

KLINY ZMARZLINOWE W SŁAWĘCINIE

Zarys treści

W morenie czołowej kutnowskiej (zlodowacenie środkowo-polskie) stwierdzono w okolicy Sławęcina występowanie licznych klinów zmarzlinowych. Kliny te badano zarówno w przekrojach pionowych jak i w planie. Stwierdzono sieciowy układ szczelin, w których powstawały kliny lodowe oraz ślady ekspansywnej działalności lodu w obrębie klinów i w ich sąsiedztwie w postaci przesunięć głazów oraz śladów wietrzenia mrozowego.

MORFOLOGICZNA I GEOLOGICZNA SYTUACJA KLINÓW

Badane stanowisko znajduje się w pobliżu kulminacji wału moreny czołowej, w okolicy wsi Sławęcín, około 14 km na północny zachód od Łęczycy. Wał morenowy, tzw. morena kutnowska, ciągnie się od okolic Dąbia nad Nerem w kierunku Kutna. Oś morfologiczna tej formy ma więc mniej więcej azymut N 55°. Najwyższy punkt wału, 163,5 m, znajduje się około 3 km na północny wschód od Sławęcina. W samym Sławęcinnie wysokość wału wynosi 151 m.

Południowe stoki wału moreny kutnowskiej opadają ku pradolinie Warszawsko-Berlińskiej. Największe ich nachylenie nie przekraczające 5° występuje w pobliżu osi grzbietu. Stoki północne są łagodniejsze; nachylenie nie przekracza tu 2°. Stoki te przechodzą nieznacznie ku północy w lekko falistą równinę. Wysokość względna wału w stosunku do dna pradoliny sięga 60 m.

Morena kutnowska stanowi w tej części Polski ostatnie na północy pasmo wzniesień zaliczanych do zlodowacenia środkowo-polskiego. Łagodne zarysy moreny i stopniowe przejścia od form wypukłych do wklęsłych, czy płaskich mówią wyraźnie o tym, że świeżość form glacialnych została już tutaj zatarta.

Morfologiczna granica między obszarem zlodowacenia środkowo-polskiego i obszarem zlodowacenia bałtyckiego przebiega w odległości około 20—25 km na północ od moreny kutnowskiej. Poza tą granicą występują wyrażście zarysowane wzniesienia, zjawiają się głębokie bruzdy rynien jeziernych. Rzeźba stopniowo zyskuje na intensywności.

Żwirownia w Sławęcinie, głęboka miejscami do 8 m, posiada odsłoniętą ścianę o długości około 90 m, wygiętą łukowato ku północy (fot. 1, 2). Dzięki postępującej stale eksploatacji żwiru i kamieni można było systematycznie obserwować cofającą się ścianę żwirowni. Obserwacje rozpoczęto w październiku 1950 roku i prowadzono do czerwca roku 1955. W tym czasie ściana cofnęła się o 5—10 m.

W południowej części żwirowni ukazuje się czerwona glina o powierzchni silnie nachylonej ku północy. Na glinie leży seria fluwioglacjalnych drobnych żwirów i piasków, wyraźnie warstwowych. Na serii fluwioglacjalnej spoczywa potężne gładzowisko o miąższości dochodzącej do 5 m. Wśród gładzów znajdowano pojedyncze okazy o średnicy przekraczającej 1,5 m. Ponad gładzowiskiem leży górna glina zwałowa, barwy brązowej lub lekko różowej z gładzami nie przekraczającymi 0,5 m średnicy. Gładzowisko ukazuje się miejscami jeszcze raz ponad górnym poziomem gliny. Nie udało się stwierdzić, czy jest to jakiś inny poziom gładzowy, czy ten sam co poniżej, rozdzielony wciskającym się klinem gliny.

Górna glina jest strefą występowania klinów zmarzlinowych, niezwykle okazałe wykształconych zarówno pod względem ilości jak rozmiarów. Seria załączonych rysunków przedstawia zmiany w zarysach i występowaniu klinów w pięciu kolejnych etapach cofania się ściany żwirowni (fig. 1). Eksploatacja postępuje od roku 1954 tak szybko, że wkrótce strefa klinów ulegnie całkowitemu zniszczeniu.

Kliny rozpoczynają się w górnej glinie. Niektóre, słabiej wykształcone, mają raczej charakter festonów i te z reguły nie sięgają poniżej spągu gliny. Szczególnie pięknie wykształcone kliny przebijają gładzowisko i często sięgają aż do drobnych żwirów i piasków leżących pod nim. Długość tych form waha się od 2 do 3 m, największe sięgają nawet do 4 m. Szczególnie interesujące pod względem ilości klinów i doskonałości ich wykształcenia są sytuacje ściany zanotowane schematycznie na przekroju I, III i IV. Są to przekroje przedstawiające kolejne stadia cofania się ściany w strefie kulminacyjnej wału moreny. Przekrój V dotyczy już sytuacji na północnym stoku. Kliny stają się już tutaj coraz bardziej zamazane, łączą się ze sobą i przybierają postać festonów. Prawdopodobnie jest to już strefa zaniku tych form. Ostatnio, w czerwcu, a więc już po wykonaniu profilu V, wskutek silniejszej eksploatacji wschodniej części ściany, odsłonił się duży i pięknie wykształcony klin e (fig. 4, fot. 8), który jest już chyba jednym z ostatnich.

