

Andrzej SOCZAWA

AKUMULACJA WODY W PRZEMARZAJĄCYCH ODPADACH KOPALNIAŃCZYCH

Streszczenie. W artykule omówiono problem zmian wilgotności samoczynnie przepalonych odpadów kopalnianych poddanych działaniu mrozu w otwartym systemie gruntowo-wodnym. W badaniach uwzględniono wpływ uziarnienia, temperatury mrozenia, wilgotności początkowej i zagęszczenia na ilość wody zakumulowanej w przemarzających odpadach.

1. Wstęp

Samoczynnie przepalone łupki karbońskie, pochodzące ze zwały Kopalni Węgla Kamiennego "Gliwice", poddano w laboratorium działaniu mrozu, w modelującym warunki naturalne tzw. otwartym systemie gruntowo-wodnym [7]. W przemarzających odpadach nastąpił rozwój zjawiska wyszedzinowości, które obserwowano pod kątem wpływu takich czynników, jak: uziarnienie, temperatura mrozenia, zagęszczenie i wilgotność początkowa. Wyniki badań, ich analizę oraz wnioski dotyczące pęcznienia i stopnia pęcznienia mrozowego, jak również głębokości przemarzania zbadanych odpadów, przedstawiono w publikacji [8].

Niniejsze opracowanie dotyczy procesu wydzielania się lodu w strażu zamrażania, który jest nieodłączną częścią składową zjawiska wyszedzinowości odpadów kopalnianych. Badaniami objęto cztery składy granulometryczne odpadów oznaczone jako A, B, C, D. Odpady A stanowił materiał o uziarnieniu 0-12 mm, odpady B materiał frakcji 0-2 mm, a odpady C i D stanowiły głównie ziarna odpowiednio frakcji 0,1-12 mm oraz 2-12 mm. W celach porównawczych zbadano również próbkę gliny. Badania wykonano dla ustalonych: trzech poziomów temperatury mrozenia ($T = -5^{\circ}\text{C}$; -10°C ; -20°C), trzech poziomów energii zagęszczania ($E_z = 0,076 \text{ MJ/m}^3$; $0,152 \text{ MJ/m}^3$; $0,559 \text{ MJ/m}^3$) i trzech poziomów wilgotności początkowej ($w = 12\%$; 22% ; 30%). Głębokość przemarzania i ilość wody zakumulowanej w próbkach powyżej i poniżej granicy przemarzania określano bezpośrednio po zakończeniu badań pęcznienia mrozowego, tj. po wyjęciu próbek z komór chłodniczych. Każdą z badanych próbek przecinano na warstwy grubości 5-7 cm. Z powierzchni przekrojów pobierano próbki materiału i określano ich wilgotności metodą suszarkową.

Szczegółowy opis zbadanych odpadów, aparatury, warunków i sposobu badań zawarty jest w opracowaniach [7, 8].

2. Wydzielanie się lodu w strefie zamarzania gruntu

W czasie ochładzania, a szczególnie zamarzania gruntów, zmienia się ich wilgotność. W zamarzających gruntach zachodzi przemieszczanie - migracje wody [2]. Ujemne temperatura powoduje w strefie zamarzania gruntu tworzenie się soczewek lodowych. Rozróżnia się normalne wydzielanie się lodu, zachodzące w zamkniętych systemach gruntowo-wodnych (bez dopływu wody z zewnątrz), gdzie obserwuje się tylko migrację wody zawartej w danej partii gruntu oraz nadmierne wydzielanie się lodu. To ostatnie, według M.N. Goldsztejna [3], polega na tworzeniu się przewarstwień z soczewek lodu powstającego z wody, która podnosi się z gruntu wyetępującego bezpośrednio pod zamarzającą warstwę. Mamy wówczas do czynienia z wydzielaniem się lodu w otwartych systemach z dopływem wody z zewnątrz.

Na intensywność wydzielania się lodu wpływa wiele czynników, jak: rodzaj systemu gruntowo-wodnego, skład uziarnienia gruntów, ich wilgotność, temperatura i przebieg procesu zamarzania oraz inne [2]. Według badań W.J. Moroszkina [4] nadmierne wydzielanie się lodu w gruntach zamarzających ma miejsce wówczas, gdy temperatura zamarzania utrzymuje się przez długi czas na pewnym poziomie (np. przy odwilżach), albo przy wahaniami granicy przemierzenia i soczewki lodu wywołuje powolne zamarzanie gruntów pylastych i drobnoziarnistych w temperaturze niewiele poniżej 0°C [2].

