

ANDRZEJ WANKE

PRZEMARZANIE GLEBY NA POLU DRENOWANYM W PUCZNIEWIE KOŁO ŁODZI

Katedra Kształtowania Środowiska i Melioracji SGGW w Warszawie

WSTĘP

Zima w strefie umiarkowanej jest ważnym okresem dla rolnictwa ze względu na odpoczynek roślin wieloletnich i jarowizację zbóż oraz dla gleby, bowiem wtedy następuje poprawa jej struktury.

Zamarzanie i rozmarzanie gleby rozrywa więzi między jej cząsteczkami i mikroagregatami. Powstają wówczas szczeliny różnych rozmiarów i tworzy się struktura gruzełkowata [Prończuk, 1982]. Daje się to łatwo zauważyć po mroźnych zimach i ma szczególnie istotne znaczenie dla gleb zaskorupiałych i ubitych, nie uprawianych jesienią. W wyniku przemarzania stają się one pulchne i odzyskują właściwą gęstość [Rewut, 1980].

Przemarzanie gleby bywa jednak często szkodliwe dla korzeni roślin ozimych. Następuje wówczas rozciąganie korzeni i w skrajnych przypadkach ich rozrywanie, co jest spowodowane unoszeniem się gleby podczas zamarzania. Ocenia się, że unoszenie to wynosi 10–20% głębokości przemarzania [Bac, 1950]. Część korzeni potem odnawia się i szkody maleją. Jeżeli natomiast skutek ruchów pionowych gleby, korzenie zostają wysadzone na wierzch, to często wymarzają, a rośliny usychają z racji braku możliwości pobierania wody z zamrożonej gleby.

Istotną rolę w tworzeniu struktury gruzełkowej gleby przy zamarzaniu odgrywa jej uwilgotnienie [Rewut, 1980]. Gdy w glebie niemal wszystkie pory są wypełnione wodą i lód tworzy się prawie jednocześnie w jej całej objętości, nie powstają szczeliny, gdyż cała masa jest unieruchomiona. Przemarzanie nie wywołuje dużych zmian objętościowych także w glebie o małej wilgotności, ponieważ tworzenie lodu jest wówczas znikome.

Intensywne tworzenie się szczelin i struktury gruzełkowej występuje natomiast przy średniej wilgotności gleby, bo woda tworząc bryłki lodu powiększa jej porowatość. Wynika to ze zwiększenia objętości wody przy zamarzaniu o 8,3% i z wytwarzania nacisku wynoszącego 69 000 kg/cm² [Dębski 1959].

Powstawanie w ziemi szczelin i pęknięć wzbogaca porowatość gleby, przyspiesza infiltrację oraz zwiększa jej przewodność i retencyjność, poprawiając w ten sposób stosunki powietrzno-wodne w czynnej, korzeniowej warstwie profilu

glebowego w okresie wegetacji. W tym procesie istotną rolę w okresach jesiennym i zimowym odgrywa drenowanie gleb o słabo przepuszczalnym podłożu, umożliwiające odpływ wody grawitacyjnej i przeciwdziałające wytwarzaniu się wysokiego poziomu wody gruntowej, o czym się czasem zapomina uwypuklając jego istotną rolę w kształtowaniu uwilgotnienia gleby w okresie wiosennym. W szerszym zakresie we wskazówkach rolniczych zwracał na to uwagę Bac [1950], zalecając kształtowanie powierzchni pól, stosowanie bruzd i przegonów oraz zakładanie drenów w celu jesiennego i zimowego odprowadzania nadmiaru wód powierzchniowych i glebowych.

