

## Skład mineralny niektórych gleb lekkich w Polsce jako wskaźnik ich żyzności

### Wstęp

W związku z koniecznością wzmożenia produkcji rolniczej odbyto już w Polsce szereg poważnych konferencji, w tym przede wszystkim Sesję Problemową, zorganizowaną w październiku 1954 r. przez Komitet Nauk Rolniczych PAN. W toku obszernej dyskusji przeprowadzonej na tej właśnie Sesji okazało się, że rozwiązanie wymienionego zagadnienia nie jest proste z dwóch powodów: po pierwsze — znaczna większość gleb w Polsce to utwory tzw. lekkie, czyli zapiaszczone, a przez dotychczasową gospodarkę mocno zdegradowane w żyzności; po drugie — zagadnienie poprawy ich struktury jest mocno skomplikowane i może być przeprowadzone jedynie kompleksowo, tzn. przede wszystkim przez ścisłą współpracę naukowców zajmujących się różnymi zagadnieniami wchodzącymi w skład wiedzy rolniczej.

W dyskusji na wspomnianej Sesji poruszano wiele spraw w tym zakresie oraz podawano wiele sposobów podejścia do zagadnienia podniesienia produkcji. Trudno jednakże było z powodu przeładowania programu obrad, ograniczonego czasu przeznaczanego na dyskusję i trwania samej Sesji, dojść do jakiejś ogólnej syntezy, która by przede wszystkim nie tylko wytypowała kierunki, w jakich powinna by odtąd pójść praca, lecz również podała projekt kompleksowego podejścia do zagadnienia, ze ścisłym wskazaniem koniecznej hierarchii prac.

Niewątpliwie Prezydium Komitetu Nauk Rolniczych, mając do dyspozycji cały materiał Sesji, zajmie się poruszonym zagadnieniem, ustalając jakiś realny plan prac na przyszłość. Zanim to się stanie, pragnę w tej pracy poruszyć pewne zagadnienia natury gleboznawczej, dotyczące samego warsztatu pracy rolnika, tj. roli, względnie gleby.

W zakresie tego przedmiotu nie mamy naprawdę za dużo wiadomości, zwłaszcza o ile idzie o sprawę żyzności. Najwięcej pracy włożono dotąd w schematy klasyfikacyjne, które zostały oparte na cechach glebowych ujmowanych prawie wyłącznie „jakościowo“. Podejmowane dotychczas ilościowe oznaczenia w zakresie gleboznawstwa dotyczyły np. jedynie składu mechanicznego gleb oraz głębokości profilów. Oznaczenia te były podawane jedynie z grubsza, a liczbowa klasyfikacja opierała się najczęściej na określeniach takich jak „od — do“. O ile takie liczbowe ujęcie cech glebowych mogło by przydać się dla celów porównawczych, to jednak nie rozwiązywało najistotniejszego zagadnienia, tj. dokładnej charakterystyki utworu glebowego w związku z produkcją. Być może, gdyby zagadnienie rozwiązywano kompleksowo, tzn. ten, który uprawia rośliny znalazłby funkcję między zakresami „od — do“ a wzrostem lub spadkiem produkcji

na danej glebie, już by sprawa była lepiej i wyraźniej postawiona. Zostałyby bowiem w ten sposób odkryte ściślejsze związki między zdolnością produkcyjną danej gleby a jej składem mechanicznym. Nieliczne jednakże były dotąd przypadki, w których producent rolniczy szukał takiego związku. Pracując zazwyczaj przez dłuższy czas na danym kompleksie glebowym i otrzymując pewien stopień produkcyjny twierdził on, że swoją glebę „dokładnie zna z praktyki“, co mu przeważnie wystarczało.

Byłem raz świadkiem charakterystycznej dyskusji na temat reagowania gleby na nawożenie roztworem amoniakalnym. „Na oko“ te same gleby reagowały różnie (w tym nawet zerowo) na odpowiednie dawki rodniaka  $\text{NH}_4$ . Jasne było dla mnie, że przyczyną tego mogła być natura oraz ilość koloidów glebowych, które zależnie od stosunków strukturochemicznych, decydujących o pojemności wymiennej, zareagowały w danym przypadku różnie na dawki amoniaku.

Już z przytoczonych faktów wynikają pewne konkretne wskazówki dla kierunków organizacji prac badawczych na temat naszych gleb lekkich, które tworzą — jak wiadomo — znaczną większość ornych pól w Polsce.

Przede wszystkim było by wskazane, by możliwie dokładnie określić ściśle, tj. liczbowo, ich skład mineralny oraz mechaniczny. Są to jedyne dwie stałe cechy każdej gleby, które dadzą się konkretnie określić. Wszystkie inne cechy są w zależności funkcyjnej od wyżej wymienionych.

W skład każdej przeciętnej gleby wchodzi następujące minerały: piasek (głównie kwarc), ilasta substancja (pochodne grupy montmorillonitu, kaolinitu, illitu i innych), węglany (głównie węglan wapniowy). Jako domieszka zjawia się tutaj w zmiennym procencie substancja organiczna, popolicie określana nazwą próchnicy. Stosunki ilościowe w obrębie wymienionych składników są różne, z tym że w glebach lekkich olbrzymią przewagę stanowi piasek (powyżej 80%).

W zakresie użyźniania gleb nie wszystkie wymienione składniki odgrywają jednakową rolę. W znaczeniu czynnika bezpośredniego piasek jest elementem biernym, jego wpływ na rodzaj gleby ogranicza się do formowania odpowiedniej struktury. Ważna rola węglanów jest już od dawna znana. Mamy również sporo wiadomości na temat próchnicy jako składnika glebowego. Dopiero w ostatnich latach zdajemy sobie sprawę, że żyzność gleby w znaczeniu czynnika bezpośredniego, mającego wpływ na wzrost roślin, zależy przede wszystkim od jakościowego i ilościowego składu minerałów wchodzących w skład tzw. kompleksu ilastomineralnego oraz organomineralnego. Znajomość materii glebowej powinna zatem oprzeć się na dostarczeniu ilościowych danych analitycznych, które zdołałyby zobrazować skład mineralny każdej gleby.

Mając to na uwadze, w pracowni Katedry Gleboznawstwa Wyższej Szkoły Rolniczej w Krakowie zorganizowano od szeregu lat prace nad polskimi glebami w kierunku możliwości dostarczenia danych na temat ich składu mineralnego. Najpierw rozwiązano sprawę odpowiedniej metodyki badań, która znalazła swój wyraz ostateczny w tzw. analizie termicznej mojego pomysłu, opisaną już w kilku pracach (1).

Metoda ta umożliwia w sposób prosty, a wystarczająco dokładny określenie procentowej zawartości wymienionych wyżej składników glebowych. Na tej podstawie wprowadzono już do polskiej nauki gleboznawczej nowy sposób kartowania gleb, ilustrując go przykładowo odpowiednią mapą, obejmującą obszar 60 km<sup>2</sup> z rejonu krakowskiego (2).

