

JÓZEF POBORSKI  
Akademia Górniczo-Hutnicza

## O HALOGENICZNYCH ZJAWISKACH KRASOWYCH W PERMIE GÓRNYM NA WYNIESIENIU ŁEBY

UKD 553.631.068.2:551.44:551.244.1:551.736.3(438.16—17)

Wyniesienie Łeby jest jednym z regionów geologicznych w Polsce, gdzie górny oddział systemu permńskiego był profilowany w wielu otworach wiertniczych. Były to głównie wiercenia Instytutu Geologicznego, w mniejszej zaś liczbie i późniejsze (od 1960 r.) — górnictwa naftowego. Mimo tak licznych profili geologicznych, nie doczekaliśmy się dotychczas syntetycznego opracowania cechsztyńskiej formacji solonośnej w tym regionie, ani publicznej dyskusji na ten temat. Jedyną próbę rozwiązania stratygrafii tej formacji na tle paleogeograficznym, w zasięgu całego regionu, znajdujemy w publikacji H. Szaniawskiego pt.: „Rozwój facjalny i paleogeografia cechsztynu w rejonie wyniesienia Łeby” (Acta geol. pol., vol. 16, 1966, nr 2).

Poczynając od 1961 r. na łamach „Przeglądu Geologicznego” ukazywały się artykuły odzwierciedlające poglądy autora, dotyczące permu górnego w regionie wyniesienia Łeby. W ostatnim artykule z tego zakresu, pt.: „Rozwój idei potasonośnego zagłębia gdańskiego w systemie permskim” starano się przedstawić historię poszukiwań i odkrycia złóż soli potasowo-magnezowych w tamtym regionie (Prz. geol., 1969, nr 5). W niniejszym artykule wyjaśniono krótko procesy geologiczne, które z jednej strony doprowadziły do zniszczenia pierwotnych złóż tego rodzaju, z drugiej zaś — do utworzenia się złóż wtórnych, czyli do swoistej halogenezy.

Już przy konstruowaniu pierwszego przekroju przez wyniesienie Łeby okazało się, że profil formacji cechsztyńskiej jest tam nietypowy, poczynając mniej więcej od połowy piętra Z1 w górę (Prz. geol. 1961 nr 7). Pod względem petrologicznym można ten profil podzielić na 3 odcinki:

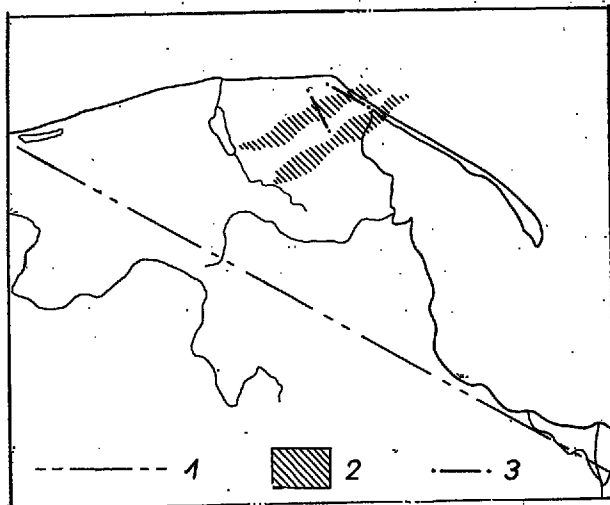
a) dolny, złożony z typowych członów piętra Z1 w kolejności: 1 — biały (szary) spagowiec, 2 — łupkę miedzionośną (płonny), 3 — wapień dolomityczny lub dolomargiel jako odpowiednik wapienia cechsztyńskiego, 4 — anhydryt dolny;

b) środkowy, zawierający sole chlorkowe, tj. najstarszą sól kamienną, której profil urywa się ku górze; na przeważającej części obszaru zalega na niej sól kamienna „descendentna” w tym znaczeniu, że wykazuje wszelkie cechy soli wtórnej, pochodzącej z rozpuszczenia podścielającej ją soli pierwotnej, tj. najstarszej soli kamiennej;

c) górny, złożony z naprzemianległych warstw anhydrytu (z gipsem) oraz skał węglanowych, po części ilastych.

Ponad tym górnym pakietem ewaporatów cechsztyńskich występuje większy kompleks skał ilowych o barwie czerwonej, osadzonych w facji subsalinarniej, które w niższej części trzeba jeszcze zaliczyć do permu górnego.

Niedługo po nakreśleniu pierwszego przekroju przez wyniesienie Łeby zwrócono uwagę na paleogeograficzną przyczynę nietypowego wykształcenia tamtejszego cechsztynu (Prz. geol., 1961, nr 11): »Na wyniesieniu Łeby, po normalnej sedymentacji ewaporatów w piętrze Z1 zaznacza się przerwa w piętrze Z2, odpowiadająca jak gdyby stadium lądowemu. Wówczas to w pewnym obszarze na wychodniach znalazły się osady piętra Z1. Na rozługowanych najstarszych solach kamiennych tworzyły się w zbiornikach lądowych typowe sole descendentne, jakie stwierdzono w profilach wierzeń „Łębork 1” i „Bytów 1”«. Zjawisko to jako aktualne w zasięgu całego wyniesienia Łeby potwierdziło wiele następujących wierzeń.

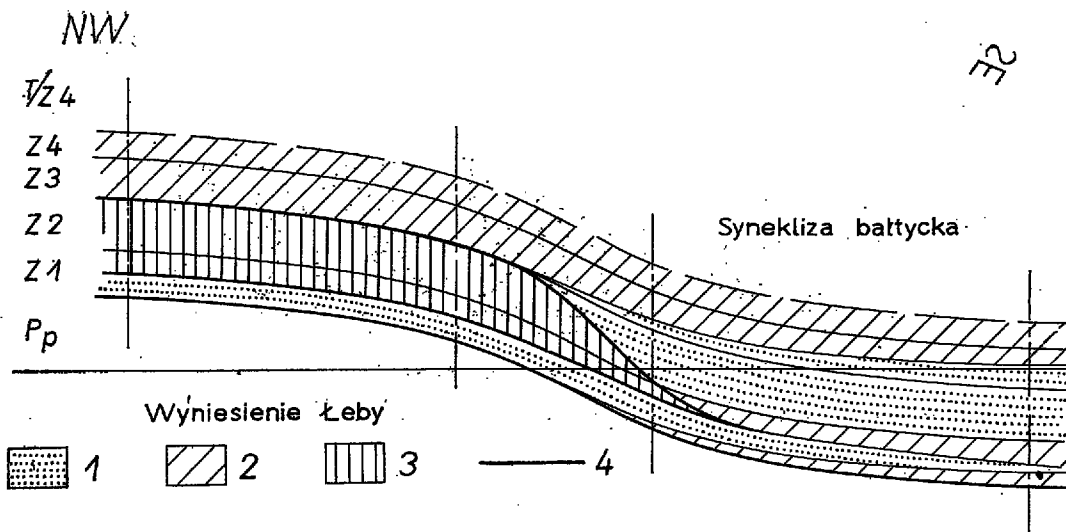


Ryc. 1. Mapa sytuacyjna stref nasilonego podnoszenia się podłoża przedcechsztyńskiego na wyniesieniu Łeby w okresie Z1 (perm górny).

1 — linia przekroju chronostratygraficznego (ryc. 2), 2 — strefa nasilonego podnoszenia się podłoża, 3 — linie załączonych przekrojