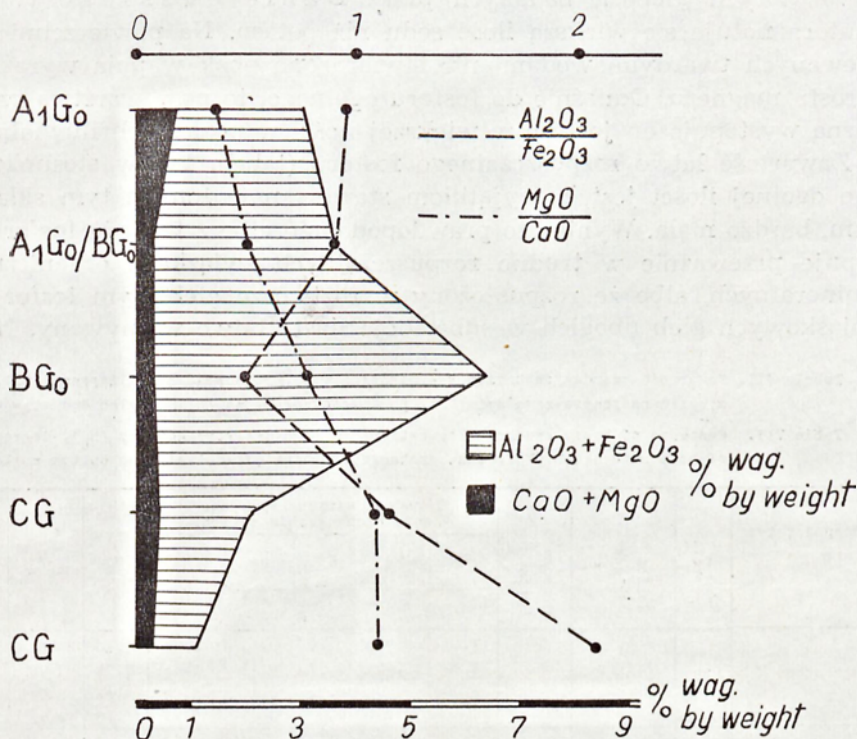


Ryc. 2. Średnie stosunki molarne i sumy % wag. glinu, żelaza, wapnia i magnezu w profilach (31 i 42) piaskowych gleb ubogich w te składniki lub gorzej odgórnie osuszanych

Fig. 2. Mean molar ratios and total in weight-% of aluminium, iron, calcium, and magnesium in profiles (31 and 42) of sandy soils poor in these components or less efficiently drained from above

nych lub bardzo ubogich w składniki chemiczne (oprócz krzemionki) widzimy (ryc. 2), że żelazo, glin, wapń i magnez w większej ilości koncentrują się głównie w warstwie próchnicznej. Ilość tych składników w głębszych poziomach profilu nagle spada do rzędu wartości do siebie podobnych lub nieco zmniejszających się z jego głębokością. Natomiast w profilach gleb o wysokim poziomie wody gruntowej, ale lepiej odgórnie natlenionych (ryc. 3), rozmieszczenie wapnia i magnezu jest podobne, a żelazo i glin wytrącają się poniżej poziomu próchnicznego. Przy tym charakterystyczne jest to, że pewna część glinu migruje wyżej od żelaza. Wynika to prawdopodobnie z tego, że chociaż żelazo silniej tworzy chelatowe metalo-organiczne związki niż glin, to z powodu swojej większej

od glinu wrażliwości na wyższe pH oraz jony wapnia i magnezu wcześniej ulega wytrąceniu (Wright i Schnitzer 1963, Lehman 1963). Wszystkie gleby piaszkowe najwięcej składników biogenicznych (P, K, Ca, Mg) zawierają w próchnicznej warstwie.



Ryc. 3. Średnie stosunki molarne i sumy % wag. glinu, żelaza, wapnia i magnezu w profilach (29 i 36) piaszkowych gleb głębiej odgórnie osuszanych

Fig. 3. Mean molar ratios and total in weigh-% of aluminium, iron, calcium, and magnesium in profiles (29 and 36) of sandy soils drained deeper from above

Piaszczyste gleby wytworzone z glin zwałowych są od gleb piaszkowych zasobniejsze we wszystkie poza krzemionką składniki chemiczne, zwłaszcza w tym wypadku, kiedy są zalewane twardą wodą i zawierają z tego powodu w górnych swych warstwach większy zapas wapnia. Tego rodzaju gleby zawierają szczególnie dużo potasu i magnezu. W profilu takich gleb skład chemiczny różnicuje się przede wszystkim zgodnie z ich składem mechanicznym. Bardziej piaszczyste górne poziomy profilu są uboższe od głębszych warstw gliniastych we wszystkie oprócz krzemionki składniki, przy czym z dwóch górnych poziomów zasobniejszy jest w nie poziom próchniczny, a z dolnych gliniastych poziom głębszy. Mniejsza zawartość w górnej gliniastej (oglejonej) warstwie żelaza, glinu, fosfo-

ru, manganu i innych składników świadczy, że w kształtowaniu się chemicznych stosunków w profilu takich gleb dużą rolę odgrywa także proces glejowy.

