

Prof. dr J. OSTROMEŃCKI

Regulowanie czynnika wodnego przez melioracje nawadniające

I. Wstęp

Współczesne poglądy na przedmiot i cele melioracji znacznie się rozwinęły i pogłębiły w porównaniu ze sformułowaniami sprzed lat chociażby kilkunastu, co zawdzięczamy bardziej wszechstronnej podbudowie dokonanej i wprowadzonej do melioracji przez nauki przyrodnicze.

Obecnie przyjmujemy, że zadaniem melioracji jest podnoszenie żyzności gleby przez współdziałanie z rolnictwem w zakresie jednoczesnego regulowania wszystkich czynników niezbędnych do życia roślin, a więc wody, powietrza, pokarmu i ciepła. Zdajemy sobie sprawę, iż nie chodzi tu bynajmniej tylko o bezpośrednie i doraźne uzupełnianie tego czynnika, który w pewnym środowisku okazuje się w danej chwili niedoborowy, lecz raczej o spowodowanie zasadniczych zmian w zlewni i w profilu glebowym. Zabiegi hydrotechniczne i agrotechniczne powinny zatem być tak dobierane, aby wpływały na obieg wody, ciepła i pokarmu w zlewni oraz na procesy glebowe profilu w sposób zapewniający stały wzrost żyzności gleby.

Uznając słuszność tych postulatów obserwujemy jednocześnie, iż pozostają one często tylko postulatami teoretycznymi, nie realizowanymi w praktyce.

Przyczyny tego stanu rzeczy mogą być różnorodne; wymienimy wśród nich następujące:

1. Brak opracowania niektórych zagadnień przyrodniczych w sposób umożliwiający wykorzystanie ich przez technikę melioracyjną.
2. Brak odpowiednich rozwiązań i koncepcji technicznych do zrealizowania słusznych koncepcji przyrodniczych.
3. Nie sprzyjająca wkraczaniu na nowe drogi zawodowa rutyna techników, ugruntowana w wielu wypadkach pomyślnymi wynikami melioracji wykonanej według dotychczasowych systemów.

Wypada jednak zastanowić się, czy zadania melioracji, wpływające z przesłanek przyrodniczych, pozostają u nas całkowicie w sferze teorii.

Nie ulega wątpliwości, że w wielu wypadkach praktyka techniczna postępuje zgodnie z teorią przyrodniczą, natomiast niedostatecznie jasno tłumaczy sobie otrzymane rezultaty, widząc w uzyskanym podniesieniu plonów wynik bezpośredniego regulowania pewnego czynnika, np. wody, i mało wnikając w zmiany zachodzące w procesach glebowych.

Rozpatrzmy dla przykładu drenowanie. Teoretycznie uważamy je od dawna za zabieg kierujący procesami glebowymi przez uruchomienie obiegu wody, powietrza i ciepła. W praktyce obserwujemy na ogół długotrwałe dodatnie skutki drenowania, przejawiające się nawet w lata suche, jednocześnie zaś stwierdzamy, że technicy redukują nieraz drenowanie do koncepcji odprowadzania nadmiaru wody. Mamy tu do czynienia z mylnym uzasadnieniem tego pożytecznego zabiegu, a mianowicie z przyjęciem — jako celu melioracji — jednego ze środków (jakim jest usunięcie okresowych nadmiarów wody), zamiast celu właściwego, tj. osiągnięcia wpływu na procesy glebowe.

Jest rzeczą jasną, iż rozwiązania techniczne, oparte na takich przesłankach, mogą zawodzić w swym działaniu na plonowanie i glebę, natomiast konsekwentne realizowanie właściwych celów drenowania zapewnia, oprócz podnoszenia żyzności gleby, także dodatni wpływ na rozwój i udoskonalenie samej techniki, co widzimy na przykładzie drenowania kreciego i kretowania.

Analogiczne wypadki znajdujemy także w zakresie techniki nawodnień, chociaż zagadnienia są tu bardziej skomplikowane niż w dziedzinie osuszania.

Jakkolwiek za pomocą melioracji technicznych powinniśmy wpływać na wszystkie czynniki produkcji roślinnej, to jednak nastawiamy się przede wszystkim na regulację stosunków wodnych. Wysunięcie na pierwszy plan czynnika wodnego o tyle jest słuszne, że woda obok bezpośredniego działania na roślinność warunkuje w przeważającym stopniu rozwój procesów glebowych. Trzeba jednak pamiętać, aby czynnika wodnego nie traktować jako związku chemicznego, a tym bardziej nie operować nim w oderwaniu od obiegu ciepła, pokarmu i aeracji. Ponadto należy mieć na uwadze wzajemne, niejednostronne związki między stosunkami wodnymi i środowiskiem.

W celu prawidłowego pokierowania obiegiem wody melioracje techniczne muszą mieć następujące dane wyjściowe, dostarczone głównie przez nauki przyrodnicze:

1. Stany uwilgotnienia gleby optymalne i graniczne dopuszczalne.
2. Ilości wody zużywane w procesie transpiracji i parowania terenowego.
3. Jakość wód optymalna i graniczna dopuszczalna.

Każdą z tych charakterystyk należy rozpatrywać z trojakiemu punktu widzenia, a mianowicie:

a. W melioracjach operujemy konkretnymi liczbowymi wskaźnikami, na ich podstawie projektujemy i wykonujemy inwestycję techniczną, a także przewidujemy sposoby jej użytkowania. Wobec tego wszelkie dane przyrodnicze muszą być ściśle sprecyzowane i ujęte w postaci współczynników liczbowych.

Nieokreślone bliżej pojęcia „równomiernego uwilgotnienia“, „średniego uwilgotnienia“ czy też postulaty „podniesienia poziomu wilgotnego w glebie i utrzymania go przez cały okres wegetacyjny na tym samym poziomie“ — dopóty będą mało pożyteczne dla przekształcenia techniki melioracyjnej, dopóki nie znajdą formy, którą technika może realnie spożytkować.

b. Charakterystyczne wskaźniki optymalne, które przez meliorację mamy osiągnąć, muszą być różnicowane na tle zespołu innych czynników i zjawisk zachodzących w środowisku. Wskaźniki nie mogą więc z natury rzeczy być szeroko uogólniane, lecz powinny odnosić się do realnych środowisk, zlewni lub rejonów.

c. Wskaźniki wodne muszą ulegać zróżnicowaniu zależnie od tego, czy mają charakteryzować bezpośrednie oddziaływanie na roślinność w okresie wegetacji, czy też długofalowe oddziaływanie na procesy glebowe.