Przemieszczanie się wody w gruncie pod wpływem ujemnych temperatur w kierunku zamarzania, a w konsekwencji jej akumulacja w tej strefie, stanowi przyczynę istotnych zmian ośrodka gruntowego, a szczególnie jego struktury, tekstury, objętości i wytrzymałości [6].

Dotychczas brak jest jednoznacznej teorii wyjaśniającej istotę przemieszczania się wody do strefy zamarzania gruntu. W kwestii tej istnieje kilka hipotez, wśród których można wyróżnić następujące:

- kapilarności (Sztukenberg, Uspieński),
- ciśnienia krystalizującego (Casagrande, Dücker),
- kohezji krystalicznej lodu (Keil, Rückli),
- angielską teorię ssania [1],
- radziecką teorię przyciągania wody błonkowej przez lód [5],
- teorię sił adsorpcyjnych (Beskow, Wikun).

W literaturze dotyczącej tego problemu spotyka się również różnorodną terminologię czynników powodujących migrację wody w gruncie, jak: siła motoryczna, ujemne ciśnienie, siła ssąca, napięcie powierzchniowe i szeregi innych. Wszyscy autorzy stwierdzają jednak, że warunkiem tworzenia się soczewek lodowych jest wystąpienie ssania w strefie zamarzania i migracja wody do tej strefy.

3. Rozkład wilgotności w przemarzających odpadach

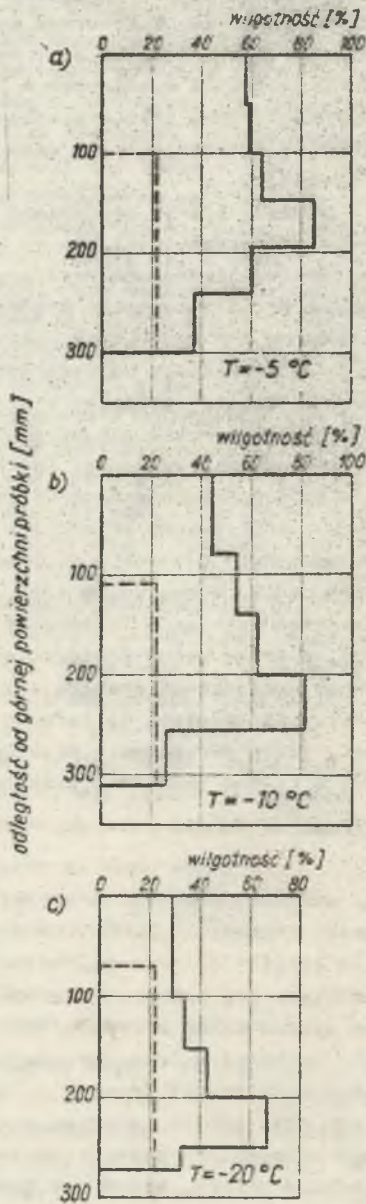
Przeprowadzone badanie [7] wykazały, że w zbadanych odpadach kopalnianych, poddanych procesowi przemarzania, w otwartym systemie gruntowo-wodnym, następuje wydzielanie się lodu w strefie zamrażania. Na rysunkach 1, 2, 3 przedstawiono rozkład wilgotności w odpadach A i B oraz w glinie po badaniu ich pęcznienia mrozowego, przy trzech ustalonych poziomach temperatury mrożenia. Linia przerywana zaznaczono na nich wysokość i wilgotność początkową badanych próbek.