Próchniczne warstwy wszystkich gleb zawierają najwięcej siarczanów. W niektórych glebach badanych przez Danielewskiego (1965 a) i autora notuje się większą ilość sodu niż potasu. Na powierzchni gleb zalewanych twardymi wodami nie stwierdzono obok wapnia wyraźnego wzrostu magnezu. Odnośnie do fosforu ogólnego, to poza warstwą próchniczną występuje on jeszcze w większej ilości w poziomach iluwialnych.

Zawartość łatwo rozpuszczalnego fosforu (tabela IV) w stosunku do jego ogólnej ilości jest, z wyjątkiem stawów nawożonych tym składnikiem, bardzo mała. Wynika to prawdopodobnie albo z tego, że fosfor występuje przeważnie w trudno rozpuszczalnych związkach organicznych i mineralnych, albo że rozpuszczony w roztworze glebowym fosfor jest z piaszkowych gleb ubogich w substancje ilaste łatwo wymywany. Na tę

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

Table VII. Contents of basic exchangeable cations (S_1), hydrolytic acidity (H_h), degree of base saturation (V_h), base exchange capacity (H_h+S_1) of pond bottom soils

Gospodarstwo Farm	Nr No prof.	Poziom Horizon	Głębokość Depth cm	Zasadowe kationy wymienne Basic exchangeable cations					H_h	H_h+S_1	V_h %
				Ca	Mg	K	Na	Suma Total S_1			
				m.e. /100 g gleby /100 g soil							
Brzeszcze	29	A_1G_0	0-8	17,45	0,85	0,25	0,43	18,98	1,50	20,48	93
		A_1G_0/BG_0	8-23	2,20	0,15	0,07	0,12	2,54	3,24	5,78	44
		BG_0	23-53	2,00	0,10	0,02	0,10	2,22	3,12	5,34	42
		CG	53-63	0,40	0,25	0,03	0,07	0,75	1,78	2,53	30
Wola	31	A_1BG_0	0-16	10,95	1,30	0,16	0,21	12,62	7,46	20,08	63
		A_1BG_0/CG	16-31	2,50	0,30	0,06	0,09	2,95	4,82	7,77	38
		A_1BG_0/CG	31-46	2,45	0,80	0,05	0,08	3,38	6,60	9,98	34
		CG	46-61	0,40	0,25	0,05	0,06	0,76	3,44	4,20	18
Przyborów (Łachmaniec)	33	A_1BG_0	0-13	12,40	1,20	0,20	0,23	13,73	9,79	23,52	58
		A_1BG_0	13-27	2,55	0,40	0,09	0,10	3,14	4,97	8,11	39
		A_1BG_0/CG	27-49	0,30	0,20	0,04	0,06	0,60	2,01	2,61	23
		CG	49-76	0,50	0,20	0,04	0,06	0,80	3,60	4,40	18
Hobot	36	A_1G_0	0-3	4,35	0,50	0,20	0,10	5,15	1,74	6,89	75
		A_1G_0/BG_0	3-18	1,95	0,40	0,03	0,06	2,44	2,77	5,21	43
		BG_0	18-52	2,15	0,20	0,02	0,05	2,42	2,14	4,56	53
		CG	52-75	2,10	0,60	0,04	0,06	2,80	1,18	3,98	70
Kolbuszowa (Kłzapkówka)	39	A_1BG_0	0-14	6,90	0,90	0,13	0,19	8,12	2,61	10,73	76
		CG	14-26	0,45	0,10	0,02	0,05	0,62	0,60	1,22	51
		CG	45-65	0,50	0,20	0,03	0,05	0,78	0,52	1,30	60
Ruda Różaniecka (Ostrówki)	42	A_1BG_0	0-20	6,00	0,55	0,12	0,12	6,79	5,37	12,16	56
		CG	20-40	0,45	0,10	0,02	0,04	0,61	0,83	1,44	42
		CG	40-64	1,00	0,20	0,23	0,17	1,60	1,02	2,62	61
Krzyż	46	$A_1Ca(B)G_0$	0-11	14,40	2,90	0,36	0,28	17,94	2,49	20,43	88
		$C(B)G_0$	11-21	5,50	1,40	0,17	0,14	7,21	2,37	9,58	75
		CG	21-51	10,45	1,80	0,22	0,23	12,70	1,82	14,52	87
		C(B)	51-80	11,45	2,65	0,21	0,28	14,59	2,69	17,28	84

ostatnią możliwość zwraca uwagę w swych badaniach nad glebami piaskowymi Dobrzański (1949) oraz Ozanne i inni (1961). Faktycznie ilość łatwo rozpuszczalnego fosforu w glebie zalanego stawu jest o wiele większa niż wykazują wyniki analiz gleby wysuszonej, w zalanej bowiem źle natlenionej glebie procesy redukcyjne mogą spowodować kilkakrotny wzrost rozpuszczalności fosforu związanego z żelazem trójwartościowym (Gasser i Bloomfield 1955, Siuta 1962).

