

JAN SIUTA

Zakład Gleboznawstwa IUNG w Puławach

## ZJAWISKA I SKUTKI PROCESU GLEJOWEGO

Bliższe zapoznanie się z przebiegiem i właściwościami procesu glejowego umożliwi nam zrozumienie niektórych przemian chemicznych dokonujących się w glebie. Przemiany, o których zamierzamy mówić, wpływają na ilość i jakość rozpuszczalnych w wodzie składników pokarmowych (1, 2, 3, 4, 7, 10, 12, 28). Również przebieg wegetacji i plonowanie roślin uprawnych wykazują w pewnej mierze zależność od procesów glejowych (23).

Oglejenie poznajemy po charakterystycznym zielononiebieskim, niebieskim lub szaroniebieskim zabarwieniu gleby (1, 21, 31). Zabarwienie to jest spowodowane przez redukcję żelaza trójwartościowego do żelaza dwuwartościowego. Podobnej redukcji podlega również mangan. Wiadomo jest, że utlenione związki żelaza i manganu są koloru rdzawobrunatnego, toteż, zależnie od procentowej ich zawartości, gleba odznacza się brunatnym, żółtobrunatnym lub żółtym zabarwieniem. W wyniku redukcji związki żelaza i manganu tracą charakterystyczne brunatne zabarwienie. Ponadto związki te odznaczają się bardzo dużą rozpuszczalnością w wodzie (2, 7, 14, 15, 17, 24). Tak więc procesy redukcyjne zmieniają nie tylko zabarwienie, lecz wpływają również na rozpuszczalność mineralnej części gleby. Ponieważ procesy redukcyjne obejmują tylko część gleby, to na brunatnym tle pojawiają się zielononiebieskie plamy i poziomy glejowe (25). Obecność, lub brak oglejenia w profilu świadczy o przebiegu stosunków wodnych i powietrznych w glebie. Nic też dziwnego, że cecha ta jest uwzględniona w pracach gleboznawczo-klasyfikacyjnych oraz w ekspertyzach przedmelioracyjnych (20). Wiadomo, że gleby o silnie rozwiniętym poziomie glejowym są mało czynne, gdyż posiadają wadliwe stosunki wodne i powietrzne (6, 27, 30). Z tego też względu wymagają melioracji, która w dużej mierze poprawia wartość rolniczą gleby. Wystarczy przypomnieć, że obecnie w całym kraju prowadzone są na szeroką skalę prace gleboznawczo-klasyfikacyjne i melioracyjne, aby zdać sobie sprawę ze znaczenia, jakie ma właściwe zrozumienie istoty procesu glejowego. Według poglądów rozpowszechnionych w praktyce rolniczej, oglejenie gleby traktuje się jako zjawisko stosunkowo trwałe. Uważa się, że napotkane w czasie przeprowadzanych badań oglejenie powstało w wyniku długotrwałego procesu glebotwórczego. Ponadto istnieje przekonanie, że plamy,

smugi i poziomy glejowe występujące w głębszych warstwach profilu glebowego są spowodowane przez wodę gruntową i nie mają nic wspólnego z przemianami zachodzącymi w poziomie akumulacyjnym.

W wyniku ścisłych badań laboratoryjnych i licznych obserwacji terenowych dochodzimy do wniosku, że dotychczasowe poglądy na procesy glejowe wymagają poważnej rewizji i szczegółowej charakterystyki różnych form tego procesu (20, 21, 23, 24, 25).

P o p i e r w s z e: związki żelaza i manganu podlegają intensywnej redukcji tylko wtedy, gdy gleba jest nadmiernie uwilgotniona i zawiera dostateczną ilość składników organicznych, bez obecności substancji organicznej oglejenie nie zachodzi nawet wtedy, gdy materiał ziemisty jest całkowicie zatopiony przez wodę (21).

P o d r u g i e: w warunkach nadmiernego uwilgotnienia i przy obecności odpowiedniej ilości aktywnych form substancji organicznej proces glejowy rozwija się nadzwyczaj szybko, czas potrzebny dla powstania wyraźnych cech glejowych wynosi zaledwie kilka do kilkunastu dni (21, 23, 25).