Wydzielone na tej mapie typy glebowe, którym pozostawiono przyjęte dotąd nazwy (np. piasek luźny, piasek lekki, glina lekka, glina ciężka itp.), zostały scharakteryzowane odrębnymi symbolami liczbowymi, orientującymi czytelnika o składzie mineralnym pól. Drugą cechą wydzielonych typów, które określono również ilościowo, to ich skład mechaniczny, oznaczony mikroskopowo na tle odpowiednich preparatów, a dokonany przez planimetryczny pomiar największych średnic ziarn piasku w wystarczającej ilości dla ujęcia ich średniej w sposób statystyczny. Okazało się, że wymienione typy posiadały odmienne zobrazowanie składu mechanicznego w postaci obrazów odnośnych „krzywych rozsiewu ziarna“. Już z tego wynikało, że tak dokonany pomiar składu mechanicznego gleb jest funkcją ich ilościowego składu mineralnego, skoro każdemu z wydzielonych na zasadach ilościowych typów glebowych odpowiadała inna krzywa zmienności składu mechanicznego. Jest rzeczą jasną, że producent byleby tylko był zaznajomiony z rolą, jaką odgrywają dla jego zagadnień minerały glebowe, potrafi łatwiej zaprojektować na danym areale plan produkcyjny niż to mogło mieć dotąd miejsce przy spożytkowaniu map jakościowych dostarczanych mu dotychczas.

Z otrzymanych liczb na tle analiz mineralnych gleb wypłynęło zagadnienie racjonalnej klasyfikacji „mieszanin“ mineralnych, jakie one przedstawiają.

Profil glebowy rozwija się — jak wiadomo — na tle tzw. regolitu, tj. takiego czy innego „podłoża skalnego“. Znane procesy glebotwórcze, jeśli na to pozwoli czas, formują z tego podłoża jednostki zwane właśnie profilami glebowymi. Jest rzeczą jasną, że musi być związek funkcyjny między jakością regolitu a wytworzoną z niego glebą. Ażeby ten związek genetyczny można było dokładnie uchwycić, wysuwa się na czoło potrzeba racjonalnej klasyfikacji składników podłoża.

### *Projekt racjonalnej klasyfikacji klastycznych skał osadowych*

Zagadnienie klasyfikacji klastycznych skał osadowych dotyczy zarówno nauk geologicznych, jak i gleboznawstwa.

Podłożem glebowym jako skałą zajmuje się również geologia, która dla swoich celów wysuwa już dzisiaj wyraźnie i powszechnie jako postulat dostarczenia jakiejś racjonalnej klasyfikacji skał osadowych. Zagadnienie to, mimo licznych prób przeprowadzanych w rozmaitych ośrodkach naukowych, przede wszystkim geologicznych, nie zostało dotąd należycie rozwiązane. Przyczyną tego stanu rzeczy jest niewątpliwie fakt, że o zmienności składu mineralnego tzw. skał osadowych decydują inne czynniki geologiczne w porównaniu np. ze skałami magmowymi.

Osadowa powłoka Ziemi składa się z różnych elementów skalnych. Wśród nich wyróżnia się najogólniej osady chemiczne, organiczne oraz klastyczne. Podział ten został dokonany na podstawie różnic genetycznych. Skały klastyczne należą do elementów ilościowo najważniejszych i najpowszełszych. Odróżnianie zjawisk sedymentologicznych, stratygraficznych oraz paleogeograficznych opiera się przede wszystkim na dokładnej analizie tych właśnie składników powłoki ziemskiej jako dokumentów historycznych. Ich geneza wiąże się ze zjawiskami desintegracji skał pierwotnych (magmaowych), wywołanej czynnikami mechanicznymi i chemicznymi (hydroliza). Produkty owej desintegracji, nagromadzone zrazu na po-

wierzchni Ziemi, ulegają na lądzie przemieszczeniu grawitacyjnemu, by znaleźć się wreszcie w basenach sedymentacyjnych jako różnogatunkowe osady. Osady te po przejściu przez odpowiednie stadia diagenety, przemieszczone siłami tektonicznymi na oblicze lądów, dostarczają nam dokumentów tworzących podstawę wszelkiego rodzaju badań geologicznych.

Badania statystyczne wykazały, że w skład osadowej powłoki Ziemi wchodzi jako główne elementy: w 82% substancja ilasta, w 12% materiały piaszczyste oraz w 6% węglany (3). Ilościowa kombinacja wymienionych elementów daje pewien określony typ skały klastycznej.

W badaniach geologicznych, petrograficznych i innych rozpoznano już liczne ich gatunki, a rola ich i znaczenie w tych pracach ustawicznie wzrasta.

Podobnie jak swego czasu w skałach magmowych wysuwa się dziś na czoło zagadnienia klasyfikacji omawianych elementów klastycznych jako sprawa wprowadzenia ład w rozpoznany już doświadczalnie bogatym materiale skalnym. Wążność tej sprawy została już uznana, natomiast uporządkowanie materiałów nie zostało jeszcze należycie dokonane mimo licznych prób podejmowanych w różnych centrach naukowych (4, 5, 6). Przyczyna tego stanu rzeczy leży z jednej strony w naturze materiału podlegającego klasyfikacji, z drugiej zaś w wymaganiach współczesnego przyrodoznawstwa, które słusznie żąda oparcia każdej naturalnej klasyfikacji obiektów przyrodniczych o podstawy nie tylko „opisowe“, lecz przede wszystkim genetyczne.

Niezależnie od powyższego we wszelkiego rodzaju opisach żąda się już dzisiaj danych analitycznych „ilościowych“, które jedynie są w możności rozsegregować materiał w zasadzie na każdą ilość grup.

Zagadnienie systematyki skał magmowych zostało już rozwiązane w powyższym znaczeniu, ponieważ oparto je na ilościowym składzie mineralnym jako cesze nadrzędnej oraz strukturze i teksturze jako cesze podrzędnej (7).

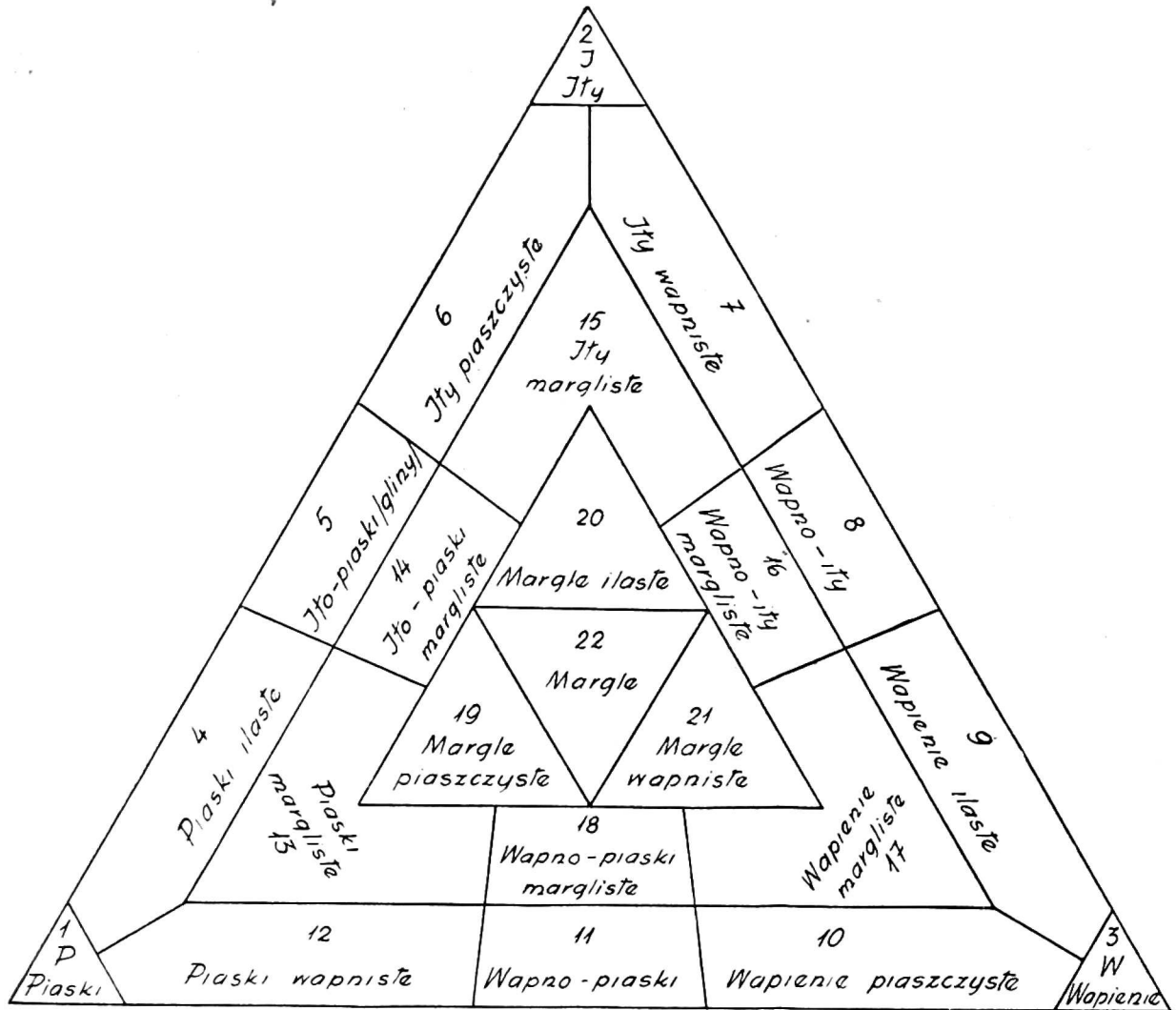
Wydaje się rzeczą racjonalną i naturalną postąpić w próbach klasyfikacji skał klastycznych w analogiczny sposób, uwzględniając przy tym ten fakt, że najpospolitsze z nich składają się z ilastej substancji, piasku (w szerokim znaczeniu) oraz węglanów (kalcyt, dolomit).

Nie ulega wątpliwości, że teoretycznie wszystkie kombinacje ilościowe wymienionych trzech elementów mogą istnieć w obrębie omawianych skał osadowych. Nie wszystkie jednakże charakteryzują dane środowisko. Głównymi czynnikami formującymi ich zespoły to grawitacja oraz morfologia obszaru sedymentacyjnego. Zatem ilościowy skład mineralny skały klastycznej będzie funkcją przede wszystkim wymienionych dwóch czynników.

Można by w ten sposób ująć charakterystykę środowiska sedymentacyjnego ramami logicznie przeprowadzonej klasyfikacji.

Pierwszą próbą w Polsce tak właśnie pojętej logicznej klasyfikacji jest praca K. Smulikowskiego (8), który ujmuje skały klastyczne w grupy zilustrowane odpowiednimi ilościowo scharakteryzowanymi polami w obrębie trójkąta koncentracyjnego, w którego wierzchołkach umieszcza il, węglany i piasek. Zastosowany przez wymienionego autora trójkąt żywo przypomina model Johannsena stworzony dla klasyfikacji skał magmowych.

W pracy niniejszej przedstawiam nowy model trójkąta koncentracyjnego (rys. 1), w którym żaden ze składników skalnych (ił, piasek, węglany) nie jest uprzywilejowany jako motyw klasyfikacyjny. Odpowiada to logicznie stosunkom naturalnym. W wierzchołkach trójkąta umieszczono wymienione poprzednio 3 elementy mineralne skał osadowych. W „szlachetnych“ iłach, piaskach (piaskowcach, kwarcytach) oraz węglanach (wapieniach i dolomitach) jako skałach monomineralnych, istniejących



Rys. 1. Model trójkąta koncentracyjnego .

rzeczywiście w powłoce ziemskiej, widzimy elementy, które niewątpliwie charakteryzują odpowiednie środowisko. Klasyfikacyjnie obniżamy ich „czystość“ do umownej 10% zawartości dwóch innych składników. Boki trójkąta obejmują w konsekwencji materiały dwuskładnikowe (piasek-ił, ił-węglany, węglany-piasek). Tutaj według przyjętej umownej zasady dopuszczamy w ich wyróżnieniu obecność do 10% trzeciego składnika. Charakterystyczne wydają się tutaj środki wymienionych boków, w których grupują się materiały o równoważnych ilościach dwóch składników. W środku trójkąta wyróżniamy cztery pola, które obejmują skały o równych, lub zbliżonych ilościach wszystkich trzech składników. Miejsca te nazywamy umownie polem margli, względnie skał marglistych.

Pojęcie margli jest niestety w geologii i petrografii najmniej ustalone, a określając je tutaj ściśle ilościowym stosunkiem mineralnym wprowadzimy tym samym pewien ład. Zresztą i środowisko sedymentacyjne,

w którym tworzą się tak pojęte margle, zostaje już ściślej niż dotąd scharakteryzowane.

Między pasami trójkąta koncentracyjnego uprzednio omawianymi, a wewnętrznym polem margli wyróżniamy wreszcie trzy pasy pośrednie, różniące się od zewnętrznych 20-procentową umowną zawartością trzeciego składnika. Całość trójkąta podzielono zatem centrypetralnie na trzy obejmujące się trójkątne pola koncentracyjne. Logiczną zasadą stało się tutaj zatem wyróżnienie ilościowych wariantów jedno-, dwu-, i trójmineralnych. Rzecz jasna, że system dziesiątkowy jest tutaj umowny i na pewno nie obowiązuje materiału, który występuje w przyrodzie. Jest to zatem klasyfikacja robocza, ułatwiająca zorientowanie się w ogniwach skał klastycznych, a przede wszystkim dająca możliwość porozumienia się między tymi, którzy zajmą się ich badaniem.

W rezultacie dzielimy skały klastyczne na 4 klasy, a każdą z nich na jednostki podrzędne — rzędy, w ilości sumarycznej 22.

Schemat proponowanej klasyfikacji zestawiamy w poniższej tabeli.