Pojemność sorpcyjna poszczególnych gleb piaskowych (tabela VII) jest bardzo różna, ponieważ uzależniona jest od ilości oraz jakości zawartych w tych glebach substancji organicznych i ilastych. Próchniczne poziomy tych gleb wykazują na ogół średnią lub nawet dużą pojemność sorpcyjną, natomiast głębsze warstwy z reguły małą lub bardzo małą. Stopień nasycenia tych gleb kationami zasadowymi, z wyjątkiem próchnicznych poziomów niektórych gleb nawożonych wapniem, jest mały i spada dość nagle w podpróchnicznych poziomach profilu. Kwasowość hydrolityczna w poszczególnych glebach przedstawia się różnie. W profilu w większości wypadków spada ze wzrostem głębokości. Bezwzględna ilość wymiennych kationów zasadowych w próchnicznych warstwach jest ogólnie biorąc dość znaczna, natomiast w niższych poziomach bardzo mała. Bogatsze w wymienne kationy zasadowe są zwykle gleby o większej pojemności sorpcyjnej. We wszystkich badanych glebach piaskowych wśród zasadowych kationów zdecydowanie przeważa wapń, a stosunkowo mało jest magnezu. Wymienione jony potasu stanowią w próchnicznych warstwach tych gleb duży procent w stosunku do ogólnej ilości potasu.

W spiaszczonych glebach wytworzonych z gliny zwałowej zarówno pojemność sorpcyjna, jak i ogólna ilość zasadowych kationów wymiennych jest znacznie większa. Szczególnie dużo więcej zawierają te gleby wymiennego potasu i magnezu. Mimo znacznej piaszczystości największą pojemność sorpcyjną i ilość zasadowych kationów mają poziomy próchniczne.

Stosunkowo duża pojemność sorpcyjna próchnicznych poziomów badanych gleb wynika przede wszystkim z tego, że podstawowym składnikiem ich kompleksu sorpcyjnego są substancje organiczne, które mają dużo większe możliwości chłonne niż sorbenty mineralne (Grim 1953, Siuta 1960). Być może, że wpływa na to również słaby stopień powiązania substancji organicznej z częściami ilastymi, których w tych glebach jest bardzo mało.

Omówienie wyników

Uzyskane dane pozwalają stwierdzić, że piaskowe gleby stawów, niezależnie od jakości wody służącej do ich zalewu, kształtują się w rezultacie nakładania efektów działania procesów akumulacyjnego oraz glejowo-

bielicowego. Proces torfotwórczy, podobnie do innych gleb stawów, zachodzi tylko sporadycznie na zarośniętych wierzchowinach źle odwodnionych stawów.

Proces akumulacyjny, jak w każdej glebie stawowej, przyczynia się do wytworzenia w glebie poziomu próchnicznego i do ciągłego wzbogacania go w organiczne i mineralne substancje. Stały dopływ tych substancji do powierzchniowej warstwy gleby nie tylko uzupełnia, najczęściej w nadmiarze, wymyte z gleby przez wodę stawu sole mineralne, lecz także powoduje w tej warstwie wzrost mineralnego materiału drobnoziarnistego (wymywanego ze zlewni), i co z tym się wiąże zwiększenie jej zwięzłości i pojemności sorpcyjnej. Zasadniczym składnikiem zaakumulowanych w glebie osadów jest materia organiczna wytworzona w stawie. Jak podaje G e s s n e r (1955), od 2 do 20% obumarłej masy planktonu może opadać dziennie na dno zbiornika. Intensywniejsza na ogół synteza materii organicznej zachodzi w stawach o dobrej kulturze wtedy, kiedy są zalewane żyzną wodą lub są silnie nawożone, a w płytkich zaniedbanych stawach w wypadku, kiedy są w większym stopniu zarośnięte roślinnością naczyniową. Ilość odłożonej w glebach piaszkowych materii organicznej jest jednak w znacznie większym stopniu niż w innych mineralnych glebach stawowych limitowana przez warunki jej rozkładu w okresie osuszania stawów, a ściślej biorąc przez stosunki tlenowe gleby związane głównie z jej uwilgotnieniem. W okresie zalania stawu w wodzie i dnie, zależnie od stratyfikacji tlenowej wody, rozkładają się w zasadzie tylko obumarłe najdrobniejsze organizmy roślinne. Większy przychód mineralnych osadów ziemistych stwierdza się w piaszkowych glebach tych stawów, których zlewnię w całości lub w części pokrywają lekkie gleby pylaste lub utwory pyłowe. Mineralne związki chemiczne, zwłaszcza wapnia i żelaza, akumulują się natomiast w glebie w większej ilości wtedy, kiedy woda zasilająca staw jest w nie bogata.

Procesy redukcyjno-bielicowe zaczynają towarzyszyć procesowi akumulacji w glebach piaszkowych zasadniczo już od pierwszych lat zalania stawów. Utwory piaskowe dzięki swej dużej przepuszczalności, podczas zalania stawów, nasycają się wodą do znacznych głębokości, bo najczęściej aż do strefy zalegania wody gruntowej. Z wyjątkiem górnej warstwy dna, która kontaktuje bezpośrednio z natlenioną wodą stawu, w całej głębszej masie piasku panują warunki anaerobowe. Układ ten, mimo dużej możliwości dyfuzji tlenu do tych gleb (T u r l j u n 1957), w większości wypadków nie ulega radykalnej zmianie również w okresie osuszania stawów. Stawy piaszczyste budowane są zwykle w obniżeniach terenu i na piaskach podścielonych mało przepuszczalnymi utworami, aby utrzymały wodę w ciągu sezonu. Stąd mają one w swym dnie wysoki poziom wody gruntowej, która nie pozwala na głębsze odgórne przesuszenie gleby i lepszą jej aerację. Na poziom wód gruntowych w okresie osuszania stawów wpływa także stan urządzeń melioracyjnych stawu oraz transpiracja nie-