P o t r z e c i e: jeżeli zlikwiduje się przyczyny wywołujące procesy redukcyjne, a gleba zostanie odpowiednio przewietrzona, to oglejenie ustępuje bardzo szybko, w niektórych przypadkach wystarczy zaledwie kilugodzinne przewietrzenie próbki glebowej, aby całkowicie zlikwidować ślady aktualnego oglejenia (21).

Zanim przystąpimy do szczegółowych rozważań, należy uprzednio podać ogólną charakterystykę przebiegu procesu glejowego w warunkach naturalnych.

Jak już stwierdziliśmy, proces glejowy nie odzwierciedla wyłącznie określonych stosunków wodnych w glebie. Proces ten jest wynikiem beztlenowych przemian substancji organicznej (4). Nadmierne uwilgotnienie nie wywołuje redukcji, lecz tylko ogranicza dopływ tlenu atmosferycznego do określonych warstw gleby. Przy tym samym stopniu uwilgotnienia gleby, zależnie od ilości i jakości substancji organicznej, natężenie procesów glejowych będzie różne. Tak więc nadmierne uwilgotnienie stwarza korzystne warunki dla beztlenowych przemian substancji organicznej, które stanowią bezpośrednią przyczynę procesu glejowego. Im większa jest zawartość substancji organicznej, tym procesy redukcyjne są bardziej intensywne. Nie oznacza to bynajmniej, że w miarę wzrostu zawartości składników organicznych i natężenia procesów redukcyjnych zawsze będziemy obserwowali intensywniejsze zabarwienie gleju. Należy zaznaczyć, że barwa gleju zależy nie tylko od nasilenia procesów redukcyjnych i zawartości żelaza dwuwartościowego. Bardzo poważną rolę odgrywa tu również skład mechaniczny i odczyn środowiska glebowego (25).

Dobrze wykształcone poziomy, smugi i plamy glejowe spotykamy przeważnie w głębszych warstwach gleb zwięzłych, które są okresowo nadmiernie uwilgotnione. Otóż zielononiebieskie zabarwienie w głębszych warstwach gleby zawdzięczamy nie tylko intensywnym procesom redukcyjnym, lecz również małej ilości próchnicy oraz obojętnej reakcji środowiska glebowego. Wiadomo, że do głębszych warstw gleby przedostają się te składniki organiczne, które posiadają prostą budowę i są rozpuszczalne w wodzie. Składniki te biorą czynny udział w procesach redukcyjnych (2), a jednocześnie nie przyciemniają zielononiebieskiego zabarwienia spowodowanego przez obecność żelaza dwuwartościowego. Z drugiej zaś strony, w głębszych warstwach, gleba zawiera przeważnie pewną ilość  $\text{CaCO}_3$ , który zapewnia obojętną lub alkaliczną reakcję środowiska. Z dotychczasowych naszych badań wynika, że w przypadku wyraźnie kwaśnej gleby żelazo dwuwartościowe w ogóle nie daje zielononiebieskiego zabarwienia (25).

Większość naszych gleb wykazuje wyraźne zakwaszenie. Dlatego właśnie, chociaż procesy redukcyjne są niekiedy silnie rozwinięte, to jednak w górnych warstwach oglejenie nie zawsze uwidacznia się wyraźnie. Tego rodzaju przypadki spotykamy bardzo często na glebach podmokłych, gdzie procesy redukcyjne przebiegają intensywnie również w poziomie akumulacyjnym. Z uwagi na brak wyraźnych cech oglejenia jesteśmy skłonni przypuszczać, że nasilenie procesów redukcyjnych jest tu znacznie słabsze, aniżeli w głębszych warstwach, w których spotykamy właściwe poziomy glejowe.

