

PIASKOWCE I ZLEPIENCE PLEJSTOCENSKIE W DOLINIE DOLNEJ WISŁY

UKD 552.512/513.08:551.791(438—17:282.243.61)

W osadach plejstocenских, odsłoniętych na zboczach doliny dolnej Wisły i dolin bocznych, spotyka się miejscami scementowane węglanem wapnia piaski i żwiry o znacznej, nieraz kilkumetrowej miąższości. Najokazalej rozwinięte utwory tego typu występują na północ od Grudziądza, na wschodnim stoku Kępy Fortecznej. Zyskały one miano zlepieńców grudziądzkich, ze względu na dominujący w nich udział grubszej frakcji żwirowej. Informacje o tych utworach znajdujemy w opracowaniach geologicznych i geomorfologicznych tego obszaru (11, 4), jak też w literaturze krajoznawczej (6). Jednak — oprócz krótkich opisowych wzmianek — brak dotychczas odrębnych studiów, zmierzających do wyjaśnienia sposobu i czasu ich powstania.

Nowszy materiał badań geologiczno-geomorfologicznych, sugerujący możliwość wykorzystania scementowanych osadów dla celów stratygraficznych, skłonił autorów do ich szczegółowego zbadania i przedstawienia, na podstawie uzyskanych danych, prawdopodobnej ich genezy.

Szczegółowszym badaniom poddano dwa charakterystyczne stanowiska piaskowców i zlepieńców. Pierwsze stanowisko znajduje się w lewobrzeżnej strefie krawędziowej doliny Wisły, przy zachodniej granicy administracyjnej Świecia, drugie zaś — na wspomnianym wschodnim stoku Kępy Fortecznej, w okolicach Nowej Wsi (ryc. 1).

OPIS STANOWISK

Świecie. Podstawowe znaczenie dla interpretacji pozycji stratygraficznej scementowanych osadów mają zachodnie tych utworów w strefie krawędziowej doliny Wisły na zachód od Świecia. Na odcinku od Świecia do Wiąga występuje zarówno w odsłonięciach, jak i w wierceniach regularnie wykształcony profil osadów plejstocenских, składających się z trzech ciągłych pokładów glin morenowych, przedzielonych osadami piaszczystymi i mułkowo-ilastymi (por. 8, 4, 15, 16). Szczególnie wyraźny jest drugi (licząc od powierzchni wysoczyzny morenowej) poziom warstwowanych piaskowców międzymorenowych, stanowiący poziom przewodni w budowie plejstocenu dolnego Powiśla (8). Osady scementowane węglanem wapnia występują w stropie tego poziomu na wysokości ok. 50 m n.p.m. pod drugim dwudzielnym pokładem gliny morenowej, który rejestruje na tym terenie prawdopodobnie wczesno-środkowo-würmskie (wczesnobałtyckie) nasunięcie lądolodu skandynawskiego (5).

Stanowisko piaskowca plejstocenского w Świeciu położone jest w dolince bocznej, której dno nawiązuje do współczesnej równiny zalewowej Wisły nieco powyżej ujścia Wdy. W miejscu występowania piaskowca głębokość wcięcia dolinki wynosi ok. 25 m, wysokość zaś stropu piaskowca ponad dnem dolinki — ok. 5 m. Powyżej leży drugi dwudzielnny pokład gliny morenowej o miąższości ok. 7,5 m, przykryty z kolei osadami typu zastoiskowego (zob. 16).

Nowa Wieś. Zlepieńce i piaskowce w okolicach Nowej Wsi występują na wschodnim, łagodnie nachylnym stoku Kępy Fortecznej. Ich sytuacja stratygraficzna jest analogiczna do poprzedniej, jakkolwiek brak tutaj wyraźnie wykształconego, drugiego pokładu gliny morenowej. Zlepieńce grudziądzkie występują w stropie osadów piaszczysto-żwirowych, należących do przewodniej — na tym terenie — serii międzymorenowej. Przykrywają one bezpośrednio ility warwowe, eksploatowane nie opodal u podnóża kępy w Świerkocinie.