Rozkład wilgotności w odpadach, którym zapewniono swobodne podciąganie kapilarne wody w warunkach izotermicznych (tabl. 1) zasadniczo różni się od rozkładu wilgotności w odpadach poddanych procesowi zamrażania (tabl. 2). W tablicy 1 przedstawiono przedziały zmian średnich wartości wilgotności odpadów A i gliny po badaniu ich pęcznienia wskutek nasycenia wodą. Kresy dolne przedziałów stanowią wartości wilgotności materiału w pobliżu górnej powierzchni próbki (najbardziej odległej od zwierciadła wody), kresy górne przedziałów stanowią wartości odpowiadające dolnej powierzchni próbki, stykającej się ze zwierciadłem wody. Jak wiadomo, maksymalne wartości wilgotności nie przekraczają odpowiednich wartości wilgotności całkowitych w_p . W tablicy 2 przedstawiono przedziały zmian wilgotności w_k w strefie zamrażania przedmiotowych odpadów i gliny po badaniu ich pęcznienia mrozowego. W tym przypadku, kresy dolne przedziałów stanowią wartości wilgotności zamrażniętego materiału w pobliżu górnej powierzchni próbki (strefy zamrażania), a kresy górne przedziałów stanowią wartości materiału w bezpośrednim sąsiedztwie granicy przemarzania (dolnej powierzchni strefy zamrażania). Te ostatnie są zarazem maksymalnymi średnimi wartościami wilgotności, jakie określono w strefie zamrażania badanych odpadów i gliny. W tablicy 2 podano również przedziały zmian stosunku $\frac{w_k}{w_p}$, gdzie w_p - to wilgotność całkowita materiału przed badaniem pęcznienia mrozowego.

Przeprowadzone badania wykazały znaczny wzrost wilgotności przedmiotowych odpadów powyżej granicy przemarzania. Istotnym jest również charakter rozkładu wilgotności w strefie zamrażania. Największa akumulacja lodu nastąpiła w bliskim sąsiedztwie granicy przemarzania. W miarę zbliżania się do górnej powierzchni zamrażniętej części próbki, ilość wody zakumulowanej w strefie zamrażania wyraźnie maleje, osiągając najniższe wartości w pobliżu górnej powierzchni próbki (rys. 1 i 2). Wilgotność niezamrażniętej części materiału, tj. poniżej granicy przemarzania, osiąga wartość równą lub bliską jego wilgotności całkowitej (tabl. 2). Prawdopodobnie tę stwierdzono we wszystkich próbkach, które nie zamrzęły na całej swej wysokości.

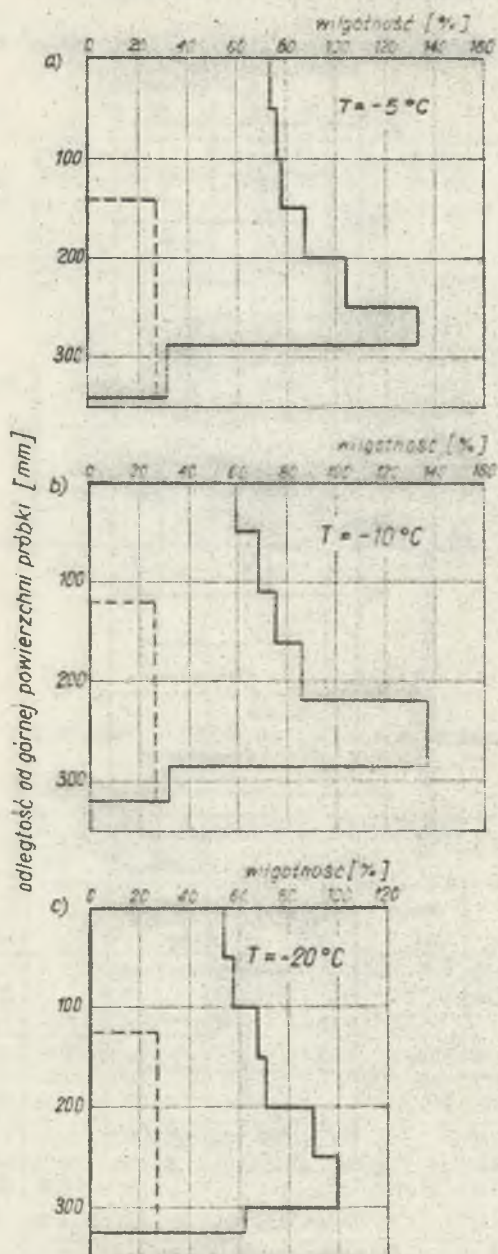
Z analizy rezultatów badań wynika zależność akumulacji wody w strefie zamrażania od składu uziarnienia badanych odpadów (tabl. 3). Największe przyrosty wilgotności w pobliżu granicy przemarzania, w stosunku do wil-

Odpady A; $w = 22\%$; $E_z = 0.559 \text{ MJ/m}^3$



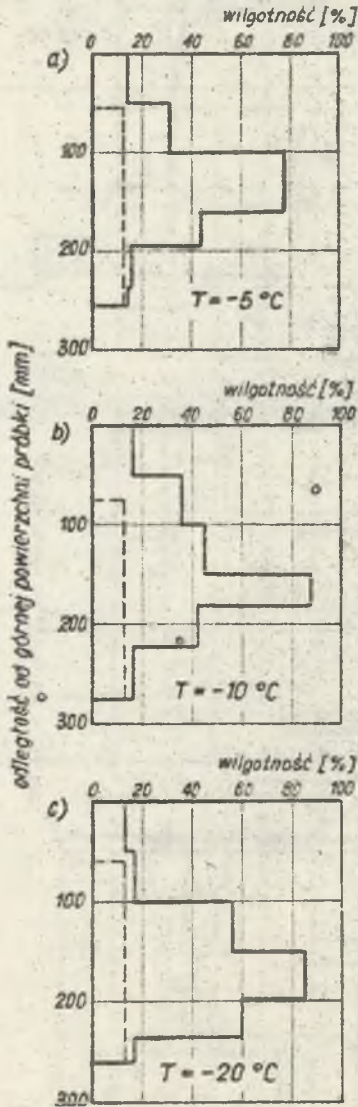
Rys. 1. Rozkład wilgotności w odpadach A

Odpady B; $w = 27\%$; $E_z = 0,559 \text{ MJ/m}^3$



Rys. 2. Rozkład wilgotności w odpadach B

Grunt rodzimy; $w = 13\%$; $E_z = 0,559 \text{ MJ/m}^3$



Rys. 3. Rozkład wilgotności w glinie

Tablica 1

Wilgotność odpadów A i gliny po badaniu pęcznienia wskutek nasycenia wodą

Badany materiał	Wilgotność początkowa w	E_z	Wilgotność całkowita w_r	Wilgotność po badaniu pęcznienia wskutek nasycenia wodą
	[%]		[MJ/m ³]	[%]
Odpady A	11,91	0,076	40,42	31,26 + 36,31
	11,98	0,152	35,79	28,37 + 32,42
	12,30	0,559	31,23	25,80 + 30,25
	22,00	0,076	42,94	29,15 + 40,15
	22,34	0,152	37,48	28,25 + 34,45
	22,36	0,559	30,36	25,03 + 30,98
	30,05	0,076	33,17	28,02 + 30,82
	29,34	0,152	30,54	27,20 + 28,90
	29,96	0,559	31,46	27,49 + 28,05
	Glina	12,56	0,559	17,32