OPISY KLINÓW

Mimo pewnych różnic kształtu, zaznaczających się pomiędzy poszczególnymi klinami, są to przeważnie formy bardzo do siebie podobne. Bliż-

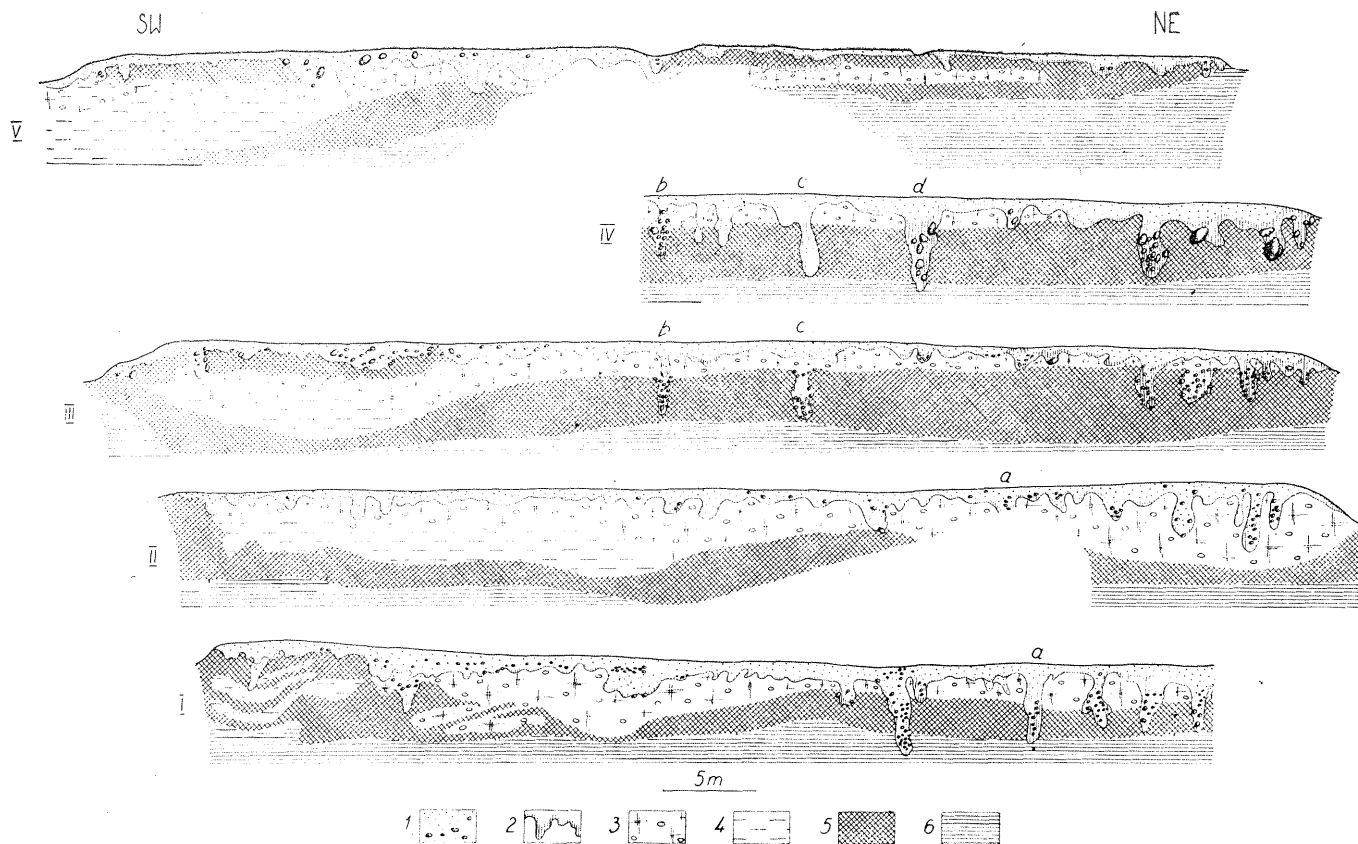


Fig. 1. Profile schematyczne odkrywki w Sławęcinie w latach 1950—1955

I — z 3 X 1950; II — z 15 VI 1951; III — z 20 IX 1954; IV — z 4 XII 1954; V — z 11 V 1955

1. piasek bezstrukturalny z kamieniami; 2. strefa klinów; 3. glina zwałowa; 4. żwiry warstwowane; 5. gładowisko; 6. piaski i drobne żwiry warstwowane

szy opis dotyczyć będzie pięciu wybranych klinów obserwowanych w różnych punktach odkrywki i w różnych stadiach rozwoju ściany.