#### Tabela klasyfikacyjna

P = piasek, I = ił, W = węglany

#### KLASA I. Utwory jednoskładnikowe

(Składnik główny 100 — 90%, inne 0 — 10%)

Rząd 1.	Piaski (piaskowce, kwarcyty itp.) . . . . .	P <sub>100-90</sub>
Rząd 2.	Utwory ilaste (iły, iły łupkowe, łupki ilaste itp.) . . . . .	I <sub>100-99</sub>
Rząd 3.	Utwory węglanowe (wapienie, dolomity) . . . . .	W <sub>100-96</sub>

#### KLASA II. Utwory dwuskładnikowe

(Dwa składniki główne 10 — 90%, trzeci 0 — 10%)

Rząd 4.	Piaski ilaste (piaskowce itp.) . . . . .	P <sub>90-60</sub>	I <sub>10-40</sub>
Rząd 5.	Iło-piaski (gliny) . . . . .	P <sub>60-40</sub>	I <sub>40-60</sub>
Rząd 6.	Iły piaszczyste (iły, iły łupkowe itp.) . . . . .	P <sub>40-10</sub>	I <sub>60-90</sub>
Rząd 7.	Iły wapniste . . . . .	I <sub>90-60</sub>	W <sub>10-40</sub>
Rząd 8.	Wapno-iły . . . . .	I <sub>60-40</sub>	W <sub>40-60</sub>
Rząd 9.	Wapienie ilaste (dolomity) . . . . .	I <sub>40-10</sub>	W <sub>60-90</sub>
Rząd 10.	Wapienie piaszczyste (dolomity) . . . . .	P <sub>40-10</sub>	W <sub>60-90</sub>
Rząd 11.	Wapno-piaski . . . . .	P <sub>60-40</sub>	W <sub>40-60</sub>
Rząd 12.	Piaski wapniste (piaskowce itp.) . . . . .	P <sub>60-90</sub>	W <sub>40-10</sub>

#### KLASA III. Utwory trójskładnikowe

(Dwa składniki 80 — 20%, trzeci 10 — 20%)

Rząd 13.	Piaski margliste (piaskowce itp.) . . . . .	P <sub>80-50</sub>	I <sub>10-35</sub>	W <sub>10-35</sub>
Rząd 14.	Iło-piaski margliste . . . . .	P <sub>55-35</sub>	I <sub>55-30</sub>	W <sub>10-20</sub>
Rząd 15.	Iły margliste . . . . .	P <sub>16-35</sub>	I <sub>50-80</sub>	W <sub>10-35</sub>
Rząd 16.	Wapno-iły margliste . . . . .	P <sub>10-20</sub>	I <sub>30-55</sub>	W <sub>35-55</sub>
Rząd 17.	Wapienie margliste . . . . .	P <sub>10-35</sub>	I <sub>10-35</sub>	W <sub>50-80</sub>
Rząd 18.	Wapno-piaski margliste . . . . .	P <sub>35-55</sub>	I <sub>10-20</sub>	W <sub>30-55</sub>

## KLASA IV. Utwory margliste

(Trzy składniki 20 — 60%)

Rząd 19.	Margle piaszczyste . . . . .	P <sub>40-60</sub>	I <sub>20-40</sub>	W <sub>20-40</sub>
Rząd 20.	Margle ilaste . . . . .	P <sub>20-40</sub>	I <sub>40-60</sub>	W <sub>20-40</sub>
Rząd 21.	Margle wapniste . . . . .	P <sub>20-40</sub>	I <sub>20-40</sub>	W <sub>40-60</sub>
Rząd 22.	Margle . . . . .	P <sub>20-40</sub>	I <sub>20-40</sub>	W <sub>20-40</sub>

Wymieniona klasyfikacja została oparta — jak wyżej podano — na ilościowej analizie mineralnej utworów klastycznych.

Wprowadzenie do niej 22 rzędów skał, scharakteryzowanych ilościowymi stosunkami w obrębie trzech głównych składników, tj. iłu, piasku i węglanów, wymagało wprowadzenia nowej terminologii. Szczególnie odnosi się to do rzędu 5, 8 i 11. W tych rzędach występują podobne ilości składników, stąd też dla kombinacji równoważnikowej lub zbliżonej iłu czy piasku wprowadziłem nazwę iło-piaski. Rząd 8 złożony z materiału o podobnych ilościach wapienia i iłu nazywamy wapno-iły. Wreszcie w analogicznym przypadku dla rzędu 11 wprowadzamy nazwę wapno-piaski. Nazwy te wprowadzamy konsekwentnie dla określenia utworów trójskładnikowych w rzędach 14, 16 i 18. Sądzę, że nazwy te brzmią znośnie dla polskiego ucha, a w każdym razie we właściwy sposób oddają mineralną charakterystykę wymienionych rzędów.

W dotychczasowych badaniach skał wymienionego typu nie ustalono jeszcze ścisłych metod analitycznych, za pomocą których dałaby się przeprowadzić wymieniona ilościowa klasyfikacja.

Mikroskopowe, planimetryczne analizy, doskonale pomocne w badaniach skał magmowych, nie mogą mieć tutaj powszechnego zastosowania z powodu natury (często nieokreślonej) przedmiotu. Do tego celu nadaje się dobrze ostatnio wprowadzona przeze mnie do badań skał osadowych tzw. termiczna analiza. W jej toku, na podstawie oznaczania w serii temperatur zjawisk dehydratacji, utleniania oraz dysocjacji, można określić skład mineralny badanej skały.

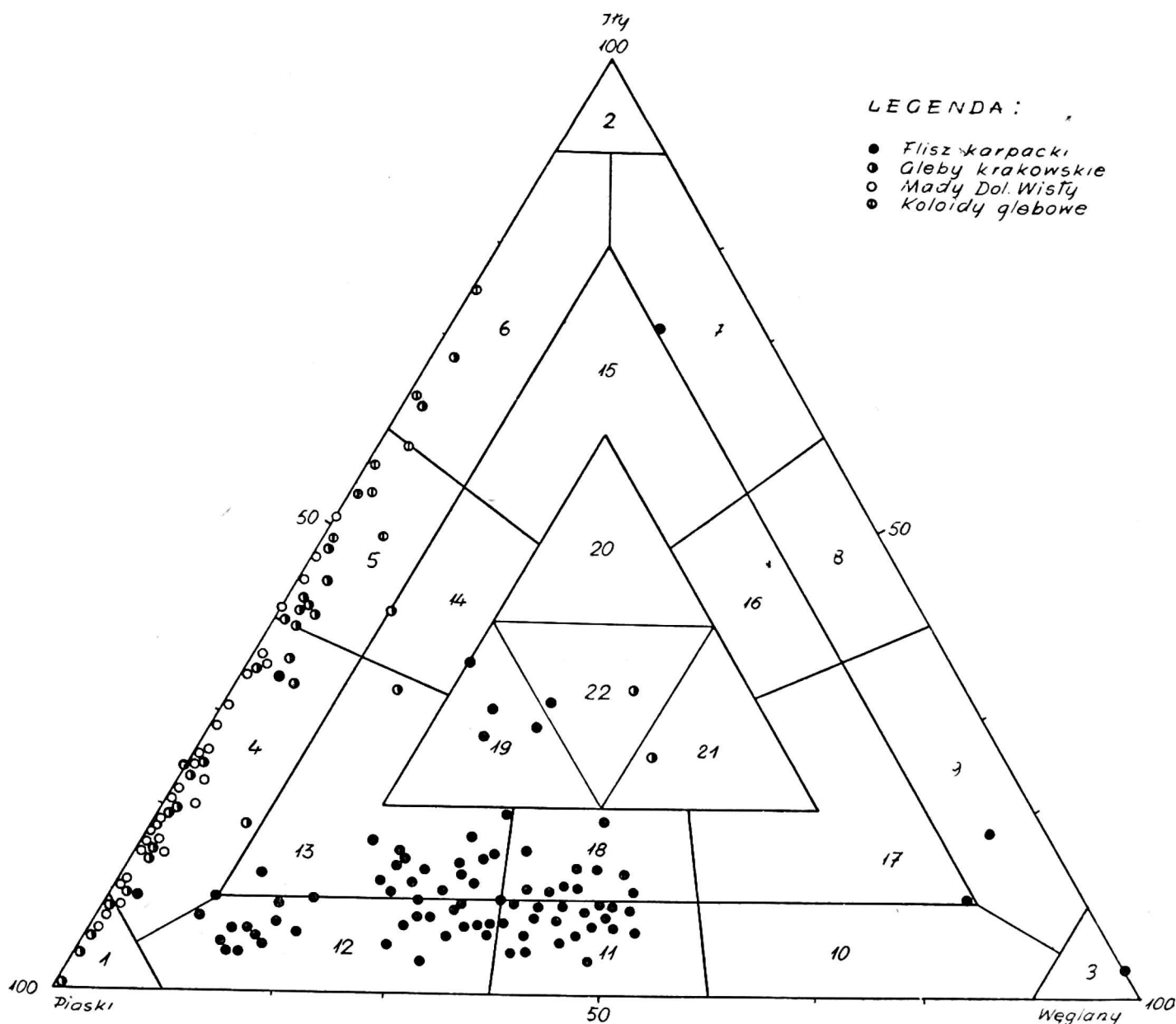
Metoda ta została już zastosowana w setkach przypadków, okazując się stale bardzo pożyteczną (1).