Jeżeli dla rozwoju procesów redukcyjnych, oprócz nadmiernego uwilgotnienia, niezbędna jest substancja organiczna (1, 2, 5, 22, 32), to nasuwa się logiczny wniosek, według którego poziomy, plamy oraz inne przejawy procesu glejowego są w określony sposób zależne od górnej warstwy gleby, w której gromadzą się obumarłe szczątki roślinne. Tak więc sposób akumulacji oraz tempo przemian substancji organicznej wywierają duży wpływ na charakter i lokalizację procesu glejowego.

Jako przykład może posłużyć nam porównanie gleb gliniastych, znajdujących się pod zespołami roślin leśnych i łąkowych, z glebami ornymi. Lasy i łąki gromadzą znaczne ilości składników organicznych na powierzchni i w górnych warstwach gleby. Ponadto obumieranie części roślinnych związane jest z określoną porą roku. W glebach ornym nie ma tej prawidłowości, a poza tym mechaniczna obróbka ziemi w zasadzie zwiększa przewietrzanie i przesiąkliwość górnych warstw gleby.

Dobrze rozwinięta ściółka w lesie, a darń na łące, zmniejszają poważnie szybkość przesiąku, wskutek czego woda dłużej zatrzymuje się w górnych warstwach gleby. Ograniczony przesiąk wody w lesie powoduje, że składniki organiczne docierają tylko do stosunkowo małej głębokości. Nic też

dziwnego, że w okresach długotrwałych opadów atmosferycznych górne warstwy gleb leśnych, a także i łąkowych, podlegają intensywnemu oglejeniu. Przykładem tego może być lato 1960 r., kiedy to zupełnie wierzchnie warstwy gleb łąkowych i leśnych zostały silnie oglejone.

W przypadku wykarczowania lasu i rolniczego użytkowania ziemi zmienia się układ stosunków wodnych i powietrznych, przy czym okresowo wprowadzana do gleby substancja organiczna stosunkowo szybko ulega mineralizacji. Woda opadowa, w warunkach uprawy polowej, przesiąka szybciej i głębiej aniżeli w glebach leśnych. W ten sposób wzrasta głębokość, do której przedostają się rozpuszczalne w wodzie składniki organiczne. Na podstawie tego przykładu widzimy, że już sama zmiana szaty roślinnej wpływa poważnie na przesunięcie się procesu glejowego do głębszych warstw profilu gleby. O ile w lesie i na łące stosunkowo łatwo można dostrzec związek między wierzchnią warstwą gleby a oglejeniem, to w przypadku gruntów orných wydaje się, że zjawisko to wywołane jest wyłącznie przez wodę gruntową i że nie ma ono nic wspólnego z procesami zachodzącymi w górnych warstwach gleby.

Uogólniając nasze rozważania należy stwierdzić, że oglejenie sięga do tej głębokości, do której razem z wodą przedostają się składniki organiczne. Aby nie zostać źle zrozumianym, należy wyjaśnić, że woda przenika do znacznie większych głębokości niż zawarte w niej składniki organiczne. Jest to zupełnie zrozumiałe, bowiem rozpuszczalne w wodzie składniki organiczne są wychwytywane przez koloidy glebowe.

Wspominaliśmy już, że forma procesu glejowego zależy również od składu mechanicznego oraz od innych fizycznych właściwości gleby. Otóż w okresowo nadmiernie uwilgotnionych glebach, wytworzonych z gliny lekkiej, występują przeważnie poziomy glejowe, które wskazują, do jakiej głębokości przenikają składniki organiczne. Poniżej tego poziomu stopniowo wzrasta brunatne zabarwienie gleby, co świadczy o zaniku procesów redukcyjnych.