Klin *a*, najpotężniejszy ze wszystkich został zarejestrowany prawdopodobnie w stadium najbardziej okazałego rozwoju (fig. 1, I; fot. 3). Ściana odkrywki znajdowała się wtedy najbliżej kulminacji wału. Klin *b* ukazał się po raz pierwszy jako *b*₁ (fig. 1, III), następnie jako *b*₂ (fig. 1, IV; 2; fot. 5) i wreszcie zarejestrowano go tylko fotograficznie jako *b*₃ (fot. 5). Wkrótce potem forma tego klina uległa zupełnemu zniekształceniu i zatarciu. Począwszy od stadium *b*₂ rozpoczęto również analizę rzutu poziomego klina *b*. Zdjęto w tym celu warstwę powierzchniową o grubości około

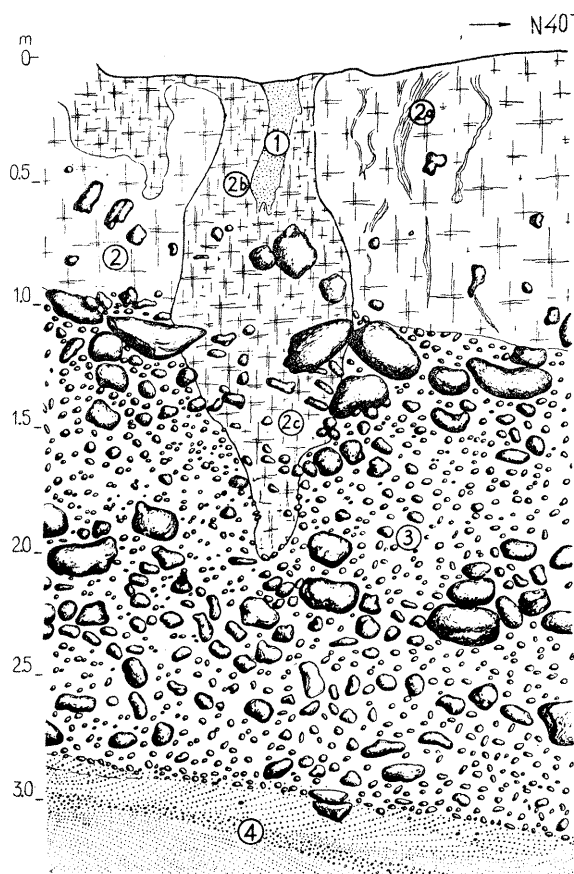


Fig. 2. Klin *b*₂ (4 XII 1954)

1. żółty, sypki piasek; 2. glina zwałowa barwy różowobrazowej; 2a. glina zwałowa ze smugami wapnistymi; 2b. glina barwy rdzawej w obrębie górnej części klina; 2c. glina barwy rdzawej z większą ilością materiału grubego, w dolnej części klina; 3. głazowisko; 4. drobny żwir i piasek warstwowany

0,5 m tak, że udało się uchwycić zarysy bruzdy wewnętrznej klina, wypełnionej żółtym piaskiem (fig. 6, fot. 6). Kliny c i d zostały zarejestrowane równocześnie (fig. 1, IV; 3; fot. 4, 7). Wkrótce potem znikły zupełnie. Klin e ukazał się jako ostatni (fig. 4, fot. 8). Znajduje się on jak już wspomniano, we wschodniej części odkrywki, a więc stosunkowo bliżej kulminacji wału niż reszta ściany znacznie już wciętej w północne zbocze.

W obrębie gliny, w górnej części klinów, obrzeżenia ich zaznaczają się mniej wyraźnie. Rdzawa, orsztynowa barwa niekiedy ginie na tle różo-

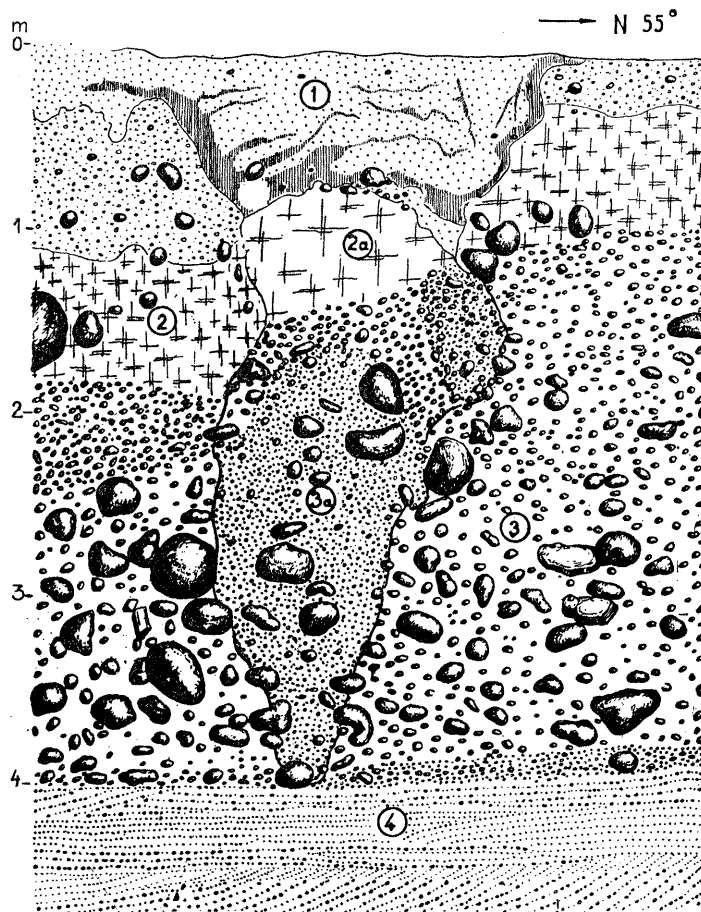


Fig. 3. Klin d (4 XII 1954)