Do zagadnień technicznych związanych z drenowaniem należą między innymi kontrola jakości rurek drenarskich, a wśród nich ocena ich odporności na działanie mrozu. Polega to na eliminowaniu takich partii rurek, w których występują pęknięcia i odpryski. Jednak nawet przy pozytywnych wynikach tych testów zachodzi obawa, że sączki przy wielokrotnym zamarzaniu i rozmarzaniu mogą ulegać uszkodzeniom, co ogranicza ich przepustowość. Szczególnie narażone na działanie mrozu będą zawsze rurociągi znajdujące się w lokalnych obniżeniach terenowych. Dopuszcza się tu bowiem tylko 60-centymetrowe ich przykrycie glebą.

Przy zakładanym 40-letnim okresie trwałości inwestycji drenarskich, przyjmowanym przy określaniu ich opłacalności powstaje pytanie, czy koszty związane z naprawami wynikającymi z uszkodzeń mrozowych mogą wpływać na ten rachunek ekonomiczny. Prowadzone w Puczniewie obserwacje i badania, mające na celu lepsze poznanie funkcjonowania drenów, dotyczyły także bardzo ważnego okresu zimowego, w tym pomiarów przemarzania gleby, których wyniki podano poniżej.

METODYKA BADAŃ

Doświadczalne pole drenowane usytuowane jest w Puczniewie na lokalnym wododziale gleby płowej wytworzonej z gliny zwałowej. Morena denna, przekraczająca tu 25 m miąższości, a zbudowana z gliny ciężkiej, w wierzchnich warstwach jest zdenudowana.

Analiza składu granulometrycznego (tab. 1) wskazuje, iż w profilu glebowym poziom próchniczny stanowi piasek gliniasty mocny, poziom Eetg – glina lekka, a poziom Btg – glina średnia.

Skąła macierzysta – glina ciężka oraz związana z tym słaba przepuszczalność gleby charakteryzowana współczynnikiem filtracji w przedziale 0,2–0,01 m/d sprawiają, że mamy do czynienia z typem zasilania opadowego z pojawiającym

TABELA 1. Skład granulometryczny badanych gleb
TABLE 1. Granulometric composition of soils under investigation

Poziomy Horizons [cm]	Procentowy udział frakcji o średnicy [mm] – Per cent of fractions [mm]			
	1–0,1	0,1–0,02	0,02–0,002	<0,002
0–25	69	13	11	7
25–50	58	11	11	20
50–100	51	12	14	23
100–190	42	14	17	27

TABELA 2. Średnie z wielolecia temperatury gleby w °C na poszczególnych głębokościach
 TABLE 2. Average temperature of soil in particular depth

Głębokość Depth [cm]	Miesiące – Month					
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	March	April
5	4,0	0,8	-0,8	-0,1	1,9	8,0
10	4,2	1,2	-0,6	0	2,1	7,6
20	4,7	1,5	-0,3	0,2	1,7	7,2
50	5,9	2,7	0,8	0,7	1,9	6,5

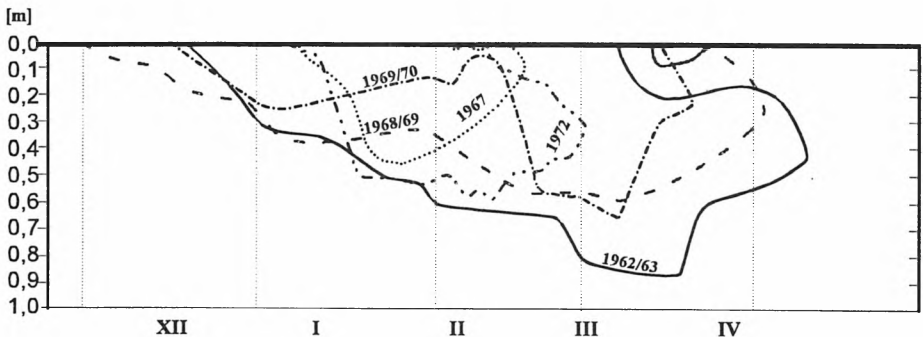
się okresowo zawieszonym zwierciadłem wody opadowej nie mającym bezpośredniego związku z wodami podziemnymi.