których utrzymujących się w tym okresie roślin naczyniowych i ewentualnie drzew rosnących w otoczeniu (M u c h a m i e d ż a n o v i M u r t a z i n 1962). Roślinność o większych korzeniach przyczynia się poza tym do lepszej mikrodyfuzji tlenu w głębsze warstwy gleby (V i l a i n 1963). Przy braku tlenu lub ograniczonym jego dostępie w dolnej części profilu w obecności występujących w glebie i w wodzie kwasów i innych połączeń organicznych powstają warunki do zaistnienia procesów glejowo-bielicowych, i to w warstwie dna o znacznej miąższości. W okresie odwodnienia stawów odgórne przesuszenie, napowietrzenie, czasowe ogrzanie (J a c k s o n i i n n i 1965), a w okresie zimy zamarzanie gleby (E i m e r n 1962, K r u m b a c h i W h i t e 1964) powoduje przy wysokim stanie wody gruntowej okresowe jej podsiąkanie pod powierzchnię gleby. Do podsiąkania tego przyczynia się również większa zwięzłość górnej warstwy gleby. Procesy redukcji w połączeniu z wstępującym ruchem wody, przy istniejącej różnicy potencjału oksydo-redukcyjnego i stężeń roztworu pomiędzy dolną redukcyjną strefą gleby a jej natlenioną powierzchniową warstwą, prowadzą do większej lub mniejszej migracji zredukowanych składników gleby w górę profilu. Wydaje się, że z powodu lepszego natlenienia kontaktującej od góry z glebą wody stawowej i mniejszego w niej stężenia soli mineralnych, zjawisko przemieszczania składników chemicznych do powierzchni gleby zachodzi również w czasie zalewu stawu. Zredukowane związki żelazawe oraz manganawe napotykając w pobliżu powierzchni gleby lepsze warunki tlenowe i wyższe pH, wytrącają się w części w czasie zalania stawu, a prawie w całości podczas jego osuszania (przy współudziale bakterii aerobowych) w postaci rdzawych osadów, tworząc poziomy iluwalne (B). Szybkość utleniania Fe^{2+} w środowisku wodnym, zdaniem H o l l u t y i K ö l l e g o (1964), zależy głównie od odczynu tego środowiska oraz zawartości wytrąconego już wodorotlenku żelaza. Wyższe pH w powierzchniowej warstwie zalanej gleby spowodowane jest nie tylko przez większą tam ilość wapnia, lecz jak wykazuje M ü l l e r (1959), pochodzi od wyższej zwykle od gleby reakcji wody w stawie. Wcześniej wytrąca się żelazo, a później dopiero glin. Jakkolwiek prawie cała masa gleby piaskowej objęta jest przez proces glejowo-bielicowy, różnice morfologiczne i chemiczne jej profilu wynikają tylko z niejednakowego natężenia tych procesów w poszczególnych głębokościach piasku.

Umiejscowienie w profilu gleby piaskowej poziomu iluwalnego zależy od głębokości zwierciadła wody gruntowej w okresie osuszania stawów. W wypadku stałego wysokiego stanu wody gruntowej poziom wmywania powstaje w powierzchniowej warstwie gleby i pokrywa się z poziomem akumulacyjnym. Kiedy podczas osuszania stawów następuje pewne obniżenie się lustra wody gruntowej i głębsza aeracja gleby, poziom iluwalny tworzy się w głębszej warstwie profilu. Jak już zaznaczono powyżej, obydwa typy morfologii profilu i zróżnicowanie składu chemicznego

gleby mogą wystąpić w obrębie jednego stawu. Słabsze wytrącenia żelaziste, jeśli występują poniżej poziomu próchnicznego, układają się w charakterystyczne, nie zawsze regularne poziome smugi. Większe rudawcowe warstwy powstają zwykle w glebach wytworzonych z piasków zwięzlejszych, zasobnych w minerały zawierające żelazo lub wtedy, kiedy podsiąkające wody gruntowe są w ten składnik bogate. Wody takie przypływać mogą w ruchu bocznym z terenów otaczających. Jak stwierdza S m i r n o v (1964), substancje chemiczne przenoszone ruchem bocznym gruntowych wód przepływowych poruszają się w piaskach z szybkością zmienną, a zatem podsiąkający roztwór glebowy może się zmieniać w okresie wegetacji. Orszynowe warstwy mogą wytworzyć się też w jakimś jednym punkcie stawu, tam gdzie wybija się źródło wody gruntowej zasobnej w żelazo, która pochodzić może często z głębszego poziomu wodonośnego (B u c h h o l z 1961). Wytworzenie się w glebie stawu zbyt obfitego i nieprzepuszczalnego poziomu orszynowego jest zjawiskiem ujemnym, modyfikuje bowiem ono stosunki wodne dna i odcina górne warstwy gleby i wodę stawu od dopływu składników chemicznych z wodą gruntową.