Dla praktycznego spożytkowania przedłożonej wyżej nowej klasyfikacji skał klastycznych oraz przekonania się o jej racjonalności wykonano następującą próbę: rozporządzając termicznymi analizami różnych gleb oraz skał serii oligoceńskich fliszu karpackiego wniesiono odpowiednie punkty w osobnym trójkącie koncentracyjnym (rys. 2), w którym wykreślono pola rzędów według schematu podanego w rys. 1. W ten sposób znalazły się tutaj analizy 240 próbek 3-kilometrowej serii warstw krośnieńskich w okolicach Beska (kółka pełne, zdjęcia geologiczne prof. dr H. Świździńskiego), gleby aluwialne i dyluwialne okręgu krakowskiego (kółka do połowy zaciemnione), mady doliny Wisły w Goczałkowicach (kółka puste), wreszcie koloidy glebowe wyizolowane z niektórych gleb (kółka w połowie przekreślone).

Z rozmieszczenia w trójkącie zbiorów punktów różnych typów materiałów detrytycznych wynikają następujące, interesujące wnioski:

1. Analizy piaskowców warstw krośnieńskich grupują się przede wszystkim w polach 11, 12, 13 i 18. Część ich znalazła się w polu 22 (mar-

gle), zaś kilka odosobnionych próbek wniesiono w daleko odległe pole 3, 9 i 17 (wapnienie) oraz w pole 4, 7 i 19. W ten sposób środowisko sedymentacyjne badanych warstw krośnieńskich zostało dokładnie określone ilościowym składem mineralnym. Poziomy tych warstw umieszczone po dokonaniu analizy czy to w polach wybitnie wapiennych, czy też ilastych względnie marglistych, zasługują na baczną uwagę ze względu na możliwość spożytkowania ich jako przewodnich dla celów stratygraficzno-korelacyjnych.



Rys. 2. Analizy 240 próbek warstw krośnieńskich w okolicach Beska

2. Zbadane gleby lekkie, mady, rędziny tatrzańskie oraz wyodrębnione z tych materiałów koloidy uszeregowały się w sposób wybitnie zwarty, wzdłuż linii dwumineralnej (piasek-ił). Ich degradacja (ubóstwo węglanu wapnia) została tutaj wyraźnie uwidoczniiona.

3. W polu margli (22) oraz margli wapiennych (21) znalazły się rędziny gleb terasowych Doliny Strążyskiej w Tatrach. W ten sposób wartość projektowanej klasyfikacji, przeprowadzonej na zasadach ilościowego określania głównych składników mineralnych drogą analizy termicznej, została zarówno dla charakterystyki skał, jak też regolitów glebowych i samych poziomów glebowych — praktycznie udokumentowana.



*Próba charakterystyki niektórych gleb lekkich drogą analizy racjonalnej kompleksu ilastego*

Nie ulega wątpliwości, że we wszelkich rozważaniach na temat żyzności gleb (nie tylko lekkich) należy zwrócić baczną uwagę na rodzaj oraz ilość tych ich elementów mineralnych, które magazynują materiał odżywczy dla roślin w postaci tzw. wymiennych kationów. Należą tutaj — jak wiadomo — składniki tzw. „kompleksu ilastego“.

Dotychczasowe badania wykazały, że w budowie tego kompleksu biorą udział dwie główne grupy składników, mianowicie: nieorganiczna oraz organomineralna. Nasze wiadomości ugruntowane bardzo licznymi pracami zostały jednak dotąd zebrane w dziedzinie przede wszystkim kompleksu nieorganicznego. Rozpoznanie tych elementów było metodycznie łatwiejsze, zwłaszcza przy zastosowaniu takich środków, jak różnicowa analiza termiczna, mikroskop elektronowy, przede wszystkim zaś promienie Rentgena.

Dzisiejszy stan wiedzy o tym przedmiocie przedstawiłem w cytowanej już pracy (1).

Przypominam na tym miejscu, że minerały ilaste wchodzące w skład wymienionego kompleksu odznaczają się szczególną budową sieciową, złożoną strukturochemicznie z kationów i anionów o koordynacjach czworo- i ośmiościennych.

Pogląd ten został ustalony przede wszystkim pracami Hendricksa i Ross'a na podstawie precyzyjnych różnorodnych analiz tzw. „czystych“ minerałów ilastych (9).

W badaniach tych szczególną rolę odegrały strukturochemiczne rozważania na temat minerałów grupy montmorillonitowej. Amerykańscy badacze zwracali przy tym uwagę na środowisko skalne, z którego czerpali „czysty“ materiał do swoich badań, a wyniki tych rozważań przeprowadzili na tle 100 różnych próbek. Wynikło stąd postawienie tezy, że istnieje grupa minerałów montmorillonitowych związanych izomorfijnie przejściami w zależności od procentowych stosunków  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  i innych, występujących w mniejszej ilości. Alkalia i wapno z reguły — według wymienionych poglądów — nie wchodzą w koordynacje strukturalne. Ich rola ogranicza się do kompensowania niedomiaru dodatnich ładunków kationów wewnętrznych w elementach koordynacyjnych, jednakże w pozycjach tylko zewnętrznych (kationy wymienne).

Wymienieni autorzy ekstrapolują wyniki swych badań na minerały glebowe twierdząc, że w ich profilach rodzą się również izomorfijne człony grupy montmorillonitowej, obok kaolinitowej, illitowej i innych. W rzeczywistości np. badania rentgenowskie zastosowane tu i ówdzie do utworów glebowych wykazały obecność elementów grupy montmorillonitowej, jednakże prawie zawsze tylko jakościowo.

W glebach — utworach znamiennych wysoką dynamiką procesów — uchwycenie jakiegoś stanu „statycznego“ jest niezmiernie trudne. Istnieją badania, które wykazały np., że w profilu glebowym może z kaolinitu tworzyć się montmorillonit i odwrotnie. Istotną trudnością w tego rodzaju badaniach jest niemożliwość rozdziału kompleksu ilastego glebowego na zindywidualizowane człony. Nawet przy użyciu różnych typów „ultracentryfug“ byłoby to dotąd niemożliwe.

Istnieje teza, która głosi, że w środowisku glebowym zawsze tworzą się elementy ilaste jako mieszaniny o warstewkach wymiarów Angstromowych, należących do rozmaitych gatunków koloidalnych.