Inny przebieg procesu glejowego obserwujemy w glebach wytworzonych z gliny ciężkiej lub iłu. Jak wiadomo, są to gleby o bardzo słabej przesiąkliwości, toteż przenikanie wody do warstw głębszych odbywa się głównie w miejscach pionowych spękań. Razem z wodą przedostają się do spękań składniki organiczne. Z uwagi na bardzo dużą pojemność sorpcyjną, jaką odznaczają się gliny ciężkie, składniki organiczne nie mogą przedostać się do wnętrza zlepków pryzmatycznych, lecz zostają zatrzymane na ich powierzchni. Ponieważ, jak już wspominaliśmy, proces glejowy uwarunkowany jest przez beztlenowe przemiany substancji organicznej, przeto zielononiebieskie zabarwienie występuje wyłącznie w szczelinach, podczas gdy cała wewnętrzna przestrzeń zlepków w dalszym ciągu

pozostaje brunatna. Tak więc w glebach bardzo ciężkich, zamiast wyraźnego poziomu, występują różnorodne smugi glejowe, które wyraźnie kontrastują z brunatnym tłem utworu macierzystego.

Oglejenie nie ogranicza się tylko do zmian barwy, gdyż zredukowane związki żelaza i manganu wykazują dużą rozpuszczalność w wodzie i w słabych kwasach. Ponieważ fosfor w połączeniu z trójwartościowym żelazem daje związki nierozpuszczalne w wodzie, przeto redukcja żelaza przyczynia się do znacznego wzrostu rozpuszczalności fosforu w glebie (7, 10, 12, 19, 21, 28). Wywołane w warunkach laboratoryjnych oglejenie gleby spowodowało, że słaby kwas solny rozpuścił około dziesięć razy więcej żelaza i fosforu aniżeli w glebie wyjściowej (21). Jeszcze bardziej istotne różnice otrzymujemy w przypadku, gdy oglejoną i nie oglejoną próbkę gleby przemywamy wodą destylowaną. Z próbki silnie oglejonej woda destylowana wymywa kilkaset do kilku tysięcy razy większe ilości żelaza aniżeli z takiej samej próbki glebowej, której nie poddano oglejeniu (24).

Oglejenie wpływa także na wzrost rozpuszczalności wapnia, magnezu, glinu oraz innych składników mineralnych nie podlegających procesom redukcyjnym (2, 8, 24, 31). Rozpuszczalność tych składników jest spowodowana przez kwasy powstające w wyniku beztlenowych przemian związków organicznych. W doświadczeniach laboratoryjnych stwierdzono, że przesącz wody destylowanej, uzyskany z przemycia oglejonej próbki gleby, zawierał około dziesięć razy więcej wapnia i magnezu aniżeli przesącz słabego kwasu solnego (0,02 n) uzyskany z takiej samej gleby, lecz nie oglejonej (24).

Skoro procesy redukcyjne powodują tak dużą rozpuszczalność składników mineralnych, to z chwilą pojawienia się oglejenia wzrasta stężenie roztworu glebowego w miejscach nie oglejonych, natomiast znacznie mniejsze jest stężenie tego roztworu. Powstała różnica stężeń jest przyczyną wywędrowywania składników mineralnych z miejsc oglejonych do przyległych stref profilu glebowego. Stosunkowo największą ruchliwość wykazują zredukowane związki żelaza i manganu. Składniki te wędrują we wszystkich kierunkach, gdzie mogą być ponownie utlenione. Toteż w miejscach dopływu tlenu atmosferycznego powstają różnokształtne rdzawo-brunatne plamy osadu żelazistego (22). Jeżeli proces glejowy w pewnych porach roku obejmuje również górne warstwy gleby, to w miejscach dopływu tlenu atmosferycznego powstają już nie plamy, lecz zupełnie twarde zlepki związków żelazowych, które wyglądem swym przypominają ziarenka pieprzu. Właśnie na podstawie obecności tego rodzaju pieprzów żelazistych możemy wnioskować, że górne warstwy gleby są okresowo oglejone (13, 19, 25, 26).