Zależnie od reakcji środowiska oraz zastoju czy ruchu wody gruntowej w dolnej części profilu, od którego zależy dopływ do tej strefy tlenu, nasilenie i efekt oddolnego wymywania składników mineralnych w piaszkowych glebach jest różny. W przypadku kwaśnego odczynu środowiska, chemiczne skutki tego wymywania są zbliżone lub odpowiadają procesowi bielnicowania. W wymywaniu tych składników większą rolę niż kwasy mineralne odgrywają — zdaniem S w i n d a l e ' a i J a c k s o n a (1956) oraz F a t i a n o v e j (1958) — obecne w roztworze glebowym kwasy organiczne. Silniej zaznacza się z reguły oddolne wymywanie składników chemicznych w piaszkowych glebach naglinowych o bardziej zastojującej wodzie gruntowej. Natomiast, co warto podkreślić, bardzo znikome zróżnicowanie morfologiczne i chemiczne występuje w glebach wytworzonych z głębokich, silnie pierwotnie przemytych piasków luźnych (bardzo ubogich w głębszych warstwach w żelazo, glin i substancje organiczne). Procesowi glejowo-bielicowemu ulegają również piaszkowe gleby stawów zalewane wodami o dużej twardości ogólnej. Wytrącający się z wody na ich powierzchni węglan wapnia nie może hamować tego procesu, ponieważ w większym nasileniu zachodzi on właściwie tylko w dolnych warstwach gleby.

W kształtowaniu piaszczystych gleb wytworzonych z gliny zwałowej, poza wymienionymi procesami bierze jeszcze udział, jak się wydaje, proces mechanicznego przemywania przez wodę stawu ilastych części z dolnej gliniastej warstwy. Przyczynia się do tego w głównej mierze żerowanie większych ryb na dnie. Działanie (odgórne) procesu glejowego w tych glebach, powoduje wymycie ze stropowej gliniastej ich warstwy żelaza, glinu, fosforu, manganu, a także w mniejszej ilości wapnia i magnezu,

przy czym kierunek migracji tych składników jest nieco inny niż w glebach piaszkowych. A mianowicie, część składników poprzez piaszczyste warstwy dąży w górę profilu i podobnie do niektórych gleb piaszkowych wytrąca się w poziomie próchnicznym, a druga część, tak jak w pyłowych glebach (P a s t e r n a k 1965), przemieszcza się w dół profilu i koaguluje w głębszej, suchszej i lepiej natlenionej warstwie gliny macierzystej. Proces glejowy przyjmuje więc kierunek pośredni między glebami piaszkowymi a pyłowymi. Wynika to z tego, że stosunki wodne w tych glebach układają się częściowo podobnie jak w piaskach naglinowych.

Tak więc, we wszystkich badanych glebach przebieg i skutki procesu glejowo-bielicowego, wyrażone w morfologii i właściwościach chemicznych ich profilów, zależą w głównej mierze od charakterystycznego układu stosunków wodnych w dnie stawów. Stosunki te wiążą się przede wszystkim z fizycznymi właściwościami piasków (dużej ich przepuszczalności) i głębokości zalegania w ich profilu mało przepuszczalnej warstwy.

Zjawisko oddolnego wymywania z głębszych warstw gleby i podsiąkania składników mineralnych wraz z wodą gruntową przyczynia się, obok procesu akumulacyjnego, nie tylko do gromadzenia tych składników w powierzchniowych poziomach gleby w okresie osuszania stawu, lecz także, co ważniejsze, do bezpośredniego wzbogacania w nie wody stawu. Z tego względu przy rozpatrywaniu właściwości chemicznych gleby piaskowej i jej wpływu na wodę stawu, należy brać pod uwagę również głębsze jej warstwy (Pasternak 1966) oraz stan, ruch i jakość wody gruntowej.

W glebach piaszkowych zawartość składników mineralnych, poza krzemionką, jak również w tym ilość kationów wymiennych jest ogólnie biorąc niewielka i zależy od ukształtowanego składu mechanicznego i mineralnego gleby, zawartości w niej substancji organicznych oraz jakości wody w stawie i gruncie. Co się tyczy składu mechanicznego, to zależność ta najbardziej uwydatnia się w stosunku do zawartości w glebie frakcji iłu koloidalnego, która, jak stwierdził D o b r z a ń s k i (1948), jest głównym magazynem składników pokarmowych roślin. Piaskowe, nie nawożone gleby, odznaczają się w zasadzie tylko wystarczającym zapasem żelaza. Stąd piaszczyste stawy zalewane twardą wodą, w przeciwieństwie do zbiorników wodnych o takiej samej wodzie, lecz innym dnie i podłożu zlewni (S c h e l s k e i inni 1962), nie wykazują deficytu tego składnika. Szczególnie mało zawierają gleby piaskowe wymiennego magnezu i łatwo rozpuszczalnego fosforu. Z uwagi na duże wymywanie tego ostatniego składnika, zwłaszcza z piasków luźnych, do nawożenia stawów piaszczystych najlepiej byłoby używać mączki fosforytowej (P a s t e r n a k 1963). Według doświadczeń O z a n n e i innych (1961), przy zamianie w nawożeniu superfosfatu na fosforyty, straty fosforu w piaszczystych glebach łądowych zmniejszyły się z 22% do 4%. Magnez powinno się uzupełniać w glebach piaszkowych, zalewanych mało twardą wodą, przy okazji wap-

nowania stawów w celach nawozowych przez stosowanie mielonych dolo-
mitów i margli. Stosowanie takiego wapnowania jest korzystne również
ze względu na małe zbuforowanie gleb piaszkowych (D o b r z a ń s k i
i M y s z k a 1948). Zawartość potasu w poszczególnych glebach jest dość
zmienna i ogólnie niewielka. Zbyt małą ilość potasu, z wyjątkiem próch-
nicznych poziomów, wykazują przede wszystkim głębokie silnie przemyte
piaski luźne. Wymienny potas w większej ilości występuje jedynie w po-
ziomach próchnicznych. W głębszych poziomach profilu potas znajduje
się głównie w minerałach pierwotnych, z których według B a i l l y ' e g o
1963) jest jeszcze słabiej uwalniany niż z minerałów ilastych. Przy
podobnym składzie mechanicznym większą potencjalną żywność, niż gle-
by utworzone z piasków aluwialnych, wykazują gleby powstałe z pia-
sków glacialnych, które zasobniejsze są w łatwo wietrzejące minerały.