Ponieważ owe różne gatunki mają różne zdolności sorpcyjne (magazynowania przez nie kationów wymiennych), których funkcją jest żyzność każdej gleby, jest jasne, że te ich zdolności w każdym przypadku glebowym muszą być uważane za średni wyraz ich budowy warstwowej.

Jak wyżej wspomniano, dotychczasowe metody badań koloidów glebowych nie są jeszcze dojrzałe do ścisłego odcyfrowania budowy i ich własności jako materii złożonej z subtelnych warstw o różnych własnościach sorpcyjnych. Poza tym metody te są skomplikowane i uniemożliwiają przeprowadzenie seryjnych badań w szybkim tempie.

Poniżej przedstawiam próbę rozwiązania tego problemu na innej drodze.

W zakresie znajomości własności chemicznych rozpoznanych dotąd grup minerałów ilastych można wyjść z założenia, że grupa montmorillonitowa rozpuszcza się w kwasie solnym, natomiast kaolinitowa reaguje na ten odczynnik w niezbyt wysokim stopniu, rozpuszcza się zaś w kwasie siarkowym. Wobec tego, jeśli podkoncentrowane drogą sedymentacji koloidy glebowe potraktujemy w określonych warunkach kwasem solnym, to obecne w próbce wszystkie ogniwa grupy montmorillonitowej powinny przejść do roztworu. Rzecz jasna, że równocześnie z nimi przejdą do niego również inne składniki glebowe, w tym przede wszystkim wolne węglany, wodorotlenki żelaza itp.

Traktując metodycznie w jednolity sposób serię próbek koloidów glebowych otrzymujemy w każdym razie możliwość porównawczego wnikięcia w ich elementarny skład chemiczny, a stąd możemy wnosić o prawdopodobieństwie istnienia takich czy innych elementów sorpcyjnych.

Mając to na uwadze poddano szereg próbek podkoncentrowanych koloidów glebowych, które uprzednio analizowano na drodze termicznej, roztworzeniu 20% HCl (na gorąco, na łaźni wodnej, przy użyciu zwrotnej chłodnicy, w czasie 24 h). W roztworze oznaczono następujące główne składniki:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  obok śladowych procentów  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ . Dla celów porównawczych, w szczególności dla zestawienia wyników analitycznych próbek glebowych z istniejącymi analizami zaczerpniętymi z pracy Hendricksa, które odnosiły się głównie do „czystych“ ogniw szeregu montmorillonitowego, wykluczaliśmy z kalkulacji strukturalnych grupę  $\text{CaO}$  oraz śladowe elementy.

W załączonej tabeli zestawiono wyniki 35 analiz w procentach mol. Analizy od 1 do 7 odnoszą się do ogniw montmorillonitowych i illitowych, inne, do 15 włącznie, oddają stosunki odkryte w ilastych składnikach różnych serii skalnych (seria oligoceńskich warstw krośnieńskich), w odkrytych ostatnio tufitach oraz glaukonicie polskim, rozpuszczającym się jak wiadomo w zupełności w HCl. Analizy od 16 do 35 włącznie odnoszą się już do koloidów polskich gleb lekkich.

W załączonej tabeli zestawiono odnośne analizy dla uproszczenia wyłącznie w procentach mol części rozpuszczalnych w HCl. W osobnym szeregu podano trzy wartości projekcyjne dla umieszczenia odpowiednich parametrów w trójkącie koncentracyjnym. Wartości te dobrano tak z przedstawionych wszystkich procentów mol, aby można było na ich podstawie

## Analizy chemiczne koloidów glebowych (wyciągi w HCl)

% mol	1 Mont- morill 18	2 Beide- lit 44	3 Non- tronit 57	4 Illit 1	5 Sapo- nit 81	6 Non- tronit 99	7 Illit 5	8 Bento- nit woł. —	9 St Grab- wiecki —	10 Mont- morill Upton —	11 Chmiel- nik —	12 Tufit Koby- lany —	13 Koloid Besko 96	14 Koloid Besko 50	15 Glau- konit Zawtch —	16 Mada Gocz. 56	17 Mada Gocz. 77	18 Mada Gocz. 156
SiO <sub>2</sub>	73,34	70,19	73,31	64,16	49,67	74,69	61,84	56,50	39,98	73,31	61,18	60,80	20,71	33,74	54,40	54,21	57,77	63,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,69	17,73	14,10	18,94	7,05	3,87	22,20	32,40	10,97	15,52	12,52	19,45	7,63	10,81	12,80	21,53	18,40	21,44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45	4,85	7,28	3,20	—	20,64	6,34	3,30	6,06	1,96	0,67	3,46	4,28	2,91	14,30	9,85	6,77	8,51
CaO	2,49	4,37	4,07	0,48	2,42	—	0,17	4,30	27,94	0,73	14,06	3,09	44,11	37,75	2,80	5,15	4,39	3,94
MgO	6,88	1,55	1,34	7,50	40,86	0,80	5,09	2,50	11,06	4,82	9,14	8,45	20,75	5,64	4,30	7,51	6,83	—
K <sub>2</sub> O	0,10	—	—	5,66	—	—	4,27	0,60	3,99	0,51	2,07	3,86	2,15	5,57	9,10	—	5,84	2,80
Na <sub>2</sub> O	0,05	1,31	—	0,06	—	—	0,09	0,40	—	3,15	0,36	0,89	3,37	3,58	0,10	1,27	—	—
% wag rozp. w HCl	—	—	—	—	—	—	—	Brutto	22,32	—	23,02	46,44	26,98	36,98	100,0	34,11	29,16	43,96

## Wartości projekcyjne

SiO <sub>2</sub>	81	76	77	74	88	75	68	61	70	81	82	73	64	71	66	63	70	68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18	19	15	22	12	4	25	35	19	17	17	23	23	23	16	25	22	23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	5	8	4	0	21	7	4	11	2	1	4	13	6	8	12	8	9
MgO	7,06	1,62	1,40	7,54	41,87	0,80	5,10	2,61	15,35	4,85	10,63	8,72	37,13	9,06	4,42	7,92	7,14	0
Alk.	0,15	1,37	0	5,75	0	0	4,37	1,05	5,54	3,69	2,85	4,90	4,51	14,70	9,47	1,34	6,11	2,91
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,39	3,96	5,19	3,42	7,05	19,30	2,78	1,74	3,64	4,72	4,89	3,12	2,71	3,12	4,25	2,52	3,14	2,95