Znaczna ilość zredukowanych składników jest wypłukiwana przez wodę z poziomów glejowych do głębszych warstw gleby. W ten sposób procesy glejowe zubożają poważnie glebę w mineralne składniki pokarmowe (9, 11, 17, 32). Jak widzimy, efekt działania procesu glejowego nie kończy się na wadliwych stosunkach wodnych i powietrznych w glebie. Stosując odpowiednie zabiegi techniczne możemy ograniczyć, lub nawet całkowicie zlikwidować aktualne oglejenie, jednak zmiany składu chemicznego, jakie dokonały się pod wpływem tego procesu, mają charakter stosunkowo trwałe. Szereg gleb, które w czasie swego rozwoju przeszły dłuższy okres częściowego zabagnienia, jak na przykład niektóre czarne ziemie, zawierają przeważnie jasnopopielate poziomy. Poziomy te powstały w miejscach intensywnego działania procesu glejowego (17).

W dotychczasowym przekonaniu proces glejowy rozwija się w glebach, które mają słabo przesiąkliwe podłoże. Pogląd ten, choć w zasadzie słuszny, wymaga jednak pewnego uzupełnienia. Otóż przyczyny oglejenia, a nawet częściowego zabagnienia gleby, nie zawsze należy upatrywać w słabej przepuszczalności podłoża. W wielu przypadkach mamy odwrotną kolejność, a mianowicie w miarę oglejenia gleby zmniejsza się jej przepuszczalność w stosunku do wody i powietrza. Z tego rodzaju przypadkami spotykamy się pod lasami i na sztucznych użytkach zielonych, gdzie proces glejowy rozpoczyna się nie od dołu, lecz w miejscu gromadzenia się substancji organicznej. Tak więc proces pogarszania się stosunków wodnych i powietrznych ma często swój początek w górnych warstwach gleby (16, 32). Doświadczenia laboratoryjne w całej rozciągłości potwierdziły ten pogląd. Wystarczy powiedzieć, że odgórnie rozwijający się proces glejowy sprawił, iż przesiąkliwość kolumny lessowej, w szklanym cylindrze, zmniejszyła się ponad dziesięciokrotnie. Woda na powierzchni odgórnie oglejonej gleby lessowej stagnowała kilkanaście dni, mimo że głębsze warstwy były w stanie przefiltrować ją w ciągu jednej doby (24).

Zjawisko poważnego zmniejszania się zdolności filtracyjnej gleby w miarę rozwoju procesu glejowego jest zupełnie zrozumiałe, gdyż, jak już wspominaliśmy, następuje redukcja, a więc i rozpuszczanie w wodzie wodorotlenków żelaza. Wiadomo przecież, że wodorotlenki żelaza stanowią doskonale lepiszcze, które bezpośrednio lub poprzez próchnicę cementuje pojedyncze cząstki gleby w gruzełki. Radykalne zniszczenie tego „elementu” musi doprowadzić do rozklejenia się gruzełków i zamulania większych kanalików glebowych. Warto jeszcze dodać, że wskutek redukcji żelaza również próchnica traci swą zdolność do cementowania gleby. Interesujące jest, że odgórnie oglejona i bardzo słabo przesiąkliwa gleba szybko zmienia swoje właściwości fizyczne, jeżeli zostanie przynajmniej okresowo przesuszona. W takim przypadku oglejenie ustępuje, przy czym powstają

liczne szczeliny, które następnie poważnie zwiększają zdolność filtracyjną gleby.

Spostrzeżenie to upoważnia nas do stwierdzenia, że uregulowanie stosunków wodnych i powietrznych w glebach silnie oglejonych wymaga radykalnego przesuszenia oglejonych warstw gleby. Powoduje to daleko idące zmiany we właściwościach fizycznych, które polegają na koagulacji koloidów i pękaniu masy ziemistej. W ten sposób powstaje cały system drenażu pionowego (18). Można więc przypuszczać, że melioracja pozioma przyczynia się do powstania silnie rozwiniętego drenażu pionowego, dlatego gleba jest w stanie pochłaniać i zmagazynować większe ilości wody użytecznej dla roślin aniżeli ta sama gleba z rozwiniętym poziomem glejowym.