Podniesienie wartości użytkowej najuboższych gleb piaszkowych po-
winno opierać się przede wszystkim na podwyższaniu w nich zawartości
substancji organicznych i ilastych przez stosowanie odpowiedniego nawo-
żenia (sorbento — nawozów) oraz zabiegów melioracyjnych. Organiczna
materia, oprócz innych korzyści — jak na przykład stymulacja rozwoju
bakterii, mikrobentosu (K w i a t k o w s k a - G r a b a c k a 1965) oraz po-
prawa siedliska dla innych zwierząt bezkręgowych (S t a r m a c h 1963) —
zwiększy pojemność sorpcyjną tych gleb, co jest nieodzowne do zmagazy-
nowania przez nie większej ilości składników pokarmowych roślin
i zmniejszenia szybkości ich wymywania.

Jak zdają się wskazywać analizy wody stawów opadowych, których
gleba dna odpowiada zwykle gatunkowo glebie zlewni, gleby piaskowe,
mimo małego zapasu korzystnych soli mineralnych, oddają wodzie stawu
stosunkowo znaczną ich ilość (P a s t e r n a k 1966). Wynika to prawdo-
podobnie z tego, iż dzięki dużej przepuszczalności i ubóstwu w sorbenty
ilaste, wymywanie składników chemicznych z gleby piaskowej przez
wodę stawu jest o wiele łatwiejsze aniżeli z innych gleb stawowych. Naj-
łatwiej, jak wykazują badania N o l a n a i P r i c h e t a (1960) oraz M u-
s i e r o w i c z a i B r o g o w s k i e g o (1964), uwalnia się z gleby piasz-
czystej potas. Z tego głównie powodu, jak się wydaje, wody znacznej
części stawów piaszczystych zawierają wystarczającą ilość potasu. Szcze-
gólnie bogate w te składniki mineralne są wody stawów o piaszczystych
glebach, utworzonych z glin zwałowych. Gleby te bowiem nie tylko
łatwo oddają wodzie swe składniki mineralne, lecz także są one w nie
znacznie bogatsze.

Zagadnienie podziału i nomenklatury wszystkich omówionych mine-
ralnych gleb stawowych (z powodu braku polskiej systematyki gleb pod-
wodnych) wymaga szerszego przedstawienia i będzie tematem odrębnej
publikacji. Osobno zostanie również określony skład (frakcyjny) substan-
cji organicznej poszczególnych gleb.

SUMMARY

The investigated pond soils, irrespectively of the quality of the water serving to flood them, are formed as a result of the superposition of effects of the action of accumulation and gleying-podsolisation processes. The peat-forming process occurs only occasionally in shallowed, incorrectly drained ponds.

The process of accumulation contributes to the development of a humus horizon in the soil and to its continuous enrichment in organic and mineral matter. As one of the results of the accumulation of these substances there occurs in this horizon an increase in the content of small grains (Table II) as well as in sorption capacity (Table VII). The content of organic matter is greatly variable but in most cases it lies within the range of 3—4 per cent. The organic matter is very feebly bound with the mineral mass of the soil and, as can be seen from the C:N ratio, very weakly humified in soils flooded by waters of low hardness. With few exceptions, the C:N values in this group of soils increase with the depth of the profile. Taken as a whole, alkaline sandy soils flooded by waters rich in calcium have a narrower C:N ratio. A greater increase in mineral earth sediments is observed in sandy soils with a drainage area covered with very fine sandy or silty soils. Mineral chemical compounds, especially Ca and Fe, accumulate in larger amounts in the upper layer of the soil only when water supplying the pond is rich in them.

In sandy soils the gleying-podsolisation process is most strongly marked in deeper layers which, owing to the usually high ground-water level, show throughout the year a deficiency of oxygen. The upper layer of soil has better oxygen conditions, since during flooding of the ponds it comes into contact with the water of the pond rich in O₂ and, during their draining, with the air. The gleying-podsolisation process, on account of differences in the oxidation-reduction potential and concentrations of solutions between the lower reduction zone of the soil and its surface layer, and also owing to the capillary ascension of ground water at the time of draining the ponds, leads in its final effect to the migration of reduced mineral compounds towards the top of the profile and to the water of the pond. The point of precipitation (B) of part of the components in the upper part of the profile depends on the ground-water level at the time of draining the ponds (figs 2 and 3). In the case of an acid reaction of the medium, the chemical effects of washing out approximate or correspond to the podsolisation process. In partly shallowed ponds where there occurs a differentiation of water conditions, the soil may have a different morphology and chemical properties in the deeper (II) and shallower (I) part of the pond (fig. 1). The most strongly displaced from the lower horizons towards the top of the profile are Fe, Mn, Al, and P. Also the chemical components of mobile ground waters which often wash them out from terrains surrounding ponds, diffuse towards the top of the profile and to the water of the pond. The strongest washing out of components and morphological differentiation of the profile is marked in sandy soils underlain by clay, the weakest in deep, loose sands, poor in iron and aluminium. In the profile of soils containing large amounts of iron and aluminium, and whose ground waters are rich in these components layers of iron hardpan may form. The gleying process brings about similar effects also in the profile of pond soils flooded with water rich in calcium, where CaCO₃ is precipitated at the surface.