% mol.	19 Mada Gocz. 8	20 Mada Gocz. 169	21 Mada Gocz. 41	22 Mada Gocz. 105	23 Mada Gocz. 153	24 Piasek Wiś- lany	25 P.lekki Kra- ków	26 P.lekki śr. z 10 prób	27 P. cięż. śr. z 10 prób	28 G.lek. Mydł- niki	29 G.lek. Kra- ków	30 G.lek. śr. z 10 prób	31 G.cięż. śr. z 10 prób	32 G.cięż. Kra- ków	33 G.cięż. Kraków kol. 268	34 Staw Go- łysz	35 Less Mo- gita
SiO <sub>2</sub>	60,68	50,72	47,96	46,62	45,80	29,80	17,00	26,35	21,49	55,69	45,50	55,87	45,68	32,40	57,20	34,90	22,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,50	24,79	13,74	28,10	30,60	20,42	41,50	32,28	22,37	18,01	31,50	19,21	28,99	40,50	26,00	37,30	25,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,51	15,65	16,31	8,81	11,50	11,05	12,40	9,46	4,34	7,79	12,00	7,21	8,27	11,70	6,50	12,00	9,20
CaO	1,24	3,05	6,14	5,32	3,00	22,94	11,20	8,86	36,18	5,35	6,10	5,44	4,68	6,40	4,40	11,20	7,15
MgO	4,97	1,71	9,15	8,83	5,60	9,54	11,20	17,68	10,03	8,19	3,70	7,74	9,10	6,20	3,40	—	25,47
K <sub>2</sub> O	3,19	4,08	6,70	2,32	3,50	6,25	6,70	5,36	5,59	4,97	1,20	4,33	2,07	2,70	2,00	4,60	4,94
Na <sub>2</sub> O	—	—	śl	—	śl	śl	—	śl	śl	—	—	śl	1,21	0,10	0,50	—	6,02
% wag rozp. w HCl	36,74	41,41	32,62	33,34	37,54	24,13	Brutto	29,27	31,19	35,55	—	44,79	41,39	—	Brutto	—	—

## Wartości projekcyjne

SiO <sub>2</sub>	67	56	61	56	52	49	24	39	45	68	51	68	55	38	64	42	39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	27	18	34	35	33	59	47	46	22	35	23	35	48	29	44	45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8	17	21	10	13	18	17	14	9	10	14	9	10	14	7	14	16
MgO	5,03	1,77	9,75	9,33	5,77	12,38	12,61	19,40	15,72	8,65	3,94	8,19	9,55	6,62	3,56	—	27,43
Alk	3,14	4,20	7,14	2,45	3,61	8,11	7,55	5,88	8,76	5,25	1,28	4,58	3,44	2,99	2,62	5,19	11,80
SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,70	2,05	3,49	1,66	1,50	1,50	0,41	0,82	0,96	3,09	1,44	2,91	1,57	0,80	2,20	0,93	0,88

porównać badane koloidy glebowe z analizami „czystych“ pochodnych grupy montmorillonitowej, dostarczonymi w pracach amerykańskich.

Jak wspomniano, w pochodnych tych wiążą się strukturalnie elementy koordynacyjne czworo- i ośmiościenne. Pierwsze z nich złożone są z jednostek  $\text{SiO}_4$  lub  $\text{AlO}_4$  z tym, że anion tlenu może być zastąpiony przez grupę  $\text{OH}^-$ . W skład drugich wchodzi głównie pierwiastki Al, Fe, Mg. Dla celów porównawczych na wierzchołkach trójkąta koncentracyjnego umieszczono  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oraz  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . W wartościach projekcyjnych suma tych tlenków została przeliczona na 100.

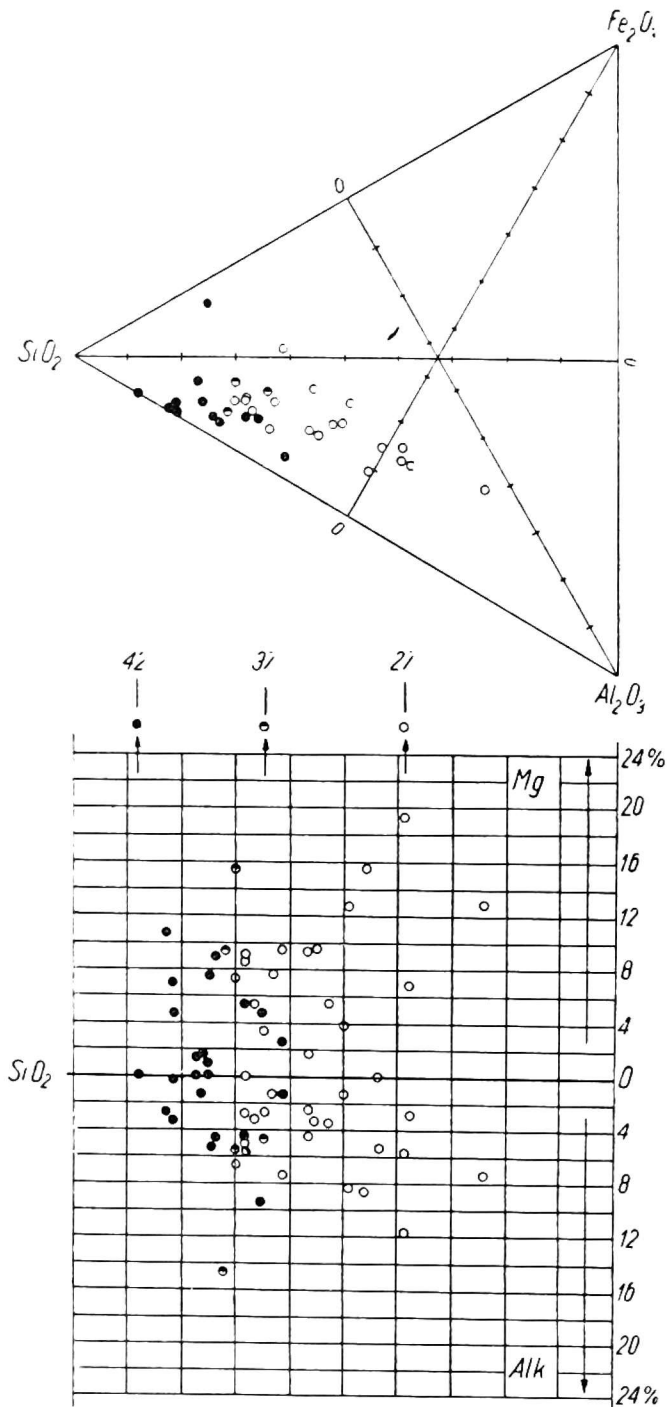
W dodanym rzucie ortogonalnym umieszczono niezależnie procenty mol  $\text{MgO}$  oraz alkaliów. W ten sposób każdy koloid został w projekcji scharakteryzowany w jednolity sposób pięcioma głównymi składnikami. Geometryczne zobrazowanie obliczonych wartości ilustruje rys. 3.

Rzut oka na dostarczony materiał analityczny oraz załączoną projekcję pozwala na wysnucie następujących ważnych wniosków na temat rozpoznanych „koloidów“ glebowych:

1. W trójkącie szereguje się wszystkie analizy wzdłuż pola  $\text{SiO}_2$ — $\text{Al}_2\text{O}_3$  w pobliżu boku trójkąta. Parametr liczbowy  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dla wszystkich analiz rozprasza się w granicach od 0 do 21%. Wynika stąd, że głównymi składnikami części rozpuszczalnej w  $\text{HCl}$  badanych koloidów jest grupa  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . W większości ich przeważają mol  $\text{SiO}_2$  nad  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . W sześciu analizach obraz jest odwrotny—glinka przeważa nad krzemionką.

Punkty odpowiadające analizom „czystych“ substancji grupy montmorillonitowej (czarne kółka pełne) są w znacznej większości przesunięte w polu trójkąta ku wierzchołkowi  $\text{SiO}_2$  (powyżej 60%  $\text{SiO}_2$ ). Dotyczy to również koloidów wyodrębnionych

ze skał karpacczych serii oligoceńskiej (kółka do połowy czarne). Koloidy glebowe w większości różnią się zasadniczo od poprzednich mniejszym procentem  $\text{SiO}_2$ , który w skrajnym przypadku spada nawet do 25%. Poza tym rozproszenie punktów w tej projekcji dla obu grup jest jednakowe.