Uwzględniając w miarę możliwości powyższe warunki omówimy, zgodnie z dotychczasowym stanem nauki i praktyki melioracyjnej, zagadnienia technicznego regulowania stosunków wodnych na obszarach łąkowych, które u nas wymagają nawodnień.

II. Optymalne stany wilgotności gleby

Kryterium właściwego uwilgotnienia gleby wiążemy z ilością wody łatwo dostępnej dla roślin, jej ruchliwością w profilu, składem chemicznym roztworu oraz zasobami powietrza glebowego. Dla melioracji miarodajnym wskaźnikiem wilgotności nie jest bynajmniej absolutna ilość wody, lecz stosunek objętości wody do rzeczywistej chłonności gleby, zwłaszcza maksymalne uwilgotnienie określamy na podstawie dopuszczalnych minimów zawartości powietrza.

Liczne doświadczenia dostarczyły sporo materiałów co do odpowiedniego stanu uwilgotnienia tzw. warstwy czynnej (która jest w zasięgu głównej masy korzeni) dla różnych gleb, klimatu i roślin w poszczególnych fazach okresu wegetacyjnego. Dane te nie są jednak kompletne i wyczerpujące, a ponadto mają pewne podstawowe braki.

Wskutek trudności bezpośredniego oznaczania wilgoci w glebie operujemy w praktyce melioracyjnej przeważnie poziomem wód grunto-

wych, jako wskaźnikiem uwilgotnienia terenu. Tymczasem związek między poziomem wody gruntowej a wilgotnością warstw wierzchnich w różnych układach glebowo-klimatycznych jest zbyt słabo opracowany, aby wykorzystać go w praktyce. Oprócz tego, jeśli chodzi o nawodnienia, nie mamy jeszcze dostatecznie szybkich metod oznaczania rzeczywistej pojemności wodnej profilu glebowego, której znajomość jest niezbędna dla uniknięcia zarówno strat wody, jak i przesylenia gleby wodą. Pomimo tego potrafimy dobrać mniej więcej stosowny przebieg poziomu wód gruntowych dla potrzeb roślinności uprawnej polowej lub produkcyjnej łąkowej podczas wegetacji i zapewnić jego realizację przez zabiegi hydrotechniczne.

Gorzej natomiast przedstawia się sprawa przewidywania przemian, jakie zajdą w glebie pod wpływem czynnika wodnego regulowanego przez melioracje techniczne. Podkreślamy tu, że mówiąc o czynniku wodnym mamy na myśli nie opisowe ujęcie jego nasilenia, lecz sprecyzowane wskaźnikowo, jak to zaznaczono na wstępie.

O ile jeszcze w stosunku do zmian właściwości fizycznych gleby spowodowanych przez regulowanie wilgotności (np. co do zmian przepuszczalności, pojemności wodnej, osiadania powierzchni itp.) możemy się wypowiadać na podstawie ściślejszego doświadczenia, o tyle co do istoty przemian w procesach glebowych mało mamy rozpoznania naukowo wyjaśnionego i dostatecznego dla praktyki. Być może też, iż technika nie umie jeszcze wykorzystać w pełni badań przeprowadzonych przez przyrodników w tym zakresie.

Omawiając stany uwilgotnienia należy wspomnieć o przebiegu ich w okresie rocznym zależnie od warunków, co przedstawimy na paru schematycznych przykładach.

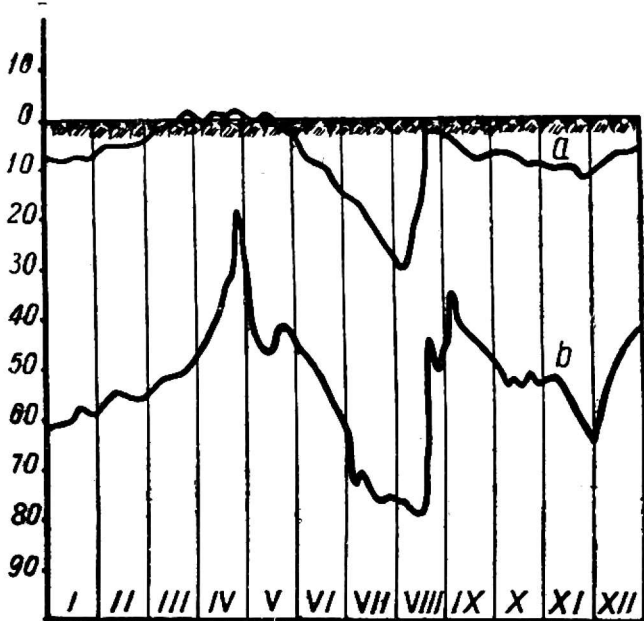
A. Schemat pierwszy obejmuje torfowiska niskie „nie osuszone“, o małym dopływie obcych wód powierzchniowych. Nazwę „nie osuszone“ podajemy w cudzysłowie, gdyż u nas niewiele jest torfowisk, które rzeczywiście trwałyby w nie zakłóconym stanie pełnego procesu torfotwórczego. Wszędzie znajdujemy mniej lub więcej intensywne cieki sztuczne, sprzyjające bądź co bądź odpływowi wód powierzchniowych.

Masywy tych torfowisk o płaskiej powierzchni, z małymi spadkami, o zlewniach ubogich w wody pod względem ilości i jakości, położone są w zasadzie na głównych wododziałach większych rzek. Jakkolwiek pogląd taki w stosunku do torfowisk niskich wygląda paradoksalnie, niemniej jednak jest to paradoks pozorny, znikający przy bliższym rozpatrzeniu hydrologicznych i pokarmowych warunków procesu torfotwórczego. Nie poruszając genezy danych torfowisk, wymienimy tylko przykładowo większe ich kompleksy, jak torfowiska doliny Kanału Bydgoskiego i gór-

nej Noteci, dopływów Narwi (Biebrza, Pisa, Szkwa itd.), wododziału między Wieprzem i Bugiem itd.

Przebieg stanów wody gruntowej na nie odwodnionych częściach wśród opisanych torfowisk układa się w przybliżeniu według schematu przedstawionego na rys. 1, a jego cechy charakterystyczne są następujące:

1. Po zamrożeniu powierzchni następuje wiosenne podniesienie się poziomu wód gruntowych i niekiedy mały zalew, pochodzący przeważnie z wód własnych, rzadziej zaś z wód obcych. Częstszemu występowaniu podtopienia niż zalewu sprzyja nie tylko mały dopływ powierzchniowy, lecz także sama struktura torfu słabo lub średnio rozłożonego, który w trakcie podnoszenia się wód gruntowych podpływa ku górze, zmniejszając możliwości zalewu i przepływu.