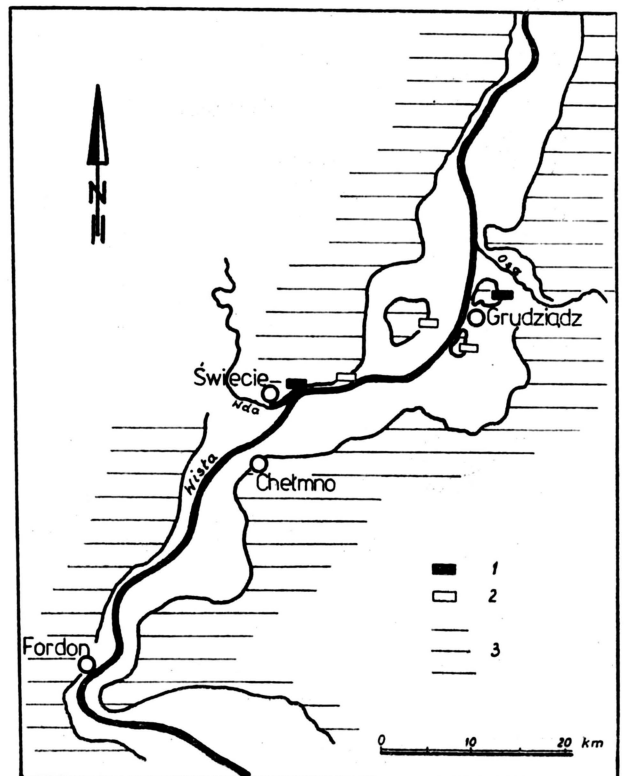
Scementowane węglanem wapnia osady zostały odsłonięte w wyrobisku nieczynnej dziś żwirowni, której ściana czołowa biegnie zgodnie z długością stoku kępy (ryc. 2). Scementowaniu uległy tu osady glaciofluwialne w postaci gruboziarnistych żwirów i piasków o łącznej miąższości dochodzącej do 6 m.

Pod względem teksturalnym i strukturalnym można wyróżnić trzy główne części:

1) spągową część poziomo warstwowanych piaskowców, tworzącą podstawę całego scementowanego bloku, która jest uformowana w postaci rozszerzających się ku dołowi filarów (ryc. 3). Ku górze przechodzi ona w jednolicie scementowaną warstwę piaskowca gruboziarnistego. Łączna miąższość tej części wynosi około 1,5 m;

2) środkową część zlepieńców przekątnie warstwowanych z wyraźną rytmiką sedymentacji, zaznaczoną w przemiennym ułożeniu żwirów drobno- i średnioziarnistych, o łącznej miąższości około 2 m;

3) stropową część poziomo i przekątnie warstwowanych zlepieńców gruboziarnistych. Miąższość tej części wynosi 2,5 m.

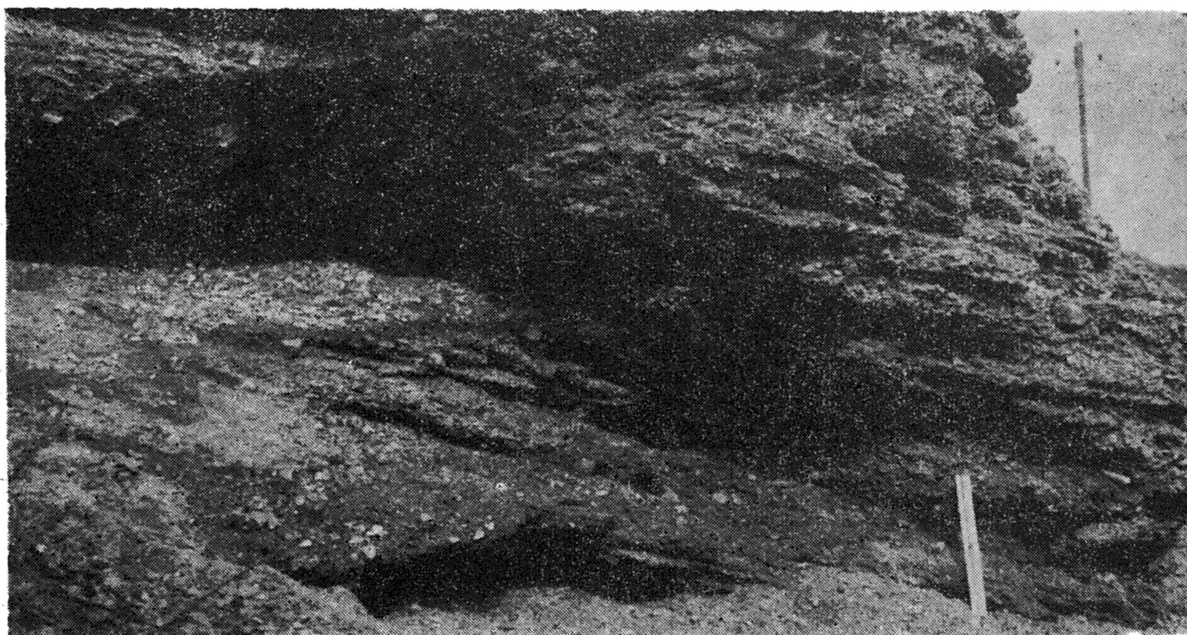


Ryc. 1. Szkic sytuacyjny stanowisk piaskowców i zlepieńców plejstocenских w dolinie dolnej Wisły.

1 — stanowiska opracowane, 2 — stanowiska nie opracowane, 3 — wysoczyzna morenowa, 4 — ważniejsze miasta.

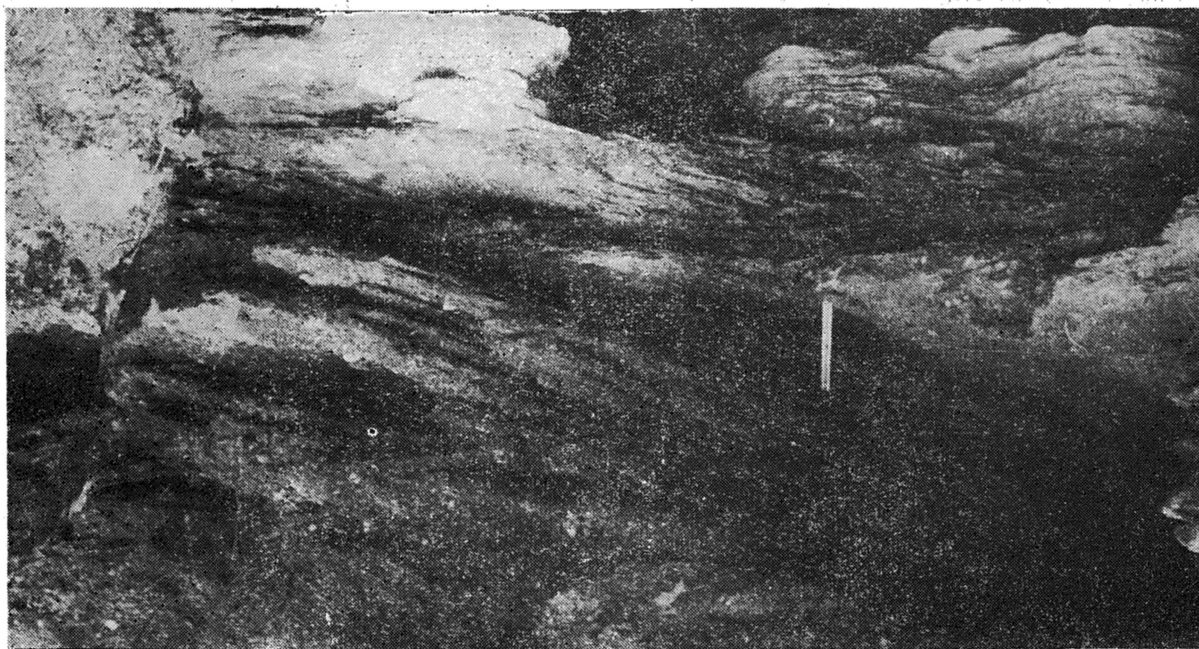
Fig. 1. Location of exposures of Pleistocene sandstones and conglomerates in the Lower Vistula River valley.

1 — sites elaborated, 2 — sites unelaborated, 3 — moraine plateau, 4 — major towns.



Ryc. 2. Nowa Wieś, stropowa część „zlepieńców grudziądzkich”, skala 30 cm. Fot. E. Drozdowski.

Fig. 2. Nowa Wieś, top part of „Grudziądz conglomerates”, scale — 30 cm. Photo by E. Drozdowski.



Ryc. 3. Nowa Wieś, środkowa i spągowa część „zlepieńców grudziądzkich”. Fot. E. Drozdowski.

Fig. 3. Nowa Wieś, middle and basal parts of „Grudziądz conglomerates”. Photo by E. Drozdowski.

Strop scementowanych osadów znajduje się na wysokości ok. 50 m npm, tj. na tej samej wysokości, na jakiej leży strop piaskowca w Świeciu.

ANALIZY CHEMICZNE

Z opisanych powyżej stanowisk pobrano próbki z utworów scementowanych oraz z współwystępujących w danym profilu osadów, w celu ilościowego oznaczenia CaCO_3 . Węglan wapnia był oznaczany manganometrycznie. Wyniki oznaczeń podano w tabeli I. Z analiz chemicznych wynika, że zlepieńce zawierają mniej CaCO_3 w stosunku do niżej leżących luźnych osadów zwirowych. Dla piaskowców i niżej leżących piasków zależności te kształtują się bardziej prawidłowo, gdyż piaskowiec jest znacznie wzbogacony w CaCO_3 . Jest również charakterystyczne, że glina nadległa nad piaskowcem w Świeciu wykazuje stopniowe zubożenie w CaCO_3 w pionie, w kierunku do

stropu piaskowca. Spostrzeżenia te rzucają pewne światło na zagadnienie genezy cementacji osadów.

BADANIA PETROGRAFICZNE

Ze względu na zubożenie zlepieńców w CaCO_3 , w stosunku do luźnych utworów zwirowych, zwrócono uwagę na skład petrograficzny tych osadów. Przeprowadzone badania polegały na procentowym rozdzielaniu frakcji zwirowej (powyżej 2 mm) na pięć grup litologicznych, a mianowicie: piaskowce, kwarcy, krzemienie, skały magmowe (łącznie z metamorficznymi) i wapienie. Stosunki procentowe zostały obliczone w podwójny sposób, to jest w procentach wagowych i ilościowych (tab. II).

W kolumnie zatytułowanej „wskaźnik wielkości” podano stosunek procentu masy do procentu ilości ziarn danej grupy petrograficznej. Stosunek ten pozwala na zorientowanie się w średniej wielkości

Tabela I

WYNIKI OZNACZEŃ CaCO_3

Stanowisko	Rodzaj osadu i jego pozycja w profilu	Ilość CaCO_3 w %
Świecie	głina morenowa 10–15 cm nad piaskowcem*	9,1
Świecie	głina morenowa 1 m nad piaskowcem*	10,2
Świecie	głina morenowa 2 m nad piaskowcem*	11,1
Świecie	piaskowiec — warstwa stropowa	40,6
Świecie	piaskowiec — warstwa spągowa	31,0
Świecie	piasek pod piaskowcem	3,8
Nowa Wieś	zlepieniec	36,0
Nowa Wieś	żwir pod zlepieniem	37,2

*) Analizy wykonane przez A. Olszewskiego (por. 16 — zał. III, ryc. 13).

Tabela II

PROCENTOWE ZESTAWIENIE SKŁADU PETROGRAFICZNEGO FRAKCI ŻWIROWEJ W NOWEJ WSI

Grupy petrograficzne	Ilość ziarn	Masa w g	Wskaźnik wielkości
piaskowce	10,3	5,8	0,6
kwarce	9,1	3,6	0,4
krzemienie	—	—	—
skały magmowe	28,3	22,2	0,8
skały wapienne	56,8	68,4	1,1

względnej okruchów skalnych wchodzących w skład żwirów. Z porównania tych wskaźników wynika, że najdrobniejsze są ziarna kwarcu, a największe — okruchy skał wapiennych. Wskaźnik wielkości dla krzemieni jest — ze względu na małe ich ilości — raczej przypadkowy. Przewaga większych okruchów wapiennych w żwirach zdaje się wskazywać, że ze żwiru zostały usunięte najdrobniejsze okruchy wapienne przez rozpuszczanie chemiczne, a na miejscu pozostały fragmenty grubsze, które nie zdążyły ulec rozpuszczeniu.