Rys. 3. Geometryczne zobrazowanie obliczonych wartości

Część analiz montmorillonitowych oraz koloidów glebowych gromadzi się w spólnym polu projekcji, wyznaczonym zawartością 60—70%  $\text{SiO}_2$ .

2. Rozmieszczenie punktów dla wartości  $\text{MgO}$  i alkaliów w załączonej projekcji ortogonalnej jest jeszcze bardziej charakterystyczne. Podobieństwo pod tym względem między zanalizowanymi koloidami a „czystymi“ minerałami grupy montmorillonitowej uwypukla się jasno. Rozproszenie odnośnych punktów jest bowiem w obu grupach identyczne. Ponieważ projekcja ortogonalna jest związana funkcyjnie z wysokością trójkąta  $\text{SiO}_2$ , musiało z natury rzeczy uwydatnić się w niej przesunięcie punktów montmorillonitowych, podobnie jak w trójkącie w kierunku wyższych wartości  $\text{SiO}_2$ .

Koloidy glebowe różnią się zatem od „czystych“ ogniw montmorillonitowych wyłącznie niższymi procentami rozpuszczalnej w kwasach krzemionki.

Gdybyśmy od ogniw montmorillonitowych odliczyli odpowiednie procenty  $\text{SiO}_2$ , lub też odwrotnie — dodali je do analizowanych koloidów glebowych, niewątpliwie nastąpiłoby zlanie się wszystkich analizowanych materiałów w jedną zwartą grupę.

3. W analizowanych koloidach glebowych mamy zatem reprezentowane wszystkie rozpoznane dotąd pod względem chemicznym ogniwa grupy montmorillonitowej. Ten szczegół wydaje się ważny z następujących powodów:

a) surowcowym praźródłem wszystkich skał klastycznych były i są materiały skalne nagromadzone na powierzchni lądów. Erozja i denudacja procesami zmywnymi bezustannie zdiera z tej powierzchni zwietrzelinę, a w tym przede wszystkim glebę, która tworzyła się tutaj w każdym okresie geologicznym;

b) znane procesy zachodzące w profilach glebowych formują — szczególnie pod wpływem czynników biologicznych — rozpoznane już różne ogniwa mineralne substancji ilastej. Procesy te odznaczają się olbrzymią dynamiką, która doprowadza do tego, że już „*a priori*“ istniejące w skałach wymienione ogniwa tej substancji ulegają wtórnemu przemianowaniu w środowisku glebowym. Można przypuszczać, że struktura elementów ilastych jest w profilach glebowych, zwłaszcza w początkowych stadiach ich rozwoju, jeszcze tak „wiotka“, iż stan fizyko-chemiczny środowiska glebowego może ją łatwo zmienić, czyli doprowadzić do innego rodzaju równowagi, względnie ugrupowań jej elementów;

c) ilaste glebowe elementy spławione do morza, mimo że dostały się do odmiennego środowiska, zachowały swoją strukturę. Dowody na to znajdujemy w przedstawionych wyżej analizach porównawczych koloidów skalnych i glebowych;

d) czas geologiczny zdołał przeprowadzić w okresie diagenety sedymentów w spławionych z lądów koloidach glebowych jedynie ich wtórne zsylikowanie;

e) elementy izomorfijne grupy montmorillonitowej mogą oczywista — jak to wykazały dotychczasowe badania ich „czystych“ form — tworzyć się również na innej drodze, np. przez hydrolizę tufitów itp.

Wypływa stąd ogólny wniosek, że istnieje ścisły związek między formowaniem się ilastej substancji w profilach glebowych, a jej nagromadzeniem

się w basenach sedymentacyjnych. Szczegółowe badania w wymienionym kierunku mogą dostarczyć ważnego materiału dle celów odcyfrowania paleogeografii paleoklimatów ubiegłych epok geologicznych.

4. Stosunek mol  $\text{SiO}_2$  :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  jest w analizowanych materiałach różny. W analizach „czystych“ ogniw montmorillonitowych, do których włączamy i glaukonit, stosunek ten waha się w granicach od 3,96 do 7,05. Drastyczny wyjątek tworzy tutaj nontronit, którego odnośny stosunek wynosi 19,3. Dwa analizowane illity wahają się w wymienionym stosunku od 2,78 do 3,42, bentonit wołyński okazuje 1,74, karpackie tufity oraz inny polski bentonit dały liczby od 3,12 do 4,89, zatem zbliżone do „czystych“ ogniw montmorillonitowych. Ilasty składnik Beska (warstwy krośnieńskie) dał liczby 2,71 — 3,12, zatem podobne do illitu.

Utwory glebowe skupione w obrębie mad goczałkowickich wahają się w wymienionym kierunku od 1,50 do 3,49, krakowskie piaski lekkie i ciężkie od 0,41 do 1,50, gliny lekkie od 1,44 do 3,09, gliny ciężkie od 0,80 do 2,2. Zestawienie to rzuca również światło na proces sylifikacji, któremu uległy materiały starszego okresu geologicznego.

Z danych analitycznych i rozważań przedstawionych w tej pracy wynika jasno, że w rozpoznaniu cech decydujących o żyzności gleb może być z wielkim pożytkiem zastosowana analiza racjonalna.

Z zagadnieniem żyzności gleb jest ta sprawa dlatego ściśle związana, ponieważ kompleks ilasty, w którego skład jako główne elementy wchodziły minerały grupy montmorillonitowej, swoimi wybitnymi zdolnościami sorpcyjnymi „prowadzi“ w ornym polu dzieło żyzności.

Przedstawione wyniki badań stwierdziły jednak, że owe kompleksy ilaste zebrane z gleb lekkich oraz zanalizowane zobrazowują cały, bardzo duży wachlarz strukturo-chemiczny. Dalsze ich wyodrębnianie w większej ilości wskazanymi w tej pracy metodami oraz ściśle zbadanie ich zdolności wymiennych rozwiąże we właściwy sposób sprawę potencjalnej żyzności danych gleb i da potrzebne wskazówki do uzdrowienia zabiegami chemiczno-rolniczymi zdegradowanych gleb, przede wszystkim lekkich. Jest rzeczą jasną, że zagadnienie to może być rozwiązane tylko przez jakiś specjalny instytut, który by rozporządzał wystarczającą ilością środków oraz pracowników.

#### LITERATURA

1. Tokarski J.: Zagadnienie koloidów glebowych, Postępy Nauki Rolniczej, nr 5/1954.
2. Tokarski J.: Zagadnienie naturalnej klasyfikacji gleb, Roczn. P. T. Gleb., 1954. T. III.
3. Twenhofel W. H.: Treatise on Sedimentation, Baltimore, 1932.
4. Tokarski J.: Petrografia, Lwów, 1928.
5. Pettijohn F. J.: Sedimentary Rocks, New York, 1949.
6. Pustowałow L. W.: Petrografia skał osadowych, 1940.
7. Johannsen A.: A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks. Chicago, 1931.
8. Smulikowski K.: Przegląd Geologiczny, zesz. 4/1954.
9. Ross C. I. S. and Hendricks S. B.: Minerals of Montmorillonite Group. Washington, 1945.