1. żółty, sypki piasek; 2. glina zwałowa barwy różowobrazowej; 2a. glina ze smugami i naciekami wapnistymi; 3. gładowisko; 3a. ciemnobrunatny piasek ze żwirem i z gładami, w dolnej części klina; 4. drobny żwir i piasek warstwowy

wawej gliny otoczenia. Wyraźnie zaznaczają się jedynie szczeliny prowadzące od powierzchni w dół. Szczeliny te wypełnione jasnożółtym piaskiem mają kształt głębokich bruzd (kliny b_2 , d) lub są w dolnej części workowato rozszerzone (klin b_3).

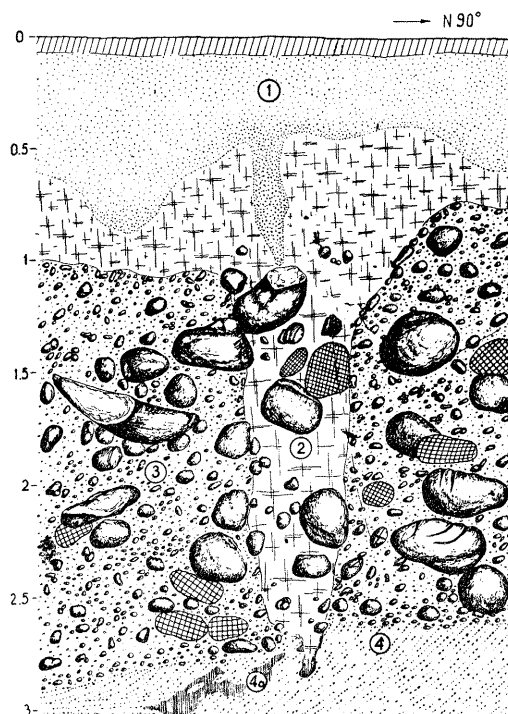


Fig. 4. Klin e (23 VI 1955)

1. żółty, sypki piasek; 2. glina zwałowa barwy ciemnordzawej; 3. glaukowisko; 4. drobny żwir i piasek warstwowany; 4a. smugi orszynowe. Kratką oznaczono głązy silnie zwietrzałe; ponadto na niektórych głązach zaznaczono spękania

Piasek wypełniający szczeliny jest bezstrukturalny, sypki, barwy jasnożółtej. Jest to piasek prawie wyłącznie kwarcowy; skalenie występują tylko w większych ziarnach i są prawdopodobnie wykruszone z większych odłamków. Ziarna piasku o średnicy przekraczającej 0,3 mm wykazują wyraźne ślady działania wody płynącej: są zaokrąglone, kształt mają przeważnie jajowaty, nie posiadają żadnych spękań. Ziarna o średnicy mniejszej wyraźnie powstały z pokruszenia ziarn większych, zaokrąglonych. Widać tu wyraźne ostre krawędzie i urozmaicone kształty, lecz zauważyć można również zachowane fragmenty powierzchni poprzednio zaokrąglo-

nych. W piasku znajdują się luźno rozrzucone pojedyncze gładziki, rzadko przekraczające średnicę 5 cm. Ponadto w niektórych klinach, tam gdzie szczelina wypełniona piaskiem jest szersza, zauważyć można smugi piasku zorsztynizowanego, silniej scementowanego. Widać je na przykład we wnętrzu klina d oraz na planie klina b.

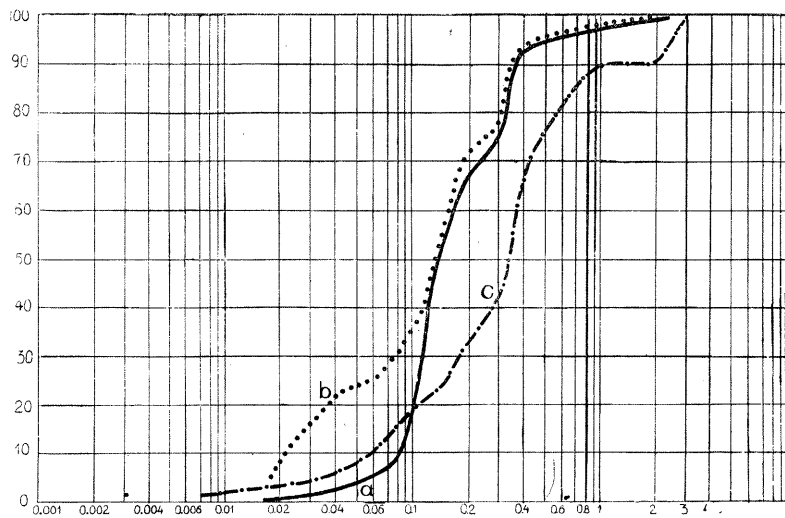


Fig. 5. Krzywe granulometryczne materiału z klina b

a. piasek ze szczeliny klina; b. glina z obrzeżenia klina, pobrana w górnej części; c. glina z wnętrza dolnej części klina

Analiza granulometryczna piasku z wnętrza klina b wykazała przewagę ziarn drobnych oraz pewien niewielki udział frakcji pylastej. Przebieg krzywej (fig. 5) wskazuje ogólnie na dość dobre posortowanie materiału, charakterystyczne jest jednak załamanie krzywej a na linii 0,3 mm. Jest to właśnie owa frakcja graniczna pomiędzy ziarnami większymi, które są całkowicie zaokrąglone i mniejszymi, całkowicie lub częściowo kanciastymi. Ziarna zaokrąglone stanowią prawdopodobnie najmniejszą frakcję związaną ze środowiskiem wód płynących. Ziarna kanciaste, z reguły mniejsze, są prawdopodobnie okruchami ziarn zaokrąglonych, poddanych po oddaleniu się lodowca peryglacialnemu wietrzeniu mrozowemu. W obrębie klinów a i b w opisywanym piasku znaleziono dwa graniaki.

Glina, w której znajdują się górne odcinki klinów, ciągnie się nieprzerwanie wzdłuż całej północnej ściany odsłonięcia. Miąższość jej nie przekracza 1,5 m. W stanie suchym na ogół glina ta jest bardzo silnie zbita,

miejskami jednak posiada partie wykazujące łupliwość, wywołaną prawdopodobnie naciskiem pojedynczych, większych głązów. Przebieg płaszczyzn łupliwości jest często wyraźnie zależny od kształtu powierzchni bloków skalnych leżących w sąsiedztwie. Gлина ta w całej serii ma barwę brązową lub różową, natomiast w obrzeżeniach klinów nabiera koloru ciemnordzawego i jest miejscami silnie spiaszczona.

Kształt krzywej granulometrycznej gliny z obrzeżenia klina b nie przypomina zupełnie obrazu krzywej, charakterystycznej dla gliny zwałowej. Typowa dla tego utworu jest krzywa „leżąca“, obrazująca różnorodność frakcji. Krzywa badanej próbki wykazuje obecność materiału bardziej wysortowanego, co jest prawdopodobnie następstwem rozdrabniania mrozowego, likwidującego stopniowo materiał gruby. Załamania krzywej wyrażają nagłe zmiany frakcji związane prawdopodobnie z dalszym rozdrabnianiem ziarn, które miało miejsce przede wszystkim w obrzeżeniu klina, to znaczy w strefie największych wahań termicznych (fig. 5).

Kształt ziarn piasku i drobnego żwiru zawartego w glinie często wykazuje ślady szlifującego działania wód śródlodowcowych; czasem jest to tylko przytępienie krawędzi wywołane wzajemnym tarcielem cząstek niesionych w lodowcu. Przeważają jednak wyraźnie ziarna o krawędziach ostrych i zarysach nieregularnych.

Pod serią różowej gliny leży wymienione już poprzednio potężne głązowisko, złożone z materiału bardzo różnorodnego zarówno pod względem petrograficznym jak i pod względem frakcji, stopnia zaokrąglenia i stopnia zwiętrzenia.

Kliny zmarzlinowe, przeszedłszy przez opisaną poprzednio glinę, wbijają się w głązowisko. Jedne z nich, jak np. klin b, nie dochodzą do spągu głązowiska, inne — np. kliny c i d — sięgają do jego spągu nie wychodząc jednak dalej. Spotykano również kliny, które przedostają się poprzez głązowisko i kończą się dopiero w drobnych, warstwowanych piaskach i żwirach, leżących poniżej. Do tego rodzaju form należą kliny a i e.

W obrębie głązowiska kliny zaznaczają się przede wszystkim ciemnorudą barwą. Najczęściej wypełnienie ich stanowi materiał otaczającego głązowiska, który w obrębie klina zmienia tylko barwę na orsztynową. Do tej kategorii należą kliny a, c, d. Bliższe obserwacje materiału wypełniającego te kliny wskazują jednak wyraźnie na istnienie „rozpychającego się“ lodu. Większe głązy, które się oparły procesom dezintegracyjnemu odgrywają tu rolę ciał sztywnych, do których bardziej plastyczne czy kruche masy otoczenia muszą dostosować swoje ułożenie. Często można zauważyć silnie zwiętrzałe, rozsypujące się odłamki skał krystalicznych, w których zostały wciśnięte twardsze i odporniejsze głązy. Wciśnięcie to dokonało się drogą nieskończenie drobnych przesunięć wewnątrz klina zmarzlinowego.