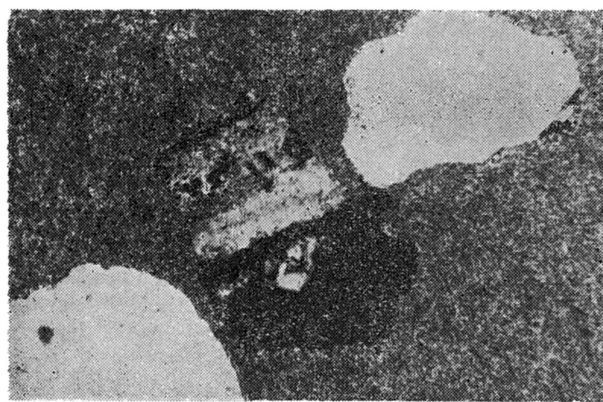
BADANIA MIKROSKOPOWE

Do badań pod mikroskopem polaryzacyjnym sporządzono z utworów scementowanych, to jest z piaskowców i zlepieńców Nowej Wsi płytki cienkie.* Obserwacje mikroskopowe były niestety niepełne, ze względu na znaczną ilość wolnych przestrzeni, czyli tzw. dziur, powstałych przy zslifowaniu preparatów w wyniku wypadania twardszych elementów mineralnych ze stosunkowo miękkiego cementu. Z tej samej przyczyny nie wykonano analiz planimetrycznych, gdyż otrzymane wyniki nie odzwierciedlałyby rzeczywistego składu mineralno-petrograficznego. Określono jednak skład mineralny w ujęciu jakościowym. Dominującym składnikiem piaskowca jest kwarc o stosunkowo słabym obtoczeniu, gdyż jest:

ziarn obtoczonych	19,6%
ziarn częściowo obtocz.	40,9%
ziarn nieobtoczonych	33,5%

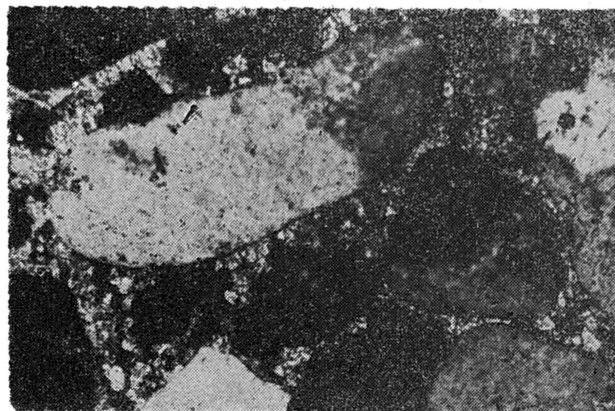
Duża część ziarn kwarcowych ma zaburzoną strukturę wewnętrzną, przejawiającą się w mniej lub więcej nieregularnym znikaniu światła. Widoczne są również skalenie, a wśród nich dobrze zachowane mikrokliny i nieco gorzej — plagioklasy. Ze sporadycznie spotykanych minerałów ciężkich widoczne są granaty, amfibole i oliwiny. Pod mikroskopem można także wyróżnić drobne okruchy skał węglanowych, tj. okruchy wapieni oraz ziarna kalcytu.

W preparatach wykonanych ze zlepieńców widoczne są okruchy skał magmowych, wapiennych, piaskowców, mułowców i pojedyncze ziarna kwarcu. O-



Ryc. 4. Cement kryptokrystaliczny, polaryzatory skrzyżowane, pow. 125 X.

Fig. 4. Cryptocrystalline cement, crossed nicols, X 125.



Ryc. 5. Cement mikrokrystaliczny, polaryzatory skrzyżowane, pow. 125 X.

Fig. 5. Microcrystalline cement, crossed nicols, X 125.

kruchy wapienne zarówno w zlepieńcach, jak i w piaskowcach mają często nieregularne powierzchnie obrzeżeń z widocznymi śladami resorpcji chemicznej.

Cement, wyraźnie widoczny w preparatach mikroskopowych, stanowi krystaliczny kalcyt. Występuje on w dwóch postaciach: kryptokrystalicznej, barwy jasnobrunatnej, w której tkwią bardzo luźno okruchy mineralne lub skalne (ryc. 4) oraz mikrokrystalicznej, oklejającej cienką otoczką większość ziarn i okruchów oraz obreżając cementu kryptokrystalicznego (ryc. 5). Jest charakterystyczne, że cement kryptokrystaliczny zajmuje duże przestrzenie, w których odległości między tkwiącymi w nim ziarnami są często parokrotnie większe od ich średnic. Sugeruje to szybkie wytrącanie się CaCO_3 w warunkach silnego przepojenia całej masy skalnej późniejszego piaskowca wodą, gdy poszczególne ziarna mineralne nie stykały się z sobą i zostały w ten sposób utrwalone. Te procesy zachodziły w pierwszym etapie diagenety — syngenetycznym. Druga forma cementu, mikrokrystaliczna, otulająca ziarna mineralne, a nawet fragmenty cementu kryptokrystalicznego, jest etapem sukcesywnym, epigenetycznym, związanym albo z rekryształizacją cementu kryptokrystalicznego, zapoczątkowaną na obrzeżach ziarn albo, co wydaje się bardziej prawdopodobne, z późniejszą, powolną kryształizacją CaCO_3 ze zmineralizowanego roztworu porowego.

GENEZA PIASKOWCÓW I ZLEPIEŃCÓW

Wśród dotychczasowych poglądów na temat genezy piaskowców i zlepieńców czwartorzędowych, występujących w różnych obszarach Niżu Polskiego, dominuje hipoteza infiltracyjna. Wysunął ją H. Gąsiorowski (9) dla wyjaśnienia genezy podmorenowych piaskowców w Mechowie pod Puckiem. Cementacja

* Płytki cienkie i fotografie mikroskopowe zostały wykonane w Instytucie Mineralogii, Petrografii i Geochemii UW.

piasków — w myśl poglądów tego autora — wiąże się z procesami ługowania węglanu wapnia z nadległej gliny morenowej.

W odniesieniu do omawianych przez nas piaskowców i zlepieńców zebrane dotychczas materiały nie potwierdzają tej hipotezy. Przeczą jej wyniki analiz zawartości CaCO_3 w glinie morenowej leżącej ponad piaskowcem w Świeciu. Wykazują one stałe zmniejszanie się ilości CaCO_3 w kierunku stropu piaskowca. Przyjmując pogląd o infiltracyjnym pochodzeniu węglanu wapnia, należałoby oczekiwać raczej wzrostu jego koncentracji z góry ku dołowi, a więc w porządku odwrotnym do istniejącego. Nie można też wiązać procesów cementacji z procesami hydrochemicznymi, związanymi z współczesnymi horyzontami wód podziemnych, gdyż opisane stanowiska scementowanych osadów, jak też kilka innych — znanych autorom stanowisk w dolinie dolnej Wisły — są usytuowane zazwyczaj kilkanaście metrów ponad wypływem wód na stokach. Omawiane piaskowce i zlepienie wykazują natomiast uderzającą regularność w swojej pozycji stratygraficznej i położeniu wysokościowym. Występują one niezmiennie w stropie serii międzymorenowych piasków na wysokości ok. 50 m n.p.m. Powyższe dane skłaniają do przyjęcia tezy o wytrącaniu węglanu wapnia w subglacialnym środowisku wodnym w warunkach arealnie zanikającej pokrywy lodolodu skandynawskiego.

Wiadomo, że rozpuszczalność węglanu wapnia w wodzie nie podlegającej oddziaływaniu czynników biologicznych zależy w głównej mierze od zawartości dwutlenku węgla (tzw. agresywnego CO_2). Ilość rozpuszczonego CO_2 w wodach zimnych, będących pod wysokim ciśnieniem, jest znacznie większa niż w wodach ciepłych pod niskim ciśnieniem (2, 3, 13, 17). Można przypuszczać, że w wodzie płynącej w piaskach i żwirach pod pokrywą stagnującego i topniejącego lodu zawartość rozpuszczonego w niej CaCO_3 była bardzo duża, czemu sprzyjać mogły szczególnie korzystne po temu warunki fizyczne: niska temperatura oraz obfitość CO_2 , wydobywającego się pod wysokim ciśnieniem parcjalnym z topniejących mas lodu lodowcowego.