Rys. 1. Wykres schematycznego przebiegu stanów wód gruntowych w torfowisku niskim o małym dopływie wód obcych: a — torfowisko nie osuszone; b — torfowisko osuszone rowami o rozstawie 65 m

2. Po okresie wiosennego przewodnienia zaznacza się niewielkie letnie obniżenie wody gruntowej (20—40 cm poniżej terenu), które jednak w lata suche może dochodzić nawet do 80 cm. To obniżenie wywołane jest prawie wyłącznie przez parowanie, udział bowiem odpływu gruntowego bywa tu minimalny.

3. W okresie jesiennym i zimowym wody gruntowe podchodzą znów blisko powierzchni.

4. Ruch wody powierzchniowej i gruntowej odbywa się tylko w kierunku pionowym, ruch poziomy prawie nie istnieje. Gleba ma dużą pojemność wodną i wybitnie małą aerację, a stagnująca woda pozbawiona jest dostatecznych ilości tlenu, wskutek czego pomimo okresowych przesuszeń proces torfotwórczy nie jest całkowicie przerwany.

Opisane stosunki wodne i związane z nimi warunki powietrzne, ciepłne i pokarmowe nie zapewniają dobrej produktywności masy roślinnej, zwłaszcza pod względem wartości paszowej. Wiemy dobrze, jak wygląda tu porost, więc nie będziemy podawać jego opisu florystycznego.

Ponieważ takich terenów nie pozostawiamy w stanie naturalnym, od dawna wyłaniało się zagadnienie ich melioracji i zagospodarowania, przy czym można by wyróżnić wiele koncepcji, sprowadzających się do czterech zasadniczych schematów:

1. Ponieważ geneza torfowisk związana jest, między innymi, z brakiem składników mineralnych w glebie, próbowano — w celu przekształcenia porostu — uzupełniać braki pokarmowe przez nawożenie. Doświadczenia nie potwierdzały celowości tych zabiegów, gdyż brak powietrza w glebie nie pozwalał rozwinąć się szlachetniejszej roślinności trawiastej i wykorzystać stosowanych nawozów.

2. Jednocześnie więc wysuwano konieczność uprzedniego intensywniejszego osuszenia, jako zabiegu, który miał doprowadzić stosunki powietrzne do pożądanego stanu. Po osuszeniu na przeciętną głębokość 50—60 cm (rys. 1) dawna roślinność bagienna ustępuje i jeżeli przez zasiew wprowadzimy nową roślinność trawiastą oraz zastosujemy systematycznie nawożenie, pielęgnowanie i właściwe użytkowanie, uzyskamy pożądane efekty produkcyjne.

Jednak w toku dłuższego gospodarowania występują tu duże trudności, a mianowicie: a) przyspieszenie odpływu wyczerpuje zapasy wody gruntowej, wskutek czego w lecie pojawiają się okresy niedoborów wodnych, przy czym poziom wody gruntowej spada poniżej jednego metra, b) wskutek nie wyjaśnionych w zupełności przyczyn plony łąk z biegiem czasu maleją i tracą na wartości pastewnej.

Ten ostatni przejaw, nazywany nieraz starzeniem się łąk, zmusza do ponownego stosowania zabiegów agrotechnicznych, wprowadzania upraw przemiennej polowo-łąkowych itp.

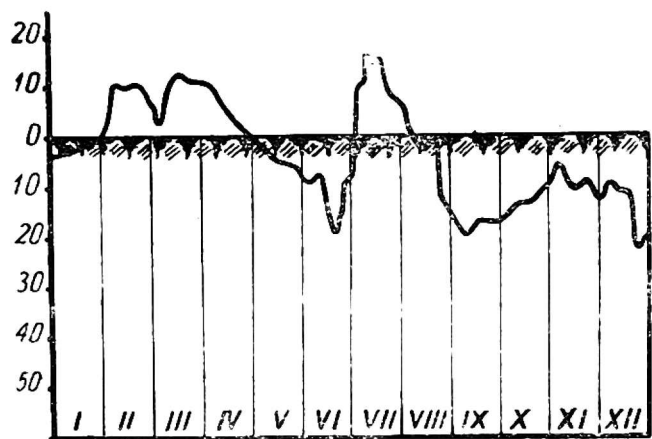
3. Ponieważ jednostronna koncepcja osuszania i zagospodarowania (jakkolwiek dająca w niektórych wypadkach niezłe wyniki¹) na ogół nie jest zadowalająca, spotykamy propozycje wręcz przeciwne, tj. propozycje zalecające nie osuszanie, lecz intensywniejsze powierzchniowe nawadnianie terenu. Koncepcje te datują się od dawna. Przed kilkudziesięciu laty propagował je na Polesiu Jakobson, jednak bez większych rezultatów, gdyż realizacja tych nawodnień wymaga dużej ilości żywej wody ruchomej.

W przykładowo rozpatrywanych torfowiskach nie możemy zapewnić tej wody w ilościach wystarczających, ponadto na terenach płaskich nie da się przeprowadzić nawodnienia bez sieci osuszającej. Chodzi o to, że jeżeli nie przeprowadzi się osuszenia (pomijając już nawet trudności użytkowania), to przy nawodnieniu następuje długotrwałe podtopienie terenu wodą stagnującą, gdzie utrzymuje się porost, w najlepszym przypadku turzycowy.

4. Skoro zatem każda z opisanych teorii nie dawała z osobna prak-

¹ Sarny — Zakład Doświadczalny Uprawy Torfowisk, gdzie po 25 latach od osuszenia plon siana utrzymywał się w granicach 60—70 q/ha; od lat kilkudziesięciu gospodarują na torfowiskach tylko osuszanych chłopci wsi Zielonczyn w dolinie Kanału Bydgoskiego, stosując z dobrym wynikiem płodozmian polowo-łąkowy.

tycznych wyników, w melioracji torfowisk przyjęto zasadę dwustronnego regulowania wilgotności, pozwalającą za pomocą urządzeń osuszających i nawadniających wywołać ruch wody i przebieg jej stanów w poszczególnych okresach roku na poziomach odpowiednich dla projektowanej roślinności trawiastej. Podnoszenie i opuszczanie wód gruntowych, połączone niekiedy z zalewami powierzchniowymi, poparte pełnym lub częściowym zagospodarowaniem terenu



Rys. 2. Wykres schematycznego przebiegu stanów wód gruntowych w torfowisku niskim położonym w dolinie rzecznej o znacznym dopływie wód obcych

i nawożeniem mineralno-organicznym, daje zupełnie zadowalający efekt w plonach. Nie zostało natomiast wyjaśnione gruntownie, jak będą przebiegać procesy glebowe na dalszą metę; obserwacje wykazują, że gospodarowanie tym systemem w okresie kilkudziesięciu lat nie odbija się szkodliwie na produktywności terenu.

B. Inaczej przedstawia się sprawa gospodarki wodnej na torfowiskach, położonych w dolinach rzek o większej zlewni, a więc dysponujących znacznymi ilościami ruchomej i żyznej wody przepływowej, która wylewa się na teren. Przebieg uwilgotnienia (rys. 2) może się tu zbliżać pod względem wskaźnikowym do wartości charakterystycznych dla torfowisk pozadolinowych lub nawet być intensywniejszy, lecz działanie wody będzie inne. Przede wszystkim woda przepływowa wnosi części mineralne i tlen, a dzięki dużej ilości przepływu i wahań stanu wody w korycie rzeki istnieje możliwość ruchów nie tylko pionowych, lecz i poziomych.

Stąd też obserwujemy tu zjawiska namulania, prowadzące niekiedy do powstawania gleb mułowych lub mad, a porost może utrzymać się nawet w fazie rozłogowej okresu darniowego i jest przez łąkarzy uznawany za zadowalający. Stwierdzono, że na tych terenach odcięcie przepływu wody działa szkodliwie, potrzebna jest jednak możliwość regulowania stopnia uwilgotnienia przez urządzenia osuszająco-nawadniające. Niekiedy także zachodzi konieczność nawożenia.

C. Dwa przytoczone przykłady dotyczyły gleb torfowych, sprawiających największą trudność w melioracji i zagospodarowaniu. Jeśli chodzi o mady cięższe, to z racji swej genezy znajdują się one w warunkach hydrologicznych zasadniczo lepszych niż torfy dolin, a ogólne postulaty regulowania wilgotności będą podobne jak w grupie torfów, z położeniem większego nacisku na przepływ powierzchniowy.

D. W dolinach rzek spotykamy też utwory lżejsze, np. piaski i mady chude. Jeśli koryto rzeki jest wcięte przez erozję naturalną lub wywołaną przez niewłaściwą regulację, to wody gruntowe w dolinie układają się latem bardzo nisko, niekiedy na 2—3 m pod powierzchnią, jak to np. występuje nad Bzurą w okolicach Sochaczewa. Tutaj, pomimo zalewów wiosennych, łąki nie mogą istnieć, a problem melioracji sprowadza się przede wszystkim do podniesienia wód gruntowych i nawodnień. W gruntach przepuszczalnych i o małej pojemności utrzymanie trwałego większego uwilgotnienia wydaje się celowe, gdyż tu same właściwości gleby sprzyjają ruchliwości wody, odpada więc konieczność zapewnienia intensywniejszego osuszania.

E. Wśród torfowisk spotykamy też części intensywnie odwodnione przez zbyt głębokie rowy lub poniżej stopni kanalizacyjnych. Tutaj następuje rzeczywiste przesuszenie, rozdrobnienie warstwy wierzchniej do postaci pyłu lub gruzełków nie zwilżanych przez wodę i tworzących warstwę zbyt przepuszczalną o bardzo małej chłonności. Przykładem mogą być Bielawy koło Nakła nad Notecią, gdzie poziom wody gruntowej układał się na 1,2 m i głębiej. W tych warunkach nie było mowy o gospodarce łąkowej, dopiero dzięki okresowym nawodnieniom powierzchniowym (zalew) wprowadzono i utrzymano zadarnienie. Mimo iż poziom wody nie został w dostatecznym stopniu podniesiony, obserwujemy już pewną regenerację struktury gleby, a jednocześnie dobre plony łąki. Niewątpliwie w podobnych torfowiskach przesuszonych podnoszenie poziomu wód gruntowych będzie celowe, chociaż, jak to widać z przykładu Bielaw, nie jest jedynym rozwiązaniem.

Sumując te niepełne rozważania nad uwilgotnieniem gleb łąkowych wysuwamy pogląd, iż w torfach, a częściowo i w madach, niezależnie od samej głębokości poziomu wody gruntowej, nie byłoby wskazane utrzymywanie równomiernego uwilgotnienia w ścisłym słowa tego znaczeniu.

Dla wzmożenia przewietrzania niezbędny jest ruch wody, który możemy regulować przez urządzenie osuszająco-nawadniające, głównie w kierunku pionowym i częściowo poziomym. Szkodliwe byłoby natomiast trwałé podtapianie terenu wodą ubogą lub w warunkach stagnujących, gdyż to powodowałoby lub podtrzymywało proces torfienia.

III. Ilości wody zużywane na parowanie terenowe

Rozpatrując ilości wody zużywane przez łąkę musimy wyróżnić.

- a) faktyczne rozchody na parowanie terenowe, związane z warunkami glebowymi, uwilgotnieniem, klimatem i rodzajem szaty roślinnej, oraz
- b) potrzeby wodne roślin netto, to znaczy te minimalne ilości wody transpirowanej, które wystarczyłyby na produkcję masy. Niewątpliwie

potrzeby netto są mniejsze niż obserwowane parowanie terenowe, gdyż w tym ostatnim tkwi spory udział bezpośredniego parowania wody z powierzchni gleby i parowania części opadów wprost z powierzchni roślin.

Dla melioracji bardziej miarodajne są dane dotyczące parowania terenowego. Operując parowaniem terenowym, jako wskaźnikiem zapotrzebowania wody do nawodnień, powinniśmy starać się o pewne jego ograniczanie, podnosząc stopień użytecznego działania wody i zbliżając się w ten sposób do potrzeb netto.

Parowanie terenowe z powierzchni łąki za okres wegetacji potrafimy oszacować uwzględniając wilgotność gleby i jej rodzaj, czynniki meteorologiczne (zwłaszcza niedosyt wilgotności powietrza) oraz ilość produkowanej masy roślinnej. Na ogół parowanie wzrasta bardzo wraz z wilgotnością gleby (tab. 1).