W naturalnych warunkach przyrodniczych podobną rolę melioracyjną spełniają nieprzeciętnie suche lata, jak na przykład lata: 1951 i 1959. Lata bardzo suche stanowią niekiedy bezpośrednią przyczynę ustępowania zabagnienia gleby. Podobnie też wyjątkowo mokre lata mogą zapoczątkować proces bagienny w glebie, co obserwowaliśmy w 1960 r.

Wyjątkowo duży dynamizm procesu glejowego poważnie utrudnia nam prawidłową ocenę ujemnych skutków tego zjawiska w badanej glebie. W wielu przypadkach nie potrafimy odróżnić oglejenia spowodowanego przez chwilowe nadmierne uwilgotnienie gleby od bardziej stałych zjawisk procesu redukcyjnego. W badaniach terenowych musimy więc uwzględniać takie okoliczności, jak pora roku, przebieg pogody, położenie gleby w rzeźbie terenu, czy stosowane były nawozy organiczne itp. Otóż w okresie wczesnej i wilgotnej wiosny większość gleb wykazuje cechy oglejenia. Nawet w glebach lessowych górne warstwy mogą być częściowo oglejone. Oczywiście — chodzi tutaj o pewną ilość plam glejowych. Pod koniec wiosny i w ciągu lata ginie w zasadzie oglejenie wywołane przez chwilowo nadmierne uwilgotnienie gleby. Wyjątek stanowią lata chłodne i bardzo wilgotne. Tak na przykład w ciągu lata 1960 r. stopień oglejenia gleb nie zależy od sposobu uprawy gleby. Na przykład głęboka orka przyczyni się do częściowego lub nawet całkowitego zaniku oglejenia w górnej warstwie gleby. Wałowanie może natomiast w pewnych przypadkach spotęgować oglejenie, co szczególnie ma miejsce wtedy, gdy zostanie przyorany nawóz poważnie się zwiększył. Ponadto rozwój procesów glejowych zależy równocześnie od spadnie większa ilość deszczów. W takich przypadkach oglejenie może wywrzeć ujemny wpływ na rozwój wysianej rośliny, jednak z punktu widzenia wyceny wartości rolniczej gleby nie możemy uwzględnić chwilowego oglejenia, gdyż po upływie pewnego czasu oglejenie to całkowicie zanika.