Zakładamy, iż woda znajdująca się pod lodem w początkowej fazie stagnacji pokrywy lodowej zawierała równomiernie rozłożoną ilość rozpuszczonego CO_2 i CaCO_3 , czyli znajdowała się w warunkach zbliżonych do stanu równowagi hydrodynamicznej i termicznej. Jednakże w miarę upływu czasu, wskutek zróżnicowanego przestrzennie zaniku i rozpadu pokrywy lodowej (powstawanie pęknięć i szczelin, rozpad pokrywy na większe i mniejsze bryły), tworzyły się miejsca i strefy rozprężania i mieszania się wód subglacialnych, co było połączone z gwałtownym uwalnianiem się CO_2 i jego ucieczką do atmosfery. Pociągało to za sobą wytrącanie cementacyjne węglanu wapnia w postaci kalcytu kryptokrystalicznego. Był to etap diagenetyki początkowej, syngenetycznej, w tym sensie, że piaski i żwiry były akumulowane w środowisku wytrącania węglanu wapnia (por. 10, 18). Cement mikrokryształiczny tworzył się w drugim etapie diagenetyki epigenetycznej związanym z długotrwałym i powolnym procesem wytrącania się CaCO_3 z roztworów porowych w ciągu dalszych faz zaniku lodu.

Z problemem cementacji węglanowej na obszarze pokrytym grubym płaszczem osadów czwartorzędowych (o miąższości 70–90 m) wiąże się ściśle zagadnienie źródła dostawy materiału węglanowego. Nie wydaje się, aby węglan wapnia, w ilościach niezbędnych dla scementowania luźnych osadów żwirowych i piaszczystych, mógł być dostarczany przez materiał autogeniczny, tzn. przez okrucy skał wapiennych w miejscu występowania scementowanych osadów, jakby to sugerowały wyniki badań petrograficznych i mikroskopowych. Decydujące znaczenie miały tu różnice ciśnień i temperatur, które pobudzały ruch wody na znacznie większych odległościach, umożliwiając w ten sposób migrację i koncentrację zawartych w wodzie gazów i substancji mineralnych. Strącanie cementacyjne węglanu wapnia było zatem tym obfit-

sze im większe istniały gradienty ciśnień i temperatur na drodze ruchu wody subglacialnej i im gwałtowniejsze było rozprężanie i ucieczka CO_2 do atmosfery. Dostawa węglanów z materiału lokalnego miała znaczenie podrzędne.

Zjawisko wytrącania węglanu wapnia w warunkach subglacialnych znane jest zarówno z współczesnych lodowców (1, 7), jak i z obszarów zlodowoczących w plejstocenie (14, 12, 19). Te opisane dotychczas zjawiska dotyczą jednakże wytrącen węglanu wapnia wskutek zmian ciśnienia wywołanych nierównościami mikrorzeźby podłoża lodowca będącego w ruchu, natomiast przedstawiona powyżej hipoteza odnosi to zjawisko do warunków subglacialnych stagnującego i zanikającego arealnie lodolodu skandynawskiego.