In sandy soils formed from boulder loam the gleying-podsolisation process causes the washing out of chemical components chiefly from the boulder loam underlying the sandy layers. However, the direction of migration of these components in the profile of such soils is somewhat different from that in sandy soils. Some of the

components from the reduction zone of the soil are displaced here, similarly as in silty soils, towards the bottom of the profile, being precipitated in the deeper and drier layer of clay.

On account of the phenomenon of washing out from below mineral components from deeper layers of the soil and of their capillary ascension with ground water, when examining the chemical properties of the investigated soils one should also take into consideration their deeper layers, as well as the level, movement, and quality of ground water. Broadly speaking, all sandy soils are characterized by a relatively small supply of elements necessary to the life of plants in the pond with, at the same time, a considerable content of silica, a ballast component. The general content of these elements and of basic exchangeable cations (Table VII) depends on the mechanical and mineral composition of the soil, on its content of organic matter, and on the quality of water in the pond and ground. Sandy soils have a particularly low content of exchangeable magnesium and easily dissolvable phosphorus (Table IV). Deep, strongly washed loose sands are also deficient in potassium. Iron in sandy soils occurs in a relatively larger amount. Much richer in plant nutrients are sandy soils formed from boulder loam. On account of the possibility of a considerable washing out from loose sands of the easily dissolvable phosphorus rock, phosphate should be used for fertilizing ponds with such soils.

Sandy soils, in spite of their small supply of mineral salts which are of great advantage in the pond, deliver to it a relatively large amount of these salts. This is probably due to the fact that, owing to the considerable permeability of sandy soils and to their low content of clayey sorbents, mineral components are more readily washed out from them than from other pond soils.

LITERATURA

- Bailly F., 1963. Methodische Untersuchungen zur K-Freisetzung aus Mineralen. Z. Pfl. Ernähr. Düng., 102, 17—28.
- Buchholz F., 1961 Vorgänge in grundwasserbeeinflussten Sandböden und ihre Bedeutung für die Standort Beurteilung. Archiv. f. Forstwesen, 10, 4—6.
- Christ W., Kaeding J., 1954. Zur Titrimetrischen Härtebestimmung mit dem Dinatrium-saltz der Athylendiamintetraessigsäure. Wasserwirtsch.-Wassertechn., 4, 171.
- Danielewski S., 1965a. Badania nad składem profilów dna stawowego. Roczn. Nauk Rol., 86-B-2, 321—340.
- Danielewski S., 1965b. Mineralizacja osadów dennych w okresie zimowego osuszania stawów rybnych. Roczn. Nauk Rol., 86-B-2, 341—359.
- Dobrzański B., 1948. Rola frakcji koloidalnej w szczerku zbielicowanym przy magazynowaniu składników pokarmowych dla roślin. Annal. Univ. MCS, E, 2, 1—18.
- Dobrzański B., 1949. Dynamika gleb piaszczystych. Annal. Univ. MCS, B, 4, 1, 1—16.
- Dobrzański B., Myszk A., 1948. Przykład sorpcyjnych właściwości gleb piaszczystych i pylastych. Annal. Univ. MSC, AA, 3, 1, 1—14.
- Eimern J., 1962. Die Hebung des Bodens durch Frost. Bayer. Landwirt. Jhr. B., 39, 3, 1011—1015.
- Fatjanova A.S., 1958. Niektóre osobliwości reakcji między počvami i rastvorom fulvokislot. Počvov., 8, 102—105.
- Gasser J.K.R., Bloomfield C., 1955. The mobilization of phosphate in waterlogged soils. J. Soil Sci., 6, 2, 219—233.