Według danych miejscowej stacji meteorologicznej średni opad roczny z wielolecia 1951–1974 określono na 526 mm, średnią roczną dobową temperaturę powietrza na 7,7°C, a średnie dobowe temperatury powietrza w miesiącach zimowych: listopad +3,7; grudzień -0,4; styczeń -2,9; luty -2,3; marzec +1,5 i kwiecień +7,4°C. Charakterystykę temperatury gleby do głębokości 50 cm podano w tabeli 2.

Systematyczne sondowania przemarzania gleby prowadzono metodą przebijania otworu i wyszukiwania zmian jej oporu za pomocą szpili. Głębokość zamrażania gleby między sączkami drenarskimi określano przez wykonywanie odkrywek.

WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono pięć wybranych z dziesięciu przebiegów zamrażania gleby mierzonych w połowie odległości między sączkami drenarskimi. Można tu wyróżnić trzy ich rodzaje: pierwszy ciągły jak w latach 1968/1969 i 1972, drugi składający się z dwóch okresów jak w zimie 1969/1970 i dwa przemarzania niezależne od siebie podczas rozmarzania w roku 1962/1963. Bliższe dane warunków i głębokości zamrażania gleby zawiera tabela 3. Z danych tych wynika, że mrozy rozpoczynały się w połowie listopada, a kończyły na przełomie

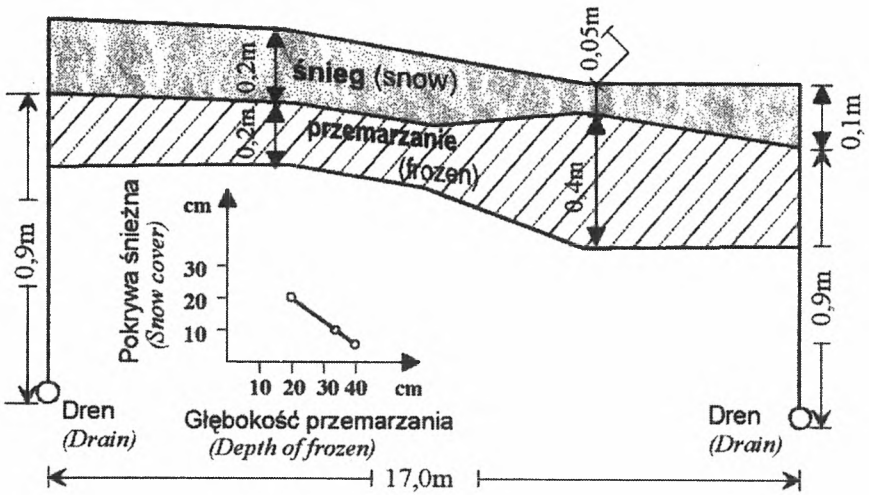


RYSUNEK 1. Przebiegi zamarzania gleby podczas pięciu zim okresu obserwacyjnego
 FIGURE 1. Course of the depth of soil frozen during 5-winter periods

TABELA 3. Temperatury i głębokości przemarzania gleby w okresach zimowych lat 1962–1972