Tabela 1

Parowanie dobowe w mm z powierzchni darniny w stosunku do jednostki niedosytu wilgotności powietrza

| Gleba | Poziom wody grun- towej w cm | Wilgotność wierzchniej warstwy w % obję- tościowych | Zawartość powie- trza w wierz- chniej warstwie w % objęt. | Parowanie dobowe w mm na 1 milibar niedosytu |
|------------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Torf niski średnio rozłożony | 20 | 87 | 1,0 | 0,67 |
| Torf średnio rozłożony | 40 | 85 | 3,0 | 0,57 |
| Torf średnio rozłożony | 70 | 75 | 13,0 | 0,44 |
| Mada ciężka głęboka | 40 | 40 | 10,0 | 0,34 |
| Mada ciężka głęboka | 70 | 32 | 18,0 | 0,32 |

Na marginesie tej tabeli, nie wymagającej w zasadzie objaśnień, podkreślimy tylko silny wpływ poziomu wody na aerację warstwy wierzchniej w torfach. Widać tu, że przy poziomie 40 cm zapas powietrza w warstwie darniowej jest bardzo mały — 3%, gdy tymczasem dla traw minimum wynosi 6—10%.

Oprócz uwilgotnienia gleby na parowanie terenowe wpływa przyrost masy roślinnej, lecz przyrost parowania odbywa się znacznie wolniej niż przyrost masy.

Dla łąk np. znaleziono następujące zależności przedstawione obok:

| Plon siana w q/ha | Parowanie tere- nowe w liezbach względnych |
|----------------------|--|
| Darnina | 1,0 |
| 10 | 1,3 |
| 50 | 2,0 |
| 100 | 2,5 |

Podwojenie więc masy roślinnej z 50 q/ha do 100 q/ha zwiększa tylko o 25% parowanie terenowe.

Na podstawie przeglądu podanych liczb możemy stwierdzić, że przy jednakowej masie roślinnej łąki podtapiane parują znacznie więcej niż osuszone. Jeżeli obniżamy wody gruntowe, to mamy możliwość osiągnąć większe plony przy takim samym rozchodzie wody jak w warunkach pierwotnych. Łąka dzika np. o plonie 10 q/ha i poziomie wody 20 cm wyparowuje w liczbach względnych 0,87 jednostek, a po obniżeniu wody do 70 cm podobne parowanie (0,88) nastąpi dopiero wtedy, gdy plon będzie wynosił 50 q/ha. Zmniejsza się tu parowanie nieprodukcyjne i jednocześnie powiększa współczynnik użytecznego działania wody.

Projektując melioracje nawadniające, które utrzymywałyby dużą wilgotność gleby w wierzchniej warstwie, musimy liczyć się ze wzmożonymi rozchodami na parowanie i uwzględniać je w bilansie wodnym.

Co do wpływu zwiększonego parowania na procesy glebowe — to nie jest on u nas poznany. W strefie kontynentalnego klimatu obserwuje się wtedy zasolenie powierzchni wskutek intensywniejszego prądu wstępującego wody kapilarnej.

IV. Jakość wody

Charakteryzując jakość wód użytych do nawodnień łąk trzeba zwrócić uwagę na: a) skład mineralogiczny i biologiczny zawiesin, b) chemizm roztworu, c) zawartość rozpuszczonego tlenu.

Dodatni wpływ nawodnień na roślinność stwierdzamy zawsze, jeżeli doprowadzane wody są żyzne, a przede wszystkim ruchliwe, co zapewnia im większy dopływ powietrza.

Wpływ nawodnień na procesy glebowe może być różnorodny — i dodatni i ujemny, lecz nie mamy co do tego wyczerpujących materiałów doświadczalnych. Przez analogię z naturalnymi zjawiskami, zachodzącymi w profilu poprzecznym doliny rzecznej zalewanej, gdzie tworzą się mady lub torfy, możemy tylko wnioskować o warunkach niezbędnych do osiągnięcia dodatnich wyników.

Podstawowym postulatem będzie tu zawartość namulów i ruchliwość wody.

Nieco więcej danych zgromadzono o przemianach właściwości gleb, lecz dotyczą one nawodnień w rejonach stepowych i półpustynnych. Jako przykład z naszych terenów przytaczamy pojedyncze obserwacje nad zmianą odczynu na łąkach w Czersku na Pomorzu, nawadnianych od lat kilkudziesięciu wodami bez zawiesin (zbiornik), o pH 7—8.

Cenne doświadczenia nad dynamiką azotanów w torfach nawodnionych przez podsiąkanie przeprowadził Bac i Świętochowski, stwierdzając dodatnie działanie tych nawodnień.

Tabela 2

Zmiany odczynu gleby pod wpływem nawodnień

| Gleba | Poziom w cm | pH terenu nawodnionego | pH terenu nie nawodnionego |
|------------|----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Torf niski | 0—20 | 6,2—6,8 | 5,5—5,8 |
| | 20—40 | 5,7—6,4 | |
| | 40—80 | 5,5—5,8 | |
| Piasek | 0—20 | 6,8—7,8 | 4,5—5,0 |
| | 50—70 | 6,8—7,0 | |
| | 70—90 | 6,1—6,5 | |

Wydaje się, że w badaniach jakości wód przydatnych do nawodnień za mało nacisku kładziono na zawartość tlenu. Wprawdzie składnik ten może być skutecznie regulowany przez urządzenia melioracyjne, lecz wymaga to częstszej wymiany wody, wywołania ruchu, co związane jest z dużym jej zapotrzebowaniem.

Jak ważne jest uwzględnienie tlenu, świadczą dane Könekampa i Müllera¹ z polderów dolnej Odry, podlegających corocznym zalewom.