Tablica 2

Wilgotność odpadów i gliny po badaniu pęcznienia mrozowego

Badany materiał	w	E_z	w_r	Wilgotność materiału w strefie zamrażania po badaniu pęcznienia mrozowego					
				T = -5 °C		T = -10 °C		T = -20 °C	
				w_k [%]	w_k/w_r	w_k [%]	w_k/w_r	w_k [%]	w_k/w_r
				od - do	od - do	od - do	od - do	od - do	od - do
Odpady A	11,84	0,076	40,21	54,84 - 77,03	1,36 - 1,92	44,41 - 97,82	1,11 - 2,43	36,64 - 45,07	0,91 - 1,12
		0,152	36,15	46,11 - 82,02	1,28 - 2,27	39,93 - 69,89	1,10 - 1,93	36,38 - 56,25	1,01 - 1,56
		0,559	21,20	51,89 - 77,36	1,66 - 2,48	42,21 - 99,27	1,35 - 3,18	33,69 - 65,70	1,09 - 2,11
	22,13	0,076	42,39	54,73 - 89,63	1,28 - 2,11	49,17 - 118,52	1,16 - 2,79	39,92 - 69,20	0,94 - 1,63
		0,152	36,82	49,92 - 136,36	1,36 - 3,76	40,27 - 142,63	1,75 - 3,87	37,32 - 79,25	1,01 - 2,16
		0,559	27,38	57,75 - 85,38	2,11 - 3,11	44,38 - 57,95	1,52 - 2,93	29,48 - 68,85	1,05 - 2,44
	29,20	0,076	32,21	48,56 - 66,24	1,51 - 2,06	46,98 - 78,62	1,52 - 2,35	35,03 - 52,04	1,09 - 1,60
		0,152	30,45	52,97 - 69,83	1,74 - 2,29	45,91 - 74,47	1,51 - 2,46	31,64 - 36,59	1,34 - 1,20
		0,559	30,33	56,25 - 93,10	1,5 - 3,07	46,31 - 59,95	1,53 - 1,98	33,46 - 41,85	1,10 - 1,38
Odpady B	26,80	0,559	33,66	74,10 - 133,04	2,20 - 3,95	59,30 - 137,44	1,76 - 4,08	54,16 - 120,32	1,61 - 2,56
Odpady C	23,66	0,559	32,11	31,18 - 40,58	0,97 - 1,26	29,88 - 37,29	0,93 - 1,16	26,52 - 48,90	2,63 - 1,52
Odpady D	12,07	0,559	35,60	36,00 - 37,95	0,93 - 1,07	22,71 - 36,16	0,64 - 1,02	19,69 - 49,56	0,55 - 1,39
Glina	12,95	0,559	16,78	14,04 - 76,77	0,84 - 4,58	15,91 - 86,09	0,85 - 5,25	12,61 - 84,89	0,75 - 5,26

Tablica 3

Maksymalne wartości $\frac{w_k}{w_r}$ zbadanych odpadów i gliny

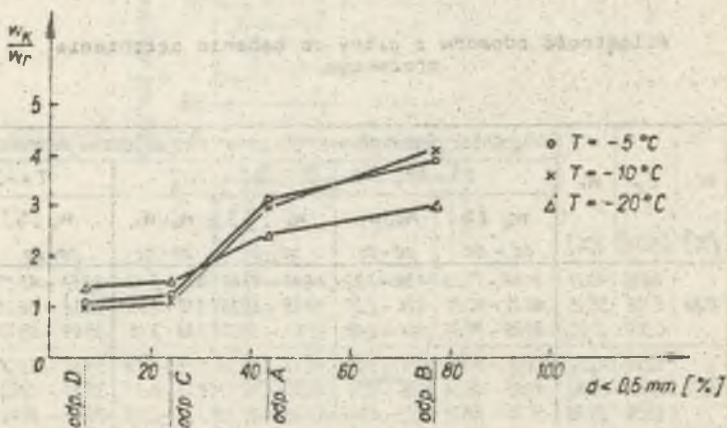
Lp	Badany materiał	Maksymalne wartości $\frac{w_k}{w_r}$
1	Odpady A	3,11
2	Odpady B	4,08
3	Odpady C	1,52
4	Odpady D	1,39
5	Glina	5,25

gotności całkowitej, uzyskano dla odpadów B o największej zawartości frakcji pyłowej (37,7%). Dla odpadów A, zawierających 23,8% frakcji pyłowej, uzyskano mniejsze wartości stosunków $\frac{w_k}{w_r}$ w porównaniu z odpadami B, w odpadach C i D stwierdzono znacznie mniejszą akumulację wody w pobliżu granicy przemarzenia w porównaniu z odpadami A i B. Można przypuszczać, że fakt ten spowodowany został brakiem frakcji pyłowej i ilowej w składzie uziarnienia odpadów C i D.

Stwierdzono również, że rozkład wilgotności w przemarzających odpadach jest funkcją procentowego udziału w ich składzie uziarnienia ziarn mniejszych od 0,1 mm, mniejszych od 0,5 mm i mniejszych od 2 mm:

$$\frac{w_k}{w_r} = F(d < 0,1; 0,5; 2 \text{ mm}). \quad (1)$$

Przebieg funkcji (1) dla $d < 0,5 \text{ mm}$ i trzech zrealizowanych poziomów temperatury mrozenia podano na rysunku 4.



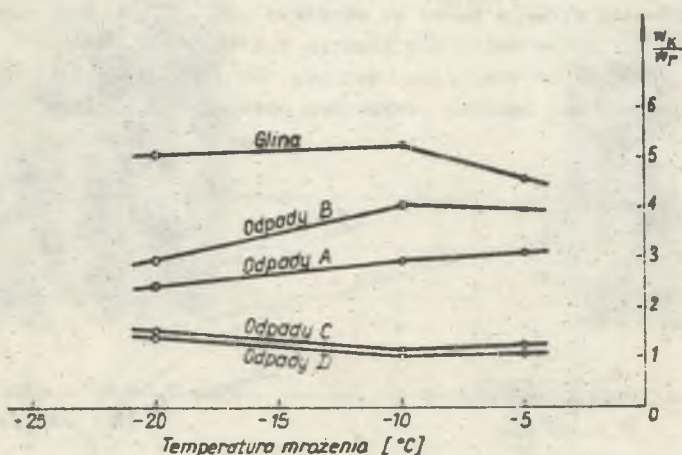
Rys. 4. Zależność $\frac{w_k}{w_r}$ od zawartości ziarn mniejszych od 0,5 mm

Jak widać, wilgotność odpadów w strefie zamrażania rośnie wraz ze wzrostem zawartości ziarn o średnicy $d < 0,5 \text{ mm}$. Zawartość ziarn mniejszych od 0,1 mm i mniejszych od 2 mm wpływa podobnie na wartość $\frac{w_k}{w_r}$ w pobliżu granicy przemarzenia.

Z przedstawionych w tabelicy 2 i na rysunku 4 rezultatów badań wynika, że akumulacja wody w strefie zamrażania badanych odpadów kopalnianych jest funkcją wielkości temperatury mrożenia:

$$\frac{w_k}{w_r} = F(T). \quad (2)$$

Przy temperaturze mrożenia $T = -5^{\circ}\text{C}$ i $T = -10^{\circ}\text{C}$ proces zamrażania odpadów był mniej intensywny niż w przypadku $T = -20^{\circ}\text{C}$. W konsekwencji dla odpadów A i B uzyskano większe przyrosty wilgotności w strefie zamrażania przy temperaturze mrożenia $T = -5^{\circ}\text{C}$ i $T = -10^{\circ}\text{C}$, niż przy temperaturze $T = -20^{\circ}\text{C}$ (rysunki 4 i 5).



Rys. 5. Zależność $\frac{w_k}{w_r}$ od temperatury mrożenia i składu uziarnienia badanych odpadów

W przypadku odpadów C i D intensywność procesu zamrażania nie wpływa zasadniczo na ilość wody zakumulowanej w strefie zamrażania. W odpadach tych wraz z obniżaniem się temperatury mrożenie maleje nieznacznie wilgotność w pobliżu górnej powierzchni próbki (tabl. 2), natomiast w pobliżu granicy przemarzania zaznacza się niewielki wzrost wilgotności (rys. 5). Można zatem sugerować, że w odpadach C i D, pozbawionych frakcji pyłowej i ilowej, siły osadzenia występujące w procesie zamrażania są w niewielkim stopniu zależne od temperatury mrożenia. Są one również znacznie mniejsze niż w przypadku odpadów A i B.

Z analizy wyników badań odpadów A wynikają również zależności między wilgotnością początkową i zagęszczeniem badanych próbek, a ilością wody zakumulowanej w strefie zamrażania:

$$\frac{w_k}{w_r} = F(w; E_z). \quad (3)$$

Największa akumulacja wody w pobliżu granicy przemarzania nastąpiła w próbkach odpadów A o wilgotności początkowej $w = 22\%$, zbliżonej do wilgotności optymalnej. Wyraźną zależność między ilością wody akumulowanej w strefie zamrażania, szczególnie w pobliżu granicy przemarzania, a zagęszczeniem odpadów A uzyskano jedynie dla poziomu wilgotności początkowej równej 12% . W tym przypadku wartość stosunku $\frac{w_k}{w_r}$ rośnie wraz ze wzrostem zagęszczenia odpadów, niezależnie od temperatury mrożenia. Dla poziomów wilgotności równych 22% i 30% wyniki badań wykazały pewne odstępstwa od tej zależności.