LITERATURA

1. Bauer F. — Kalkabsätze unter Kalkalpengletschern und ihre Bedeutung für die Alterbestimmung heute gletscherfrei werdender Karrenformen. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 1961, Bd 4, no. 3.
2. Cailleux A. — Quaternary secondary deposition in France. Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 1965, no. 84.
3. Corbel J. — Les karsts du Nord-Quest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. Rev. Geogr. de Lyon, 1957, vol. 12.
4. Drozdowski E. — Geneza Basenu Grudziądzkiego w świetle osadów i form glacialnych. Pr. Geogr. Inst. Geogr. PAN, 1974, nr 104.
5. Drozdowski E. — Penultimate period of deglaciation in the Grudziądz Basin, lower Vistula River valley: an interstadial-like interval of the Middle Würm. Geogr. Polonica, 1975, no. 31.
6. Fleszarowa-Danysz R. — Z mało znanych szlaków turystycznych. Ziemia, 1923, t. 8, nr 12.
7. Ford D. C., Fuller P. G., Drake J. J. — Calcite precipitates at the soles of temperate glaciers. Nature, 1970, vol. 226, no. 5244.
8. Galon R. — Dolina dolnej Wisły, jej kształt i rozwój na tle budowy dolnego Powiśla. Bad. Geogr., 1934, vol. 12–13.
9. Gąsiorowski H. — Formy zlepiania piaskowca dyluwialnego w Mechowie pod Puckiem. Prz. Geogr., 1924, t. 4.
10. Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R. — Sedymentologia. Wyd. Geol., 1976.
11. Jentzsch A. — Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen — Blatt Feste Courbière. Berlin, 1900.
12. Kers L. E. — Förekomst av subglacialt utfäld kalksten i Solna Samt i Gardvik, Västerbottens Län. Fören. Stockh. Förhandl., 1965, vol. 86.
13. Klimaszewski M. — Geomorfologia ogólna, PWN, 1961.
14. Ljungner E. — Hällskulpturen och den kvartära skagerackskalkens tillkomst. Göteborgs Handels och Sjöfartstidning, 1936, no. 121.
15. Makowska A. — Stratigraphy of tills exposed along the valley of the lower Vistula area. Till — its genesis and diagenesis. Poznań, 1976.
16. Olszewski A. — Jednostki litofacjalne glin subglacialnych nad dolną Wisłą w świetle analizy ich makrostruktur i makrotektur. Studia Soc. Sci. Torunensis, Sec. C. 1974, vol. 8, no. 2.
17. Pazdro Z. — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., 1964.
18. Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R. — Sand and Sandstone. Springer-Verlag, Heidelberg, 1973.
19. Samuelsson L. — Nya fynd av subglacialt bildade kalkstenar. Geol. Fören. Stockh. Förhandl., 1964, vol. 85.

SUMMARY

Pleistocene sandstones and conglomerates forming stratified irregular patches from a few cm to 6 m thick are found in several places on slopes of valleys of the Lower Vistula River and its tributaries. These patches occur everywhere at the same altitude, 50 m a.s.l., and stratigraphic position, that is in the top of intermorainic sands and gravels and below the second (counting from the surface of morainic till layer which records early-Middle Würm advance of Scandinavian ice-sheet in this area (5). The studies showed that cement of these deposits is formed by either plateau or microcrystalline calcite. The present authors relate cementation processes to fluvial subglacial environment and stagnant crypto-areally decaying ice. In this environment, disintegration of ice resulted in origin of local hydrodynamic and thermic gradients. These gradients stimulated intense migration and concentration of CO_2 supplied under high pressure from melting ice masses as well as CaCO_3 from dissolution of carbonate rock debris present in morainic material. The concentrations of CO_2 and CaCO_3 were originated in areas of disintegration of ice, where expansion of subglacial waters and escape of CO_2 to atmosphere were taking place. This resulted in cementating precipitation of CaCO_3 .

РЕЗЮМЕ

На склонах долины нижней Вислы и боковых долин встречаются плейстоценовые песчаники и конгломераты в форме нерегулярных слоистых пластов мощностью с нескольких см до 6 м. Они выступают на одинаковой высоте над уровнем моря (50 м) и в одинаковом стратиграфическом положении, т.е. в кровле междуморенных песков и гравия, над вторым (считая от поверхности моренной возвышенности) пластом валунной глины, соответствующим ранневюрмскому надвигу скандинавского ледника (5). Проведенные исследования показали, что цемент состоит из кальцита в двух формах: криптокристаллической и микрокристаллической. Авторы приходят к выводу, что процессы цементации относятся к субгляциальной водной обстановке связанной с ледниковым покровом. В этой обстановке, под влиянием дезинтеграции льда возникли местные гидродинамические и термические градиенты стимулирующие интенсивную миграцию и концентрацию CO_2 , доставляемого под высоким давлением тающими массами льда, а также CaCO_3 — получаемого при растворении обломков карбонатных пород из моренного материала. Места концентрации CO_2 и CaCO_3 , находящиеся в районах дезинтеграции льда, являлись также местами выхода субгляциальных вод и утечки CO_2 в атмосферу, что стало причиной цементационного осаживания CaCO_3 .