Widzimy tu, że wody gruntowe stagnujące nie mają wcale tlenu, wody podnoszone i opuszczane w granicach kilkudziesięciu centymetrów są już nieco utlenione (nasycone jednak poniżej 10%), dopiero woda w rowach zawiera nieco większe ilości tlenu. Oczywiście dla łąki jest miarodajny

Tabela 3

Zawartość tlenu w wodzie — średnia z 4 lat

| Mie- siąc | Woda gruntowa | | | | Woda w rowach melioracyjnych | | | |
|--------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|
| | stagnująca | | ruchoma | | stagnująca | | ruchoma | |
| | ilość tlenu w cm ³ /l wody | nasy- cenie w % | ilość tlenu w cm ³ /l wody | nasy- cenie w % | ilość tlenu w cm ³ /l wody | nasy- cenie w % | ilość tlenu w cm ³ /l wody | nasy- cenie w % |
| IV | 0,0 | 0,0 | 0,072 | 0,8 | 4,482 | 53,9 | 4,593 | 54,9 |
| V | 0,0 | 0,0 | 0,062 | 0,8 | 4,663 | 57,6 | 5,527 | 85,6 |
| VI | 0,0 | 0,0 | 0,126 | 1,8 | 3,687 | 57,2 | 5,485 | 87,1 |
| VII | 0,0 | 0,0 | 0,533 | 7,7 | 4,125 | 73,1 | 5,915 | 94,0 |
| VIII | 0,0 | 0,0 | 0,145 | 2,7 | 4,251 | 64,6 | 5,459 | 83,4 |
| IX | 0,0 | 0,0 | 0,097 | 1,3 | 3,528 | 48,6 | 5,172 | 72,9 |
| X | 0,0 | 0,0 | 0,075 | 1,0 | 3,137 | 39,5 | 3,821 | 47,5 |

¹ A. Könekamp i G. Müller: Ergebnisse sechsjähriger Versuche zur Verbesserung der Wiesen an der unteren Oder. „Landwirtschaftliche Jahrbücher“, t. 89, 1940 r.

zapas tlenu w wodzie gruntowej, na który, jak widać w danych warunkach, mało wpłynęła ruchliwość samych wód w rowach. Należałoby więc dążyć tu do jeszcze żywszej wymiany wody gruntowej, np. przez drenowanie krecie.

Sumując uwagi nad jakością wód można stwierdzić, że konieczne jest szersze wykorzystanie zasobów pokarmowych wód naszych cieków¹, jednak przy bardzo wnikliwym potraktowaniu kwestii zasobności w tlen w fazie przebywania wody nawadniającej w gruncie i na terenie. Schemat trwałego podniesienia wód gruntowych, a więc podtopienia, byłby równoznaczny ze stagnowaniem, chyba że dysponowalibyśmy bardzo dużymi ilościami wody dopływającej z możliwością ciągłej jej wymiany powierzchniowej. Przy zmiennym uwilgotnieniu (oczywiście w granicach dopuszczalnych z uwagi na pobieranie wody przez roślinność), a więc przy zmiennych poziomach potrafimy ją ożywić wprowadzając w ruch.

V. Technika melioracji nawadniających

Dotychczasowa praktyka nawodnień wskazuje, że mogą być dwie koncepcje techniczne regulowania wilgotności warstw wierzchnich, sprzyjające otrzymaniu wysokiego plonowania łąk.

1. Przy ograniczonych ilościach wody, kiedy zmuszeni jesteśmy traktować ją tylko jako czynnik niedoborowy, który uzupełniamy dla podtrzymania optymalnej wilgotności i pokrycia rozchodów na parowanie, mogą być brane pod uwagę następujące systemy: z grupy nawodnień powierzchniowych — zraszanie, z grupy nawodnień podpowierzchniowych — podsiąkowe stałe i okresowe oraz przesiąkowe, przy czym w tym wypadku potrzebne są też urządzenia osuszające.

Techniczna strona tych systemów jest rozwiązana, a możliwość ich stosowania dość szeroka, jednak niezbędne okazują się dodatkowe zabiegi agrotechniczne, nawożenie i in.

Zmiany w procesach glebowych mało są poznane, ale przy umiejętnym regulowaniu wilgotności i aeracji wydaje się, iż można uniknąć szkodliwych jednostronnych przemian.

2. Jeśli nawodnienia potraktujemy szerzej, jako czynnik kierujący procesami glebowymi, a nie tylko zaopatrujący roślinę w wilgoć, to okazuje się, iż potrzebujemy dużych ilości wody przekraczających wielokrotnie zużycie na parowanie, ponadto musi to być woda zasobna w namuły mineralne i utrzymywana w ruchu. W tych wypadkach obserwujemy na łąkach trwanie fazy rozłogowej i luźnokępkowej, bez tendencji do przechodzenia w stadium bagienne. Trzeba jednak wnikliwie zbadać

¹ M. Stangenberg: Wartość nawozowa wód rzecznych. „Gospodarka wodna“, nr 6. 1952.

rodzaj namulów, gdyż są obawy, że nawodnienia torfowisk wodą zawierającą węglany mogą być szkodliwe. Odpowiednim schematem technicznym są tu nawodnienia powierzchniowe systemem zalewowym, zalewowo-przepływowym i nasiąkowym (stokowym) w połączeniu z siecią osuszającą.

Zarówno przy pierwszym, jak i drugim schemacie regulowania obiegu wody nie do pomyslenia jest realizowanie go bez sieci urządzeń technicznych nawadniających i osuszających, i to dość intensywne. W przeciwnym razie zdajemy się na los zmiennych z roku na rok i w ciągu roku czynników klimatycznych. Proponowany przez niektórych ekologów schemat osuszania za pomocą zadrzewień jest u nas nierealny.

W dolinie Noteci stwierdziliśmy (dr Hohendorf), że w zasięgu działania zadrzewień śródpolnych zmniejsza się zdolność ewaporacyjna powietrza o 16%. Ponieważ zaś nie będziemy łąk zalesiać w postaci masywów zwartych, lecz zapewne systemem skupisk lub pasów, przeto nie można spodziewać się zwiększenia rozchodu na parowanie przez zadrzewienie.

Omówimy teraz niektóre techniczne zagadnienia dotyczące sieci melioracyjnej. W skład zasadniczego schematu sieci wchodzi następujące elementy: a) główne odprowadzające, b) szczegółowe osuszające, c) główne doprowadzające, d) szczegółowe nawadniające.

W pewnych systemach, jak np. przy podsiąku, te same urządzenia mogą spełniać podwójną rolę, przewidzianą dla elementów b i d.

Urządzenia melioracyjne z punktu widzenia gospodarczego, pomijając zasady szczegółowej konstrukcji, powinny odznaczać się następującymi cechami:

1. Muszą zapewnić szybkie uzyskanie wysokich i trwałych plonów.
2. Dając podstawę do szybkiego efektu w plonach nie powinny wpływać szkodliwie na procesy glebowe w przyszłości.
3. Muszą być oszczędne jako inwestycje.
4. Muszą być trwałe i oszczędne w użytkowaniu, łatwe do obsługi i konserwacji i sprzyjające usprawnieniu corocznych czynności gospodarczych, uprawowych, nawozowych i zbiorów.