Rys. 6. Próbkę odpadów A
($T = -5^{\circ}\text{C}$)



Rys. 7. Próbkę odpadów A
($T = -20^{\circ}\text{C}$)



Rys. 8. Próbkę odpadów B
($T = -20^{\circ}\text{C}$)

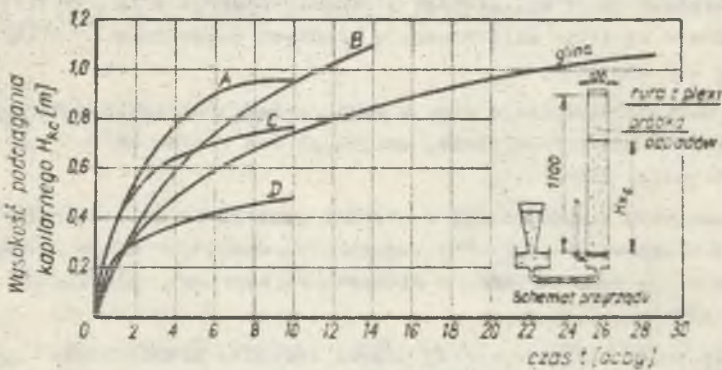
Rysunki 6-8 przedstawiają zdjęcia próbek odpadów A poddanych działaniu temperatury mrożenia $T = -5^{\circ}\text{C}$ i $T = -20^{\circ}\text{C}$ oraz odpadów B mrożonych przy temperaturze $T = -20^{\circ}\text{C}$. Pojemniki segmentowe z przezroczystego pleksi-glaeu umożliwiły swobodne pęcznienie mrozowe badanych odpadów, dokonywanie pomiarów głębokości przemarzania i obserwację soczewek lodowych w strefie zamrażania poszczególnych próbek.

Na zdjęciach można zauważyć różne głębokości przemarzania próbek, w zależności od poziomu temperatury mrożenia. Wysokości strefy zamrażania odpadów A, mrożonych przy temperaturze $T = -5^{\circ}\text{C}$, były mniejsze od wysokości próbek po badaniu ich pęcznienia mrozowego

(rys. 6). Próbkę odpadów A i B, poddane działaniu temperatury $T = -20^{\circ}\text{C}$, zamrzły na całej swej wysokości (rys. 7 i 8).

Istotne są odstępy między poszczególnymi pierścieniami w obrębie strefy zamrożenia. Na rysunkach 6-8 zauważyć można zwiększanie się tych odstępów wraz ze wzrostem odległości pierścieni od górnej powierzchni próbki. Stanowi to odbicie stwierdzonego badaniami rozkładu wilgotności w strefie zamrożenia odpadów. Wykonane pomiary wykazały bowiem, że ilość wody zakumulowanej w strefie zamrożenia rośnie wraz ze wzrostem odległości od górnej powierzchni próbki, osiągając maksymalne wartości w bliskim sąsiedztwie granicy przemarzania.

Przedstawione zdjęcia wykazują także istotne różnice w wyglądzie próbek odpadów A i B, mrożonych przy tej samej temperaturze $T = -20^{\circ}\text{C}$. Dla odpadów B zauważyć można większe odstępy między pierścieniami w porównaniu z odpadami A (rys. 7 i 8). Widoczne są także większe soczewki lodu w przypadku odpadów B. W ten sposób ujawnił się wpływ składu uziarnienia na przebieg wysadzinowości badanych odpadów kopalnianych. Wykonane badania wykazały dla odpadów B największe pęcznienie mrozowe [8] i największą akumulację wody w strefie zamrożenia.



Rys. 9. Wysokość podciągania kapilarnego H_{kc} odpadów i gliny

Przeprowadzone badania wykazały pewne różnice w rozkładzie wilgotności w strefie zamrożenia zbadanych odpadów i gliny. Różnice te dotyczyły głównie akumulacji wody w pobliżu górnej powierzchni strefy zamrożenia. Najwięcej wody zakumulowały w tym obszarze odpady B, a następnie w odpowiedniej kolejności odpady A, C i D. W próbkach gliny ilość wody zakumulowanej w pobliżu górnej powierzchni strefy zamrożenia była znacznie mniejsza, w porównaniu z przedmiotowymi odpadami (tabl. 2). Różnica ta ma swoje uzasadnienie w prędkości podciągania kapilarnego wody w odpadach i glinie (rys. 9).