- Gessner F., 1955. *Hydrobotanik*. I. Berlin, Deutscher Verl. Wiss.
- Gorbunov J. N., Prusinkiewicz Z., Gradusov B. W., 1963. Obrazowanie glinistych mineralow v podzolistych počvach na pieścanych porodach raznovo vozrasta. *Počvov.*, 8, 48—56.
- Graham E. R., 1953. Soil mineralogy as an index to the trace-element Status of some australian soils. *Soil Sci.*, 75, 5, 333—334.
- Grim R. E., 1953. Ion exchange in relation to some properties of soil-water systems. Symposium on exchange phenomena in soils, Baltimore.
- Herrmann (red.), 1941. *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuche und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch)*, 1, Neudamm-Berlin.
- Holluta J., Kölle W., 1964. Über die Oxydation von zweiwertigem Eisen durch Luftsauerstoff. *GWF*, 105, 18, 471—474.
- Jackson R. D., Rose D. A., Penman H. L., 1965. Circulation of water in soil under a temperature gradient. *Nature*, 205, 3/4—3/6.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. *Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych*, Warszawa, PZWL.
- Krumbach A. W. Jr., White D., 1964. Moisture pore space and bulle density changes in frozen soil. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 28, 422—425.
- Kubiena W., 1953. *Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas*. Enke, Stuttgart.
- Kuźnicki F., 1955. Właściwości darniowo-bielicowych gleb piaskowych, wytworzonych z piasków różnego pochodzenia geologicznego. *Rocz. Glebozn.*, 4, 6—76.
- Kwiatkowska-Grabacka E., 1965. Mikrofauna dna stawów rybnych w Gołysz. *Acta Hydrobiol.*, 7, 4, 317—328.
- Lehman D. S., 1963. Chelates in soil — a symposium. Some principles of chelation chemistry. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 167—170.
- Muchamiedżanov S. M., Murtazin Ž. V., 1962. K voprosu o vlijanij transpiracii na rieżim podziemnych vod. *Vestn. Akad. Nauk. Kazach. SSSR*, 8, 62—67.
- Musierowicz A., 1958. *Gleboznawstwo szczegółowe*. Wyd. II, Warszawa, PWRiL.
- Musierowicz A., Brogowski Z., 1964. Wiązanie kationów wymiennych i anionów w glebach piaskowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 50b, 3—8.
- Müller W., 1959. Bemerkungen zur Methodik der pH-Untersuchung in Teichböden. *Z. Landw. Untersuchw.*, 5, 132—140.
- Nolan C. N., Prichet W. L., 1960. Certain factors affecting the leaching of potassium from sand soils. *Proc. Soil and Crop. Sci. Soc. Florida*, 20, 139—145.
- Nömmik H., Nilsson K. O., 1963. Fixation of ammonia by the organic fraction of the soil. *Acta Agr. Scand.*, 13, 371—390.
- Olszewski Z., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P., 1965. Przyczynę do poznania gleb hydrogeniczných murszowych Polski. *Rocz. Nauk Rol.*, 90-A-2, 233—267.
- Ozanne P. G., Kirton D. J., Shaw T. C., 1961. The loss of phosphorus from sandy soils. *Austrial. J. Agric. Res.*, 12, 3, 409—423.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza Górnej Wisły. *Acta Hydrobiol.*, 1, 3—4, 221—283.
- Pasternak K., 1963. Wstępne doświadczenia nad możliwością zastosowania polskiej mączki fosforytowej (annofosu) w nawożeniu stawów. *Acta Hydrobiol.*, 5, 4, 403—433.
- Pasternak K., 1965. Gleby stawowe wytworzone z utworów pyłowych. *Acta Hydrobiol.*, 7, 1, 1—26.
- Pasternak K., 1966. Skład chemiczny wody stawów na terenach piaszczystych. *Acta Hydrobiol.*, 9, 1—2, 111—127.

- Schelske C.L., Hooper F.F., Haerth E.J., 1962. Responses of a marl lake to chelated iron and fertilizer. *Ecology*, 43, 4, 646—653.
- Siuta J., 1960. Wstępne badania nad udziałem glebowej substancji organicznej w sorpcji wymiennej kationów. *Rocz. Glebozn.*, 9,2, 57—67.
- Siuta J., 1962. Wpływ okresowo beztlenowego rozkładu substancji organicznej na rozpuszczalność i przemieszczanie składników mineralnych w glebie. *Post. Nauk Rol.*, 2(74), 75—88.
- Smirnov M.P., 1964. Opyt izučeniija vnutripočviennogo stoka v sieviernoj casti zapadnogo Sajana. *Počvov.*, 4, 92—100.
- Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes, 1955, New York, APHA.
- Stangenberg M., 1943. Die Produktionsbedingungen in den Teichen. II Die chemische Zusammensetzung der Böden unter den Teichen. *Geologie der Meere und Binnengewässer*, 6, 1—67.
- Starmach K., 1963. Hodowla ryb stawowych — staw jako środowisko hodowlane., 11—76, Warszawa, PWRiL.
- Swindale L.D., Jackson M., 1956. Genetic processes in some residual podzolized soils of New Zeland. *Trans. Inter. Congr. Soil Sci. 6 th Congr. Paris*, 6, 233.
- Tokarski J., 1946. Über eine pulver-planimetrische Methode der Analyse der kristallinen Gesteine. *Bull. Acad. Pol. Sc. Lett.*, A, 285—293.
- Tokarski J., 1957. Studia nad koloidami gleb lekkich w Polsce. *Rocz. Nauk Rol.*, 76-A-3, 413—466.
- Treadwell F.P., Treadwell W.D., 1946. *Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie*, 2, 11, Wien, F. Deuticke.
- Turljun I.A., 1957. K teorii gazoobmiena v počvach. *Počvov.*, 7,22—30.
- Uggl H., Mirowski Z., Piaścik H., Rytelowski J., 1964. Dunkle humose Böden der Sandergebite. *Rocz. Glebozn.*, dodatek do t. XIV, 259—276.
- Vilain M., 1963. L'Aération du sol. *Ann. Agron.*, 14(6), 967.
- Wondrausch J., 1951. Badania nad znalezieniem szybkiej metody do oznaczania fosforu i potasu w glebach wraz z zastosowaniem jej do celów praktyki rolniczej. *Annal. Univers. MCS, Lublin, E*, 6, 15, 429—458.
- Wright J.R., Schnitzer C., 1963. Metallo-organic interactions associated with podzolization. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 171—176.
- Wróbel S., 1963. Chemische Untersuchungen von Fischteichen in der Woiwodschaft Kielce. *Acta Hydrobiol.*, 5, 2—3, 215—227.

Adres autora — Author's address

dr Kazimierz Pasternak

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