Przy obecnym stanie techniki melioracyjnej dysponujemy następującymi systemami nawodnień (w połączeniu z siecią osuszającą):

A. Nawodnienia podpowierzchniowe:

- 1) podsiąkowe za pomocą rowów i drenów, wymagające podnoszenia poziomu wód gruntowych,
- 2) przesiąkowe za pomocą drenów, nie oparte o wody gruntowe.

B. Nawodnienia napowierzchniowe:

- 1) zalewowe w różnych odmianach,
- 2) nasiąkowe w typie stokowym lub bruzdowym,
- 3) zraszające (deszczownie).

Systemy te nie wymagają obecności bliskiego zwierciadła wód gruntowych.

Zależnie od warunków umiemy dobrać i zrealizować poszczególne systemy oraz zapewnić spełnienie wymienionych wyżej postulatów gospodarczych. Nie umiemy natomiast wprowadzać jakichkolwiek urządzeń (w ramach stosowanej obecnie techniki) w środowisko trwale poddane działaniom wysokich wód gruntowych lub zalewów, a jednocześnie zapewnić spełnienie wskazanych postulatów. Zmniejsza się wtedy zarówno trwałość budowli (np. zarastanie rowów osuszających i doprowadzalników, niszczenie skarp, zamulanie drenów itd.), jak i sprawne ich działanie wymagane w okresach nawodnień, zabiegów pielęgnacyjnych i zbiorów siana, zwłaszcza w miarę mechanizacji rolnictwa.

Wzmoczona konserwacja rozwiązałaby częściowo tę sprzeczność, co jednak wydaje się mało zachęcające, gdyż i obecne koszty konserwacji, uwzględniając nawet zmechanizowanie tych robót, są znaczne.

VI. Wpływ terenów uwilgotnionych i zabagnionych na bilans wodny

Oprócz bezpośredniego wpływu na roślinność i na procesy glebowe uwilgotnienie terenu oddziałuje także na bilans wodny obszaru. Zjawiska te rozpatrywane w odniesieniu do zlewni są bardziej złożone niż w odniesieniu do pojedynczego profilu. Ogólnie można zauważyć, że zmiana wilgotności gleby, wywołana np. przez melioracje, działa przez roślinność i glebę na obieg wody w profilu i w zlewni, co z kolei może prowadzić do wtórnych zmian uwilgotnienia terenu w kierunku pogłębienia lub zahamowania pierwotnie osiągniętych przemian.

W stosunku do terenów silnie i trwale uwilgotnionych, jak np. torfowiska nie osuszone, powstawało zasadnicze pytanie, czy działają one jako zbiornik retencyjny, zasilający odpływ niższych części zlewni, czy też jako ewaporometr, który zuboży odpływ na rzecz parowania. Wydaje się, iż słuszniejszy byłby pogląd o wzmagającym się parowaniu z powierzchni przewodzonych. Między innymi Iwanow¹ stwierdza dla strefy opadów 500—700 mm istnienie mniejszego odpływu letniego z masywów zabagnionych niż ze zlewni nie zabagnionych.

Zdarzyć się jednak mogą wypadki przeciwne, to jest występowanie większych odpływów letnich w zlewniach zabagnionych. Zjawiska te jednak zachodzą tylko wtedy, gdy obszar zabagniony powoduje podniesienie się wód gruntowych w całej zlewni. Te właśnie wody ze względu na wyższe ciśnienie hydrostatyczne zasilają niskie stany letnie w ciekach (a nie wody z bagien — torfowisk o słabej przepuszczalności i dużej chłonności wodnej).

¹ K. E. Iwanow: *Gidrologija bołot*. 1953.

Pomiary hydrologiczne, wprawdzie niezbyt obfite, wskazują, że w naszych warunkach tereny bagienne dostarczają najmniejszego odpływu. Tak np. suma odpływu rocznego Górnej Noteci wynosi około 60 mm, a spływ jednostkowy przy stanie zwyczajnym wynosi, wg Dębskiego, 1,2 l/sek/km².

Widzimy więc, że wykorzystanie podtopień na torfowiskach w celu wzmożenia retencji i zasilenia niskich letnich odpływów może być osiągnięte tylko pośrednio, jeżeli podtopienie stworzy większy podziemny zbiornik retencyjny w przyległych gruntach mineralnych, co nie zawsze będzie uzasadnione z punktu widzenia rolnictwa, zwłaszcza w terenach płaskich.

VII. Hydrologiczne możliwości intensywniejszego wykorzystania naszych zasobów wodnych dla nawodnień typu zalewowo-przepływowego

W rozdziałach poprzednich przytoczyliśmy szereg argumentów wskazujących na słabe strony hipotezy o konieczności utrzymywania wysokich i trwałych stanów uwilgotnienia w większości gleb łąkowych, jeżeli nie dysponujemy pełną możliwością uruchamiania wody na danym obiekcie.

Tabela 4
Dane o odpływach jednostkowych przy zwyczajnym stanie wody

| Dorzecze | Pow. całkowita w tys. km ² | Pow. o odpływie zwyczajnym równym 1—3 l/sek/km ² w tys. km ² | Pow. o odpływie zwyczajnym równym 1—3 l/sek/km ² w % |
|----------|---------------------------------------|--|---|
| Warty | 51,9 | 28,6 | 55 |
| Wisły | 193,2 | 66,6 | 34 |
| Ogółem | 245,1 | 95,2 | 39 |

więc przy stanie, który może być miarodajny do określenia ilości wody potrzebnej na nawodnienia, wynoszą u nas, z wyjątkiem niewielkich obszarów górskich, 1—7 l/sek/m². Znaczna jednak część kraju ma odpływy niskie, jak to wykazuje zestawienie wykonane na podstawie danych Dębskiego.¹

Jedynie w razie dużych ilości żyznej i zawsze ruchliwej wody znaczne uwilgotnienie (którego granice trzeba by jeszcze sprecyzować) może dać dobry efekt w plonach i procesach glebowych.

Pomijając żyzność wody rozpatrzmy globalne możliwości wykorzystania zasobów wodnych w kraju do nawodnień powierzchniowych, ruchliwych.

Odpływy jednostkowe przy zwyczajnym stanie wody, a

¹ K. Dębski: Odpływ rzek przy zwyczajnym stanie wody. Wiadomości służby Hydrologiczno-meteorologicznej 1948 r.