W przypadku gliny woda nie zdążyła jeszcze dojść drogą wzniosu kapilarnego do górnej powierzchni próbki, podczas gdy front zamrożenia już je

opanovał. Nastąpiła zatem krystalizacja wody zawartej w porach gruntu bez widocznych soczewek lodowych.

W odpadach natomiast woda zdążyła najprawdopodobniej dojść drogą wzniosu kapilarnego blisko górnej powierzchni próbki przed opanowaniem tej strefy przez front zamarzania. Przypuszczenie takie wydaje się być uzasadnione z uwagi na większą początkową prędkość podciągania kapilarnego wody w odpadach w porównaniu ze zbadaną gliną. Przemawia za tym również zbliżony do równomiernego rozkład soczewek lodowych w całej strefie zamarzania zbadanych odpadów.

4. Wnioski

Z przeprowadzonych badań oraz wynikających z nich spostrzeżeń i zależności wynikają następujące wnioski:

1. W przemarzających odpadach kopalnianych następuje akumulacja wody w strefie zamarzania, która powoduje istotne zmiany w rozkładzie wilgotności odpadów.
2. Charakter zmian wilgotności w przemarzających odpadach jest jakościowo podobny do zmian wilgotności w gruntach wysadzinowych w okresie tworzenia się wysadzin.
3. Największa akumulacja wody w postaci lodu następuje w bliskim sąsiedztwie granicy przemarzania, osiągając 3-4-krotne wartości wilgotności całkowitej odpadów.
4. Ilość wody zakumulowanej w strefie zamarzania maleje w miarę zbliżania się do górnej powierzchni tej strefy, osiągając w tym miejscu wartości równe lub nieco większe w stosunku do wartości wilgotności całkowitej odpadów.
5. Wilgotność niezamrażonej części odpadów, bezpośrednio poniżej granicy przemarzania, osiąga wartości równe lub nieco mniejsze w stosunku do wilgotności całkowitej odpadów.
6. Rozkład wilgotności w przemarzających odpadach zależy istotnie od składu uziarnienia odpadów i poziomu temperatury mrozenia.

LITERATURA

- [1] Croney S., Jacobs J.C.: The frost susceptibility of soils and road materials. London Road Research Laboratory, 1967.
- [2] Cytowicz N.A.: Mechanika gruntów. WIG, Warszawa 1958.
- [3] Goldsztejn M.N.: Deformacji ziemianego połotna i osnowanij sooruzenij pri promierzanii i ottaizhenii. Trenseldorizdat, 1946.

- [4] Morozkin W.I.: K woprosu ob obrazowanii ledienych kristallov w sie-
rziykh gruntach. Sbornik CNII NKPS, nr 26, 1933.
- [5] Puzakov N.A.: vodno-tesplovoy rezim zimebnogo pokrytia avtomobilnykh
dorog. Avtotransizdat 1960.
- [6] Skarżyńska K.: Wpływ procesu zamrażania na niektóre właściwości fizy-
kochemiczne gruntów epolnych. Zeszyty Naukowe PNR, Rozprawy 16,
Kraków 1968.
- [7] Soczawa A.: Wskaźnikowość odpadów kopalnianych w świetle badań labora-
toryjnych. Praca doktorska, Gliwice 1978.
- [8] Soczawa A.: Zdolność odpadów kopalnianych do mrozowego pęcznienia. Dro-
gownictwo 1981, nr 9.

Recenzent: Doc. dr inż. Leszek Litwinowicz

АКУМУЛЯЦИЯ ВОДЫ В ПРОМЕРЗАЮЩИХ ШАХТНЫХ СБОРОСАХ

Р е з ю м е

В статье обсуждена проблема изменения влажности самопрожвсаемо воспла-
меняющихся шахтных сбросов, подверженных влиянию мороза в открытой грунтово-
водной системе.

ACCUMULATION OF WATER IN FREEZING COLLIERY WASTES

S u m m a r y

In the paper the problem of moisture content changes of self-burned
colliery waste subjected to the action of frost in the open soil-water
system has been discussed.

At the tests the influence of granulation, temperature of freezing,
initial moisture content and density on the amount of water accumulated
by the frozen wastes has been taken into account.