Inną grupę stanowią kliny, które w obrębie gładzowiska posiadają ślady własnej, niezależnej struktury, jak na przykład klin b i e. Formy te posiadają wewnątrz, wśród licznych gładzów i okruchów o charakterze takim jak w gładzowisku, również dużą zawartość gliny. Gлина ta spełnia często rolę lepiszcza, spajającego materiał luźny. Miejscami, pod naciskiem gładzów przesuujących się wewnątrz klina, glina uległa sprasowaniu lub wyciśnięciu. Próbką tej gliny, pobrana z wnętrza klina b wykazuje przeładowanie grubym materiałem okruchowym, pochodzącym z lokalnego wietrzenia gładzów w obrębie klina. Krzywa granulometryczna tej gliny obejmuje oczywiście tylko frakcje drobniejsze; jest ona bardzo podobna do krzywej, otrzymanej dla gliny z obrzeżenia klina. Obie krzywe są mniej więcej równoległe, przy czym jednak krzywa gliny z wnętrza klina wykazuje grubsza frakcję oraz posiada więcej załamań. Obie te cechy są prawdopodobnie związane z mniejszą intensywnością procesu kruszenia mrozowego odbywającego się w dolnych partiach klina w stosunku do

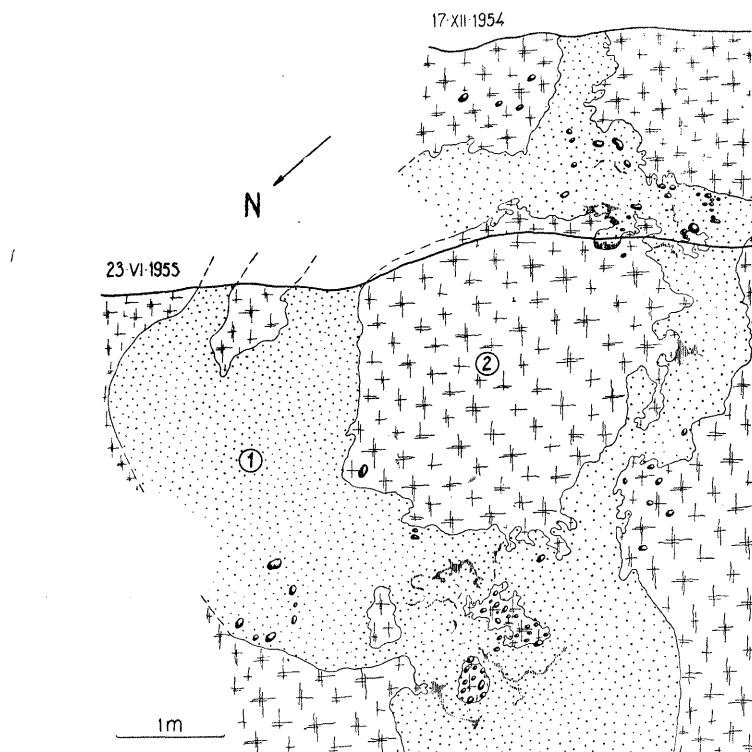


Fig. 6. Rzut poziomy klina b

1. piasek bezstrukturalny z kamieniami i smugami orsztynu; 2. glina

szybszych postępów tego procesu bliżej powierzchni ziemi. Ziarna kwarców i skałeni zawartych w tej glinie nie wykazują zupełnie śladów zaokrąglenia. Są to niemal bez wyjątku ziarna powstałe drogą dezintegracji.

Poniżej gładzowiska leży ciągła seria fluwiogłacjalnych piasków i drobnych żwirów wyraźnie warstwowanych, najczęściej na przemian płasko i ukośnie. Warstwy te w głównej, środkowej części odkrywki są odsłonięte w biegu, czyli leżą prawie poziomo. Klin *a* po przebicciu gładzowiska wchodzi na głębokość kilkunastu cm w serię warstwowaną i urywa się nagle. Tępy zarys zakończenia klina jest prawdopodobnie uzależniony od przebiegu warstw.

Klin *e* po przebicciu gładzowiska wsuwa się również w utwory warstwowane, podporządkowując się kierunkom upadów. Właściwie jest to już tylko plama orszynowa nie zakłócająca w niczym naturalnego, pierwotnego porządku warstw.

Oddzielny rozdział obserwacji stanowi analiza rzutu poziomego rozpoczęta od ściany pionowej w stadium klina *b*₂ i prowadzona równolegle z cofaniem się ściany odkrywki (fig. 6, fot. 6). Wykop starano się prowadzić tak, aby mieć obraz przebiegu środkowej szczeliny klina, która została już wymieniona poprzednio w opisach ściany pionowej. Szczelina ta, o zmiennej szerokości, wypełniona jest żółtym, sypkim piaskiem z luźnymi, pojedynczymi gładzikami. Ciągnie się ona nieprzerwanie i wiąże się przez boczne odgałęzienia w całą sieć szczelin obrzeżonych rdzawą, ciemną gliną, opisaną już poprzednio.

SPEKANIA GŁAZÓW

Wśród kamieni zapełniających gładzowisko znajdują się zasadniczo okruchy skał krystalicznych i twardych, przekrystalizowanych wapieni, jak i materiał lokalny w postaci kredowej opoki i piaskowców. Głazy te są w przeważającej ilości bardzo silnie zwietrzałe. Szczególnie wyraźnie widać ślady wietrzenia na gładzach większych. Największe nagromadzenie spekanych lub rozsypujących się gładzów napotkano w tej części odkrywki, w której były szczególnie okazale wykształcone kliny zmarzlinowe.