## LITERATURA

1. Afanasjew J. N.: Iz oblasti anaerobnych i bołotnych procesow. Poczwow., nr 6, s. 4—54, 1930.
2. Bloomfield C.: A study of podzolization. Part V. The mobilization of iron and aluminium by aspen and ash leaves. *J. Soil Sc.*, t. 5, s. 50—56, 1954.
3. Bromfield S. M.: The reduction of iron oxide by bacteria. *J. Soil Sc.*, t. 5, s. 129—139, 1954.
4. Błagodariew N. L., Rabinowicz W. A., Sell-Bekman I. J.: O charakterie izmienienija okislitielnogo potencjała po profilu niekórych poczw leningrackoj oblasti. Poczwow., nr 6, s. 81—85, 1957.
5. Duchanfour Ph.: L'action des divers types d'humus sur le processus d'entraînement dans le sol forestier. *Rev. Forest. Fr.*, nr 12, s. 887—897, 1957.
6. Grieczin I. P.: Wlijanie aerobnych i anaerobnych usłowii na izmienie swoistw diernowo-podzolistych poczw. *Izwestija Tim. Sielchoz. Akademii*, t. 3, s. 85—97, 1960.
7. Jarkow S. P., Kułakow E. W., Kouriczew J. S.: Obrazowanije zakisnowo żelieza i asobienności fosfatnowo rieżma w diernowo-podzolistych poczwach. Poczwow., nr 8, s. 466—475, 1950.
8. Jarkow S. P.: Sezonnaja dynamika niekórych procesow poczwoobrazowanija. Poczwow., nr 6, s. 30—44, 1956.
9. Karmanow J. J.: O poczwach risowych poliej Birmy i niekórych drugich oblastiej Birmańskiego Sojuza. Poczwow. nr 8, s. 37—44, 1960.
10. Kauriczew I. S., Fiedorow E. A., Czön-wiej Li: O prirodie priewraszczienija fosfatow pri razwitii wriemiennych wosstanowitielných processow w diernowo-podzolistych poczwach. *Izw. Tim. Sielchoz. Ak.*, nr 2, s. 109—116, 1948.
11. Kauriczew I. S., Kułakow E. W., Nozdrunowa E. M.: K woprosu ob obrazowanii imigracji żeliezoorganicznych sojedinenii w poczwach. Poczwow., nr 12, s. 1—8, 1958.
12. Kauriczew I. S., Li-Czen-wej: O prorodie zakreplienija fosfatonow w diernowo-podzolistych poczwach pri jawlienijach wriemiennowo piereuwłażenija. *Izwestija Tim. Sielchoz. Akademii*, t. 3, s. 109—122, 1960.
13. Laatsch W.: *Dynamik der deutschen Acker und Waldböden*. Dresden und Leipzig 1938.
14. Lossaint P.: Étude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. Plan du mémoire. *Annales Agronomiques*, nr 4, s. 369—414, 1959.
15. Lossaint P.: Étude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. Deuxième partie. *Annales Agronomiques*, nr 5, 493—542, 1959.
16. Murcow D. M.: Podzolisto-bołotnyje poczwy. Poczwow., nr 7, s. 20—31, 1960.
17. Rozanow B. G.: O prirodie kontaktowo oswietlennowo gorizonta poczw na dwuczlenných porodach. Poczwow., nr 6, s. 16—23, 1957.
18. Kozakow L. P.: *Melioratiwnoje poczwowiedienije*. Sielchozgiz. Moskwa 1956.
19. Russell E.: *Warunki glebowe a wzrost roślin*, PWRiL. Warszawa 1958.
20. Siuta J., Witek T.: Nowe spojrzenie na procesy glejowe przy klasyfikacji gleb. *Nowe Rolnictwo*, nr 21, s. 832—834, 1959.



21. Siuta J.: Wstępne badania procesów glejowych w madach żuławskich. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 82-A-1, s. 45—72, 1960.
22. Siuta J.: O procesach glejowych i wytrąceniach żelazistych w lessach okolic Kazimierza Dolnego. Przegląd Geograficzny, t. XXXII, z. 1—2, s. 113—124, 1960.
23. Siuta J.: Uwagi o ujemnym wpływie procesów glejowych (redukcyjnych) na rozwój roślin. Postępy Nauk Rolniczych. nr 3(63), s. 13—20, 1960.
24. Siuta J.: Zastosowanie lizymetrów szklanych w badaniach procesów glebowych. Roczniki Gleboznawcze, dodatek do tomu IX, s. 153—159, 1960.
25. Siuta J.: Wpływ procesów glejowych na kształtowanie się cech morfologicznych i właściwości chemicznych profilu glebowego. Roczniki Gleboznawcze t. X (praca w druku).
26. Siuta J.: Geneza i skład chemiczny glebowych nowotworów żelazistych. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 84-A-1 (praca w druku).
27. Skworcow A. F.: Glejeobrazowanie i fizyczne swojejstwa poczw. Poczwow., nr 1, s. 97—104, 1957.
28. Smirnowa K. M.: Sjezonnyje izmienenija w swoistwach poczw chwojnych i listwiennych liesow. Poczwow., nr 12, s. 1—16, 1956.
29. Smirnowa K. M., Gljebowa G. I.: Soderżanije podwiżnych sojedinenii w podzolistych poczwach Podmoskowia. Poczwow., nr 8, s. 45—52, 1958.
30. Teischmann J., Schröder H.: Beitrag zur Kenntnis und Gliederung gleyartiger Standorte. Archiv. F. wesen, t. 3, s. 90—104, 1954.
31. Wysockij G. N.: Glej. Poczwow., nr 4, s. 291—327, 1905.
32. Zabojeva J. W.: Glejewo-podzolistyje poczwy. Poczwow., nr 3, 24—33, 1958.