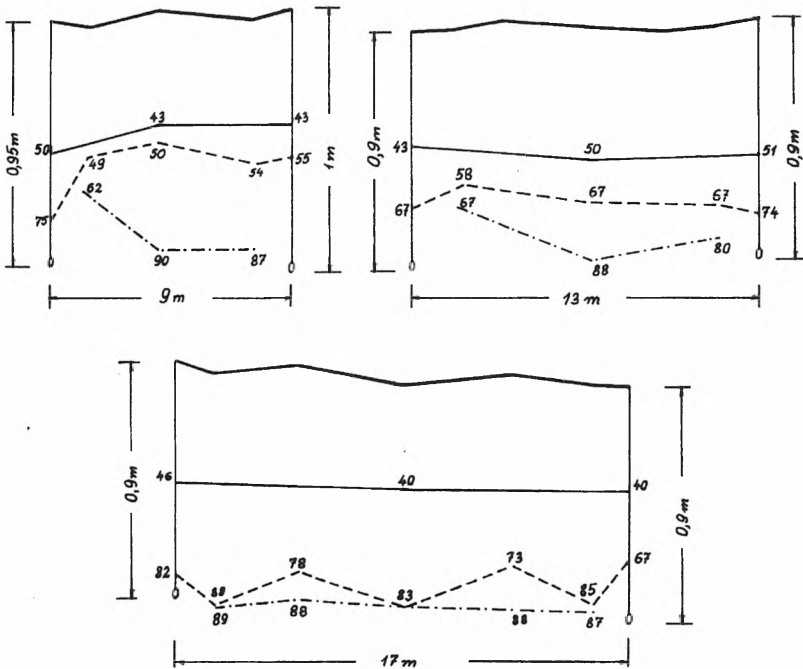
TABLE 3. Temperature and depth of soil frozen in the winter periods 1962–1972

Lp. No.	Średnia dobowa temperatura powietrza Mean daily air temperature						Średnia pokrywa śnieżna Average depth of snow p'_s [cm]	Przemarzenie gleby Soil frozen				Rozmarzanie – Melting period			
			ujemne below 0°C		dodatnie above 0°C					od góry from above		od dołu from below			
	okresy występowania niskich temperatur periods with low temperatures	razem dni w okresie total days in the period	liczba dni num- ber of days	najniż- sza the lowest t_{min} [°C]	liczba dni num of days	najniż- sza the lowest t_{min} [°C]		okresy periods	występowania liczba dni num of days	maks. głęb. max. depth h [cm]	licz- ba dni num- ber of days	głęb- kość depth [cm]	licz- ba dni num- ber of days	grubość warstwy thick- ness of layer [cm]	
1	18.12.1962– 3.04.1963	107	90	–23,0	17	6,1	19	18.12.1962–10.04.1963	114	87	12	50	25	37	
2	31.01.1965– 13.03.1965	42	39	–10,1	3	1,8	6	2.02.1965–20.03.1965	46	26	5	20	4	6	
3	12.11.1965– 17.12.1965	36	18	–12,0	18	6,3	7	13.11.1965–20.12.1965	39	30	1	10	2	20	
4	4.01.1966– 19.02.1966	47	39	–12,6	8	7,3	12	4.01.1966–21.02.1966	49	32	2	6	32	26	
5	4.01.1967– 16.02.1967	44	30	–12,8	14	6,6	6	9.01.1967–18.02.1967	41	44	3	10	23	34	
6	1.12.1968– 22.03.1969	112	91	–13,7	21	3,8	5	1.12.1968–5.04.1969	126	56	10	22	25	34	
7	30.11.1969– 16.03.1970	107	90	–21,3	17	3,2	23	15.12.1969–20.03.1970	95	63	9	24	45	41	
8	22.12.1970– 19.01.1971	29	27	–16,8	2	1,5	19	27.12.1970–22.01.1971	26	12	1	1	10	16	
9	26.02.1971– 13.03.1971	16	15	–14,6	1	0,1	8	26.02.1971–14.03.1971	16	15	2	4	6	11	
10	2.01.1972– 6.02.1972	36	35	–16,3	1	0,4	4	7.01.1972–29.02.1972	54	56	22	30	17	26	
x	28.12–22.02.	57	47	–15,3	10	3,7	11	31.12–1.03.	60	42	7	18	19	25	
Przedz. Range	12.11.–3.04.	16	15	–10,1	1	0,1	4	13.11.–10.04.	16	12	1	1	2	6	
		112	91	–23,0	21	7,3	23		126	87	22	50	32	34	



RYSUNEK 2. Pokrywa śnieżna i przemarzenie gleby na polu obserwowanym w rozstawie 17 m w dniu 13 marca 1965 r.