Możemy przyjąć, że dla 40% powierzchni naszego kraju miarodajne będą odpływy przy zwyczajnym stanie wody rzędu 2 l/sek/km². Obliczamy dla tych warunków przybliżony bilans wodny pomelioracyjny na łąkach. Przy założeniu, że wodą będziemy gospodarować bardzo oszczędnie i uzupełniać tylko niedobory powstałe przez parowanie, aby nie dopuścić do obniżania poziomu wody gruntowej, możemy oszacować niezbędny dopływ dla łąk wysokoprodukcyjnych w okresie wegetacji na 0,25 l/sek/ha. Gdybyśmy pobrali całą wodę płynącą ciekami w okresie wegetacji, otrzymalibyśmy możliwość nawodnienia tylko podsiąkowego około 8% powierzchni zlewni. Przypuśćmy jednak, że potrafimy wyrównać całkowicie roczny przepływ w cieku za pomocą np. zbiorników. W tym wypadku uzyskamy dla omawianych obszarów odpływ jednostkowy około 5—6 l/sek/km². Teraz moglibyśmy już zapewnić wyrównanie niedoborów dla 20—24% powierzchni zlewni.

Ponieważ obszar użytków zielonych szacujemy u nas na 13%, zróbmy obliczenie bilansowe dla tego układu. Od odpływu jednostkowego odtrącamy tę część wody (0,25 l/sek/ha), która zostanie zużyta bezpośrednio na parowanie łąk. Otrzymamy pewną pozostałość, która może być zużyta na przepływ wody nawadniającej. Będą to ilości bardzo małe, średnio 0,13—0,21 l/sek/ha za okres wegetacji. Przyjmując dalej, iż nawodnienia powierzchniowe wodą ruchomą wykonywalibyśmy w okresie wegetacji (180 dni) kilka razy (np. 6), o łącznej sumie trwania na poszczególnej kwaterze np. 18 dni, to efektywny dopływ zwiększyłby się do 1,3—2,1 l/sek/ha.

Uzyskanie ruchomych nawodnień zalewowych przy tym dopływie byłoby problematyczne, na zalew, i to tylko stojący, musimy dysponować kilkakrotnie większą ilością wody, przynajmniej 10 l/sek/ha.

Dalsze skracanie sumarycznego czasu trwania polewu dla uzyskania większych dopływów sekundowych doprowadza do normalnego schematu stosowanego obecnie, tj. nawodnień zalewowych wiosennych i ewentualnie najwyżej 1—2-wegetacyjnych.

Przytoczone obliczenia mają charakter bardzo przybliżony z uwagi na przyjęte uproszczenia, jak np. nieuwzględnienie zapasów retencji, założenie całkowitego poboru wody z cieku itd. Niemniej jednak obliczenia są zgodne z faktami obserwowanymi w praktyce, tyczącymi się niemożności nawodnień zalewowych w okresie wegetacji na torfowiskach położonych w małych zlewniach.

Oczywiście idąc w dół rzeki znajdujemy coraz pomyślniejsze warunki hydrologiczne, gdyż wtedy stosunek obszarów łąkowych (mogących korzystać z cieku) do powierzchni zlewni ulega stopniowemu zmniejszeniu. Odbicie tego stosunku znajdujemy w naturze — w dolnym biegu rzeki częściej są odłożone żyzne mady niż w górnych częściach zlewni.

Zakres nawodnień zalewowych obejmie więc przede wszystkim dolne biegi cieków. Części górne mogą być zalewane wodą ruchliwą, jeśli dokona się jej przerzutów ze zlewni do zlewni lub zmagazynuje w jeziorach czy zbiornikach. Przede wszystkim jednak można by tu wykorzystać wody wiosenne roztopowe, ale pod warunkiem, że uniknie się ich stagnowania na terenie.

Należy jeszcze dodać, że opracowana ostatnio przez dr Sochonia teoria wykorzystania zrzutów przy nawodnieniach pozwala na zwiększenie współczynnika użytecznego działania wodą w sensie hydrologicznym. Strona biologiczna wymaga jednak sprawdzenia, gdyż przy tym schemacie technicznym mogą być obawy ługowania gleby lub ubożenia wody.

VIII. Wnioski końcowe

Sądzę, że wobec obszerności rozpatrywanych problemów i dość ograniczonego materiału dowodowego nie byłoby możliwe podsumowanie referatu w formie wiążących tez. Niemniej jednak nasuwa się kilka stwierdzeń, które z jednej strony stanowią pewien pogląd na omawiane zagadnienia, z drugiej zaś mogą być tematyką do szczegółowego opracowania. Można to ująć w następujące punkty:

1. Istnieje konieczność różnicowania schematów melioracji technicznych i stopnia uwilgotnienia zależnie od warunków środowiska i projektowanych celów gospodarczych. Nie wydaje się słuszne, aby w łąkarstwie wystarczyła tylko jedna koncepcja melioracyjna, stosowana np. i dla łąk, i dla torfów, których geneza jest zupełnie różna.

2. Obniżanie poziomu wód gruntowych przy melioracji łąk powinno być ostrożne, w granicach stwierdzonych minimów dopuszczalnych. W celu uniknięcia okresowych nawet krótkotrwałych zaburzeń w bilansie wodnym i zagospodarowaniu, urządzenia nawadniające powinny raczej wyprzedzać osuszanie.

3. Utrzymywanie trwałych i wysokich stanów uwilgotnienia nie wydaje się słuszne jako reguła ogólna. O dopuszczalnym stopniu uwilgotnienia decyduje żyzność i ruchliwość wody powierzchniowej i gruntowej. Jeżeli woda jest uboga, a zwłaszcza stagnująca na terenie, proces glebowy wykazuje tendencje w kierunku torfienia.

4. Utrzymywanie pewnej średniej wilgotności na jednakowym poziomie, teoretycznie biorąc, byłoby możliwe do zrealizowania przez zastosowanie urządzeń technicznych. Ze względu jednak na konieczność aeracji woda gruntowa powinna wykonywać przynajmniej ruchy pionowe w granicach doświadczalnie uzasadnionych.

5. Bezwzględnie należałoby dążyć do pełniejszego wykorzystania zasobów pokarmowych zawartych w zawiesinach i roztworach naszych cieków i wodach okresowo spływających po powierzchni.

6. Projektowane obecnie melioracje, pomijając możliwe lokalne błędy wykonania, zasadniczo w koncepcjach dotyczących magazynowania wody i nawodnień, zgodne są z postulatami przyrodniczymi. Jeżeli nawet w przyszłości znaleźlibyśmy lepsze rozwiązania techniczne, to budowane urządzenia podstawowe nie wykluczą możliwości rekonstrukcji systemów szczegółowych.