Ze względu na to, że strefa gładzowiska sąsiadująca z klinami podlegała dezintegracji mrozowej, przeprowadzono kilka obserwacji dotyczących zachowania się poszczególnych skał w stosunku do procesów wietrzenia mrozowego¹.

¹ Żałuję bardzo, że w czasie przeprowadzania obserwacji dotyczących wietrzenia mrozowego nie znalazłam jeszcze niezwykle interesującej pracy prof. J. Tricarta — Etude expérimentale du problème de la gélivation, *Biuletyn Peryglacjalny*, nr 4.

Skały osadowe. Twarde wapienie sylurskie zachowują się bardzo podobnie jak kredowa opoka. Zależnie od stopnia zaawansowania głazy są spękane na mniejsze lub większe okruchy. Siatka spękań jest najzupełniej nieregularna, w każdym wypadku inna. Nie widać tu żadnego związku z teksturą skały, nie ujawniającej zresztą cech, które by narzucały jakąś kierunkowość rozwoju spękań (fot. 9 a, b).

Piaskowce z wału kujawskiego pękają na równoległe ułożone płytki, zgodne z przebiegiem powierzchni warstwowania. W dalszym ciągu ulegają wykruszeniu pojedyncze ziarna piasku, uwalniane z lepiszcza (fot. 9c).

Skały krystaliczne. Zasadniczą rolę w zachowaniu skał w stosunku do wietrzenia mrozowego odgrywa tu grubość kryształów i układ teksturalny poszczególnych cząstek w skale.

Gruboziarnisty granit rozpada się na grudki o nieregularnych zarysach, składające się głównie z dużych kryształów skaleni, oblepionych drobniejszymi ziarnami kwarcu i blaszkami miłki. Dopiero w następnych stadiach wietrzenia oddzielają się z grudek poszczególne minerały.

Granity drobnoziarniste rozsypują się podobnie jak poprzednie (fot. 10). Grudki są jednak o wiele drobniejsze. Zasadniczą rolę, decydującą o wielkości frakcji, odgrywa wielkość kryształów skalenia.

Gnejsy lub łupki krystaliczne o wyraźnej teksturze pasmowej, kruszą się podobnie jak granity, zachowują jednak długo zarysy pierwotnej tekstury.

W gławowisku obserwowano głazy krystaliczne rozsypujące się zupełnie na piasek, inne, pokruszone na grudki i wreszcie głazy posiadające tylko kilka spękań. Głazy spękane rozpadały się na duże odłamki, w których minerały nie traciły spoistości. Fotografia 11 przedstawia łupek krystaliczny bardzo drobnoziarnisty, wykazujący pęknięcia. Odłamki tego głazu są bardzo ostre i zachowują swoją pierwotną twardość. Prawdopodobnie mamy tu do czynienia z różnymi stadiami wietrzenia mrozowego, począwszy od spękań ułatwiających dalsze przenikanie procesów niszczenia aż do pełnego rozluźnienia poszczególnych cząstek skalnych.

Krzywe przesiewów wykonane dla trzech rozsypujących się gławów krystalicznych: granitu, gnejsu i łupku posiadają wyraźne załamania, podobne do opisanych poprzednio załamań krzywych gliny z obrzeżenia i z wnętrza klina. W jednym i w drugim wypadku występują nagłe przeskoki z jednej frakcji do drugiej, charakterystyczne dla wietrzenia mrozowego (fig. 7).

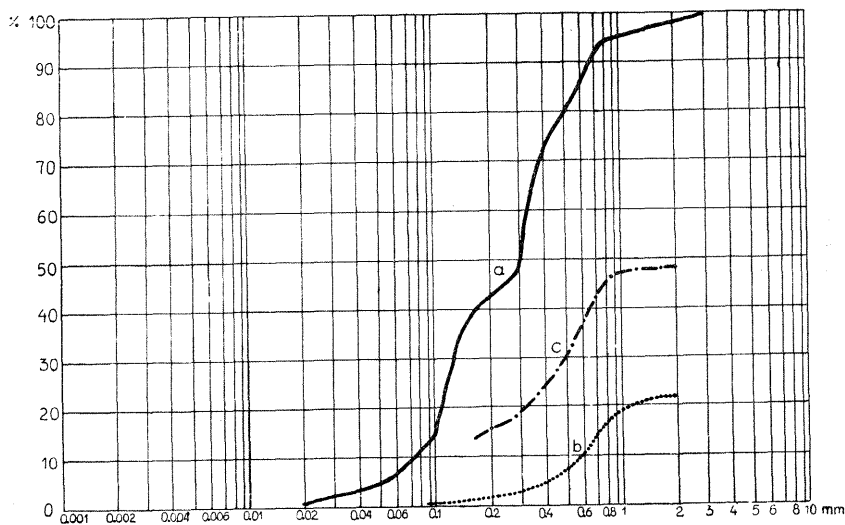


Fig. 7. Krzywe granulometryczne zwietrzeliny
a. granit; b. gnejs; c. łupek krystaliczny

MECHANIKA POWSTAWANIA KLINÓW W SŁAWĘCINIE

Przedstawione powyżej obserwacje klinów zmarzlinowych pozwalają na wyprowadzenie pewnych wniosków dotyczących mechaniki powstania tych form.