FIGURE 2. Snow cover and depth of frozen in drained soil with 17 m distance between drain pipe (13.03.1965)



RYSUNEK 3. Głębokość [cm] przemarzania gleby między sączkami o rozstawach 9, 13 i 17 m w trzech terminach: - · - 11.03.1963 r. (przemarzenie maksymalne w 1963 r.), - - - 20.03.1963 r. (okres rozmarzania), — 28.02.1969 r. (przemarzenie bliskie maksymalnemu)

FIGURE 3. Depth of frozen in [cm] between pipe drain with different space in three terms: - · - 11.03.1963 (maximum depth of frozen), - - - 20.03.1963 (melting period), — 28.02.1969 (depth of frozen close to maximum)

marca i kwietnia, z największym nasileniem w styczniu i lutym. Koresponduje z nimi uśredniony początek okresu zamarzania gleby, podczas gdy jego koniec przesunięty jest o tydzień, gdyż okres ten trwa 60 dni. Jest on zbieżny z czasem występowania temperatury gleby niższej od 0°C w zimie wynoszącym 65 dni, podanym przez Koźmińskiego i Michalską [Bac i in. 1968], a określonym jako średni dla tego rejonu kraju z okresu lat 1961–1980.

Według Dębskiego [1959], na zachód od Łodzi izoterma zerowa początku zimy wypada 9 grudnia, a końca zimy 28 marca. W porównaniu z poprzednimi ustaleniami wydłuża to ten okres o około półtora miesiąca.

W okresie obserwacyjnym, w którym wystąpiły: łagodna zima 1970/1971 i ostre zimy 1962/1963 i 1968/1969, notowane głębokości przemarzania wahały się w granicach 12–87 cm. Według normy PN-53/B-03020 głębokość przemarzania w tej części Polski wyznaczono na 1 m. Na głębokość przemarzania, oprócz wilgotności gleby oraz temperatur ujemnych i czasu ich występowania, mają również wpływ: gatunek gleby, przykrycie powierzchni roślinnością i śniegiem oraz jej osłonięcie.

Rozpatrywaną glebę gliniastą na polu ornym, obsiewaną w niektórych latach oziminą, można uznać za powierzchnię odkrytą i ogrzewającą się wiosną powoli w porównaniu z lessami i glebami lekkimi [Bac i in. 1968]. Ochronną rolę pokrywy śnieżnej zmniejszającej głębokość przemarzania ujawniły pomiary w dniu 13.03.1965 r. (rys. 2). Warstwa śniegu o grubości 20 cm zmniejszyła przemarzanie o połowę w porównaniu z 5-centymetrową okrywą śnieżną.

Skutkiem braku przykrycia powierzchni śniegiem tłumaczy się przypadek odnalezienia zamarzniętego sączka ze zbieraczem na głębokości 1,3 m, w odległości 20 m od wylotu drenarskiego, podczas gdy gleba obok była zamarznięta do 0,85 m.

Głębokość przemarzania gleby różnicuje się również między drenami z uwagi na inne właściwości fizyczne i wodne zasypek drenarskich i gleby nienaruszonej, co stwierdzono przy wykonywaniu odkrywek (rys. 3).

Różna głębokość przemarzania zasypek, w porównaniu z glebą w łanie, może wynikać również z przepływu powietrza drenami, w zależności od jego aktualnej temperatury zwiększa się ona lub zmniejsza. Odmienność zasypek i gleby nie naruszonej w łanie ujawniła się również w czasie wykonywania odkrywek. Zamarznięta gleba w zasypkach odpajała się łatwo, podczas gdy w łanie z dużymi oporami.

Kołoskow [Szulgin, 1957] wyróżniając cztery fazy rozmarzania gruntów podaje, że odmarzanie odbywa się intensywniej od powierzchni niż od dołu. Jednak według obserwacji na polu drenowanym w Puczniewie (tab. 3) intensywniejsze rozmarzanie następowało od dołu.

Prowadzone 10-letnie obserwacje przemarzania gleby wykazały dwukrotne jej zamarznięcie poniżej 0,6 m. Jeśliby przyjąć tę regularność, to w okresie 40 lat odcinki sączków drenarskich, znajdujące się w obniżeniach terenowych, byłyby narażone na zamarznięcie 8-krotnie. Nie jest to więc zagrożenie większe niż inne, takie jak np. zamulenie czy zarastanie. Dreny rolnicze więc w odróżnieniu od np. budowlanych nie wymagają specjalnych zabezpieczeń. Ewentualne uszkodzenia drenów z tego powodu należy usuwać w ramach prac konserwacyjnych. Wskazana jest jednak likwidacja lokalnych obniżzeń terenu, a mianowicie zwiększenie przykrycia sączka w tych miejscach.

Reasumując należy uznać, że pojedyncze pomiary głębokości przemarzania, nawet w konkretnych warunkach meteorologiczno-glebowych i usytuowania

terenu, mają tylko wartość wskaźnikową, a wykonywane w wielu powtórzeniach mogą wahać się w dość szerokich granicach, co świadczy o dynamiczności zjawiska. Pogląd ten uzasadniają ostatnio często występujące awarie zamarzających instalacji wodociągowych, gazowych i zalewanie piwnic, sytuowanych poniżej normatywnych głębokości przemarzania. Zapobieganie takim przypadkom powinno polegać na działaniu dwukierunkowym. Pierwsze to na podstawie istniejących lub specjalnie organizowanych pomiarów i obserwacji wprowadzenie do norm głębokości sytuowania instalacji zapewniających prawdopodobieństwo ich zabezpieczenia, i drugie to opracowanie odpowiednich zabezpieczających konstrukcji technicznych.

Pierwsze wymaga sporych nakładów finansowych i organizacyjnych, jak również długiego czasu, podczas gdy drugie rozwiązanie można stosować na bieżąco.

Pierwsze kompleksowe studia nad przemarzaniem gleby, obejmujące cały obszar ówczesnej Polski, przeprowadzono w latach 1928–1933, z inicjatywy Departamentu Budowy i Utrzymania Kolei w Ministerstwie Komunikacji [Dębski 1938]. Po bardzo wnikliwych analizach wyników pomiarowych z 2470 punktów w Instytucie Hydrograficznym Ministerstwa Komunikacji opracowano następującą formułę empiryczną:

$$Z = (126 - 0,95) GWT \quad (1)$$

gdzie:

Z – głębokość zamarzania gleby [cm];

S – grubość warstwy śniegu [cm]; przy obliczaniu maksymalnego zamarzania $S=0$ dla terenów otwartych – $S=10$ T, a osłoniętych – $S=30$ T;

G – współczynnik zależny od rodzaju gleby: I – kamieniste, żwirowe i piaszczyste – 1, II – gliniaste i gliniasto-piaszczyste – 0,9, III – próchniczne i torfowe – 0,78;

W – współczynnik zależny od stopnia osłony terenu: miejsce otwarte – 1, osłonięte ze wszystkich stron – 0,92;

T = $\Sigma t/1000$ – wskaźnik temperatury wg podanego dalej zestawienia;