1. Szczeliny stwierdzone w górnej części klinów są prawdopodobnie szczelinami kontrakcyjnymi. Przemawia za tym ich stosunkowo niewielka głębokość oraz wypełnienie piaskiem, pochodzącym z powierzchni (grania-ki). W świetle badań T a b e r a (5) szczeliny kontrakcyjne nie mogą występować na znacznie większych głębokościach, ponieważ wahania termiczne wywołujące pękanie gruntu są tam o wiele słabsze. Szczeliny te były wypełnione lodem w formie klinów. Piasek powierzchniowy, który nosi śla-
dy działania transportu fluwioglacjalnego oraz ślady dezintegracji mrozo-
wej zasypywał szczeliny w miarę topnienia lodu.

2. Odsłonięty w badanej odkrywce drobny fragment rzutu poziomego zdaje się wskazywać, że szczeliny wiążą się w układy o charakterze sieci. Można by więc sądzić, że są to struktury typu poligonów tundrowych.

3. Obecność gławowiska o stosunkowo dużej miąższości była warun-
kiem sprzyjającym powstawaniu i utrzymywaniu się lodu gruntowego. Nagromadzenie cząstek o różnej wielkości i odporności, zaokrąglonych lub
ostrokrawędzistych, decydowało o porowatości i przepuszczalności tej strefy. Kliny lodowe, utworzone pierwotnie w szczelinach, rozrastały się na-

stępnie ku dołowi. Ten dalszy rozwój odbywał się poprzez przyrost masy lodowej wciskającej się we wszystkie mniej spoiste partie gładzowiska, sąsiadujące bezpośrednio z klinami. Za dowody ruchu poszczególnych części względem siebie odbywającego się wraz ze wzrostem lodu, uznać należy obserwowane wciśnięcia gładzów, rozsunięcia należących do siebie odłamków itp.

4. Dalszym refleksem obecności i ekspansywnej działalności lodu gruntowego są oznaki silnego wietrzenia mrozowego gładzów, szczególnie wyraźne w strefie występowania klinów.

Morena kutnowska leży na obszarze sąsiadującym bezpośrednio ze strefą zlodowacenia bałtyckiego; środowisko peryglacjalne wraz z całym zespołem procesów morfologicznych było tu więc wykształcone szczególnie wyraźnie. Powstające w tych warunkach struktury powinnyby mieć cechy form zdecydowanych, typowych dla swego rodzaju. Kliny ze Sławęcina można by uznać za takie formy typowe, pamiętając jednak równocześnie, że obok korzystnego położenia ważną rolę odegrały tu z pewnością właściwości materiału, w którym tworzyły się kliny. Stopień porowatości materiału, przepuszczalności i odporności na wietrzenie wywierał niewątpliwie wpływ nie tylko na tempo rozwoju klinów lecz również na ich zarysy i rozmiary.

Literatura

1. Dücker A. — Die Periglazial-Erscheinungen im holsteinischen Pleistozän. *Gött. Geogr. Abhandl.*, H. 16, 1954.
2. Dylik J. — Peryglacjalne struktury w plejstocenie środkowej Polski (summary: Periglacial structures in the Pleistocene deposits of Middle Poland). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 66, 1952.
3. Jahn A. — Zjawiska krioturbacyjne współczesnej i plejstocenijskiej strefy peryglacjalnej (summary: Cryoturbate phenomena of the contemporary and of the Pleistocene periglacial zone). *Acta Geol. Polonica*, vol. 2, 1951.
4. Schafer J. P. — Some periglacial features in central Montana. *Jour. Geol.*, vol. 57, 1949.
5. Taber S. — Perennially frozen ground in Alaska: its origin and history. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 54, 1943.



fot. J. Dylík

Fot. 1. Ściana odkrywki w dn. 3 X 1950



fot. autorka

Fot. 2. Ściana odkrywki w dn. 20 IX 1954



fot. autorka

Fot. 4. Klin c (4 XII 1954)



fot. autorka

Fot. 3. Klin a (3 X 1950)



fot. autorka

Fot. 5. Klin b w stadium b_2 (4 XII 54) i w stadium b_3 (15 III 55)



fot. autorka

Fot. 6. Fragment rzutu poziomego klina b (17 XII 54)



fot. autorka

Fot. 7. Klin d (4 XII 1954)



fot. autorka

Fot. 8. Klin e (23 VI 1955)



a



b



c

Fot. 9. Wietrzenie mrozowe: a, b — wapieni; c — piaskowców



fot. autorka

Fot. 10. Rozsypujący się drobnoziarnisty granit



fot. autorka

Fot. 11. Spękania mrozowe w łupku krystalicznym