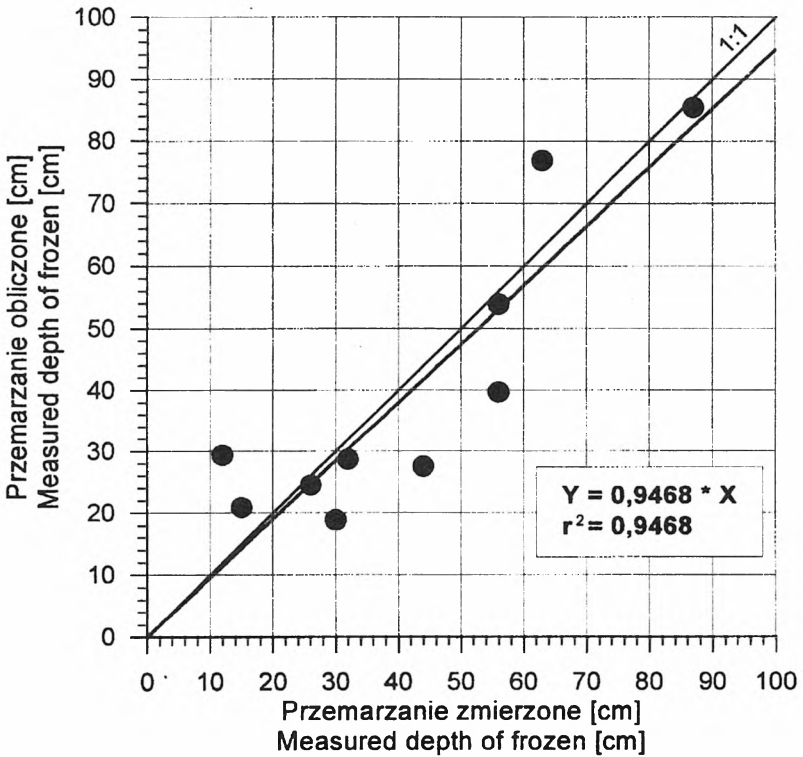
Σt – suma codziennych temperatur niższych od zera o 7 rano (w tysiącach °C) od początku zimy, za który uznano dzień, po którym notowano temperatury ujemne przez 2–3 kolejne dni o 7 rano i 12 w południe.

Zaletą formuły (1) jest możliwość określania dynamiki bieżącego zamarzania gleby przez sumowanie temperatury t i określanie wskaźnika T przy aktualizowaniu grubości pokrywy śnieżnej S. Wadą natomiast jest uzależnienie formuły od temperatury po godz. 7 rano, której nie podaje się w ogólnie dostępnych danych meteorologicznych. Zwracał na to uwagę Dębski twierdząc, że: „Wybór godziny notowań był dyktowany względami natury praktycznej. Ze względów teoretycznych mogło być może więcej celowym posługiwanie się wartościami ciepłoty średniej dobowej, nie miałyby to jednak wpływu na ścisłość rachunku ani na kształt funkcji, a tylko na jej wartości stałe”. Zastrzegął się jednak, że: „W niektórych zastosowaniach praktycznych (np. prognoza hydrologiczna) miernik taki (średnia dobowa) okazałby się mniej dogodnym od miernika wybranego.”

Do wyznaczania największej głębokości przemarzania, wynikającego z warunków meteorologicznych Puczniewa, i przy wykorzystaniu wykonywanych pomiarów (tab. 3), przyjęto formułę (2) jako wymagającą łatwiej dostępnych danych:

Szerokość geograficzna Latitude [°]	Miejscowość Locality	T
49–50	Cieszyn	1,038
	Zakopane	1,258
	Hala Gąsienicowa	1,172
	Morskie Oko	1,278
	Przemysł	1,133
50–51	Częstochowa	1,004
	Kraków	1,045
	Kielce	1,053
	Tarnów	1,019
	Tomaszów Lubelski	1,178
51–52	Leszno	0,915
	Kalisz	0,921
	Skierniewice	0,994
	Dęblin	1,087
	Lublin	1,125

Szerokość geograficzna Latitude [°]	Miejscowość Locality	T
52–53	Poznań	0,883
	Warszawa	1,012
	Białowieża	1,295
	Brześć n/B (Terespol)	1,227
53–54	Chojnice	0,934
	Bydgoszcz	0,908
	Toruń	0,959
	Grudziądz	0,936
	Białystok	1,223
54–56	Puck	0,663
	Gdynia	0,682
	Suwałki	1,225



RYSUNEK 4. Zależność pomiędzy maksymalnymi, pomierzonymi w latach 1962–1972 (tab. 3), a obliczonymi według formuły (2), głębokościami przemarzania gleby na polu drenowanym w Puczniewie

FIGURE 4. Relationship between measured during winter periods 1962–1972 and calculated (based on formula 2) maximum depth of soil frozen in drained soil in Puczniew

$$h = a (t_{\min} \sqrt{d} - p'_s) \quad (2)$$

gdzie:

h – maksymalna głębokość przemarzania gleby w okresie występowania ujemnych temperatur powietrza [cm],

t_{\min} – wartość bezwzględna najniższej, średniej dobowej temperatury powietrza [$^{\circ}\text{C}$],

d – liczba dni z temperaturami ujemnymi,

p'_s – średnia pokrywa śnieżna [cm],

$a = 0,429$ – współczynnik proporcjonalności wyznaczony statystycznie.

Przemarzania maksymalne obliczone według formuły (2) są na tyle zgodne z pomierzonymi (rys. 4), iż można przyjąć, że dobrze opisuje ona to zjawisko w warunkach obiektu. Nie ma oczywiście podstaw do jej uogólniania na większe obszary. Aby to uzyskać, należałoby wykonać pomiary sprawdzające dla uściślenia wartości współczynnika a .

PODSUMOWANIE

Przemarzanie gleby jest ważne dla rolnictwa, ale nie do końca poznane. Niewiele jest w Polsce publikacji na ten temat, co wynika prawdopodobnie z uciążliwości i długotrwałości badań z tym związanych.

Prezentowane wyniki pomiarów przemarzania gleby dotyczą wąskiego wycinka szerszego zagadnienia. Uzyskano je w ramach badań nad funkcjonowaniem drenowania związanych z obserwacjami uwilgotnienia gleby w okresie zimowym. Przy ich wykorzystaniu wypracowano formułę empiryczną umożliwiającą ocenę maksymalnej głębokości przemarzania. Może ona być przydatna przy ocenie zjawisk minionych, jednak rozszerzenie jej stosowalności na inne tereny powinno być poprzedzone sprawdzającymi pomiarami i wyznaczeniem lokalnych współczynników proporcjonalności.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że przemarzanie gleby nie stanowi większego zagrożenia dla drenowań rolniczych.

LITERATURA

- BAC S., 1950: Ruchy warstw gleby wskutek zamarzania i tajania. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej t. I, z. 1. Wyd. Komunikacji. PIHM Warszawa.
- BAC S., KOŹMIŃSKI C., ROJEK M., 1998; Agrometeorologia. Wyd. II, PWN, Warszawa.
- DEBSKI K., 1938: Wstępne badanie funkcji zamarzania gruntów w Polsce. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, t. I, z. 5. Wyd. PIHM Warszawa.
- DEBSKI K., 1959: Hydrologia kontynentalna. Cz. II. Wyd. Komunikacyjne, Warszawa.
- PROŃCZUK J., 1982: Podstawy ekologii rolniczej. PWN Warszawa, 82–83.
- REWUT J.B., 1980: Fizyka gleby. Przekład z rosyjskiego J. Michalski PWRiL Warszawa, 68–69.
- SZULGIN A.M., 1957: Temperaturnyj Reżim Poczv. Gidromieteoizdat. Leningrad, 3–133.

Andrzej Wanke

DEPTH OF FROST IN DRAINED LOAM SOILS
IN PUCZNIEW, NEAR ŁÓDŹ

Department of Environmental Development and Land Improvement,
Agricultural University Warsaw

SUMMARY

The depth to which drained loam soils can be solid frozen in winter was studied during a 10 year period. The empirical formula used for calculating the maximum depth to which soils can be solid frozen is presented.

Wpłynęło do redakcji w lipcu 1998 r.

Dr hab. A. Wanke
Katedra Kształtowania Środowiska i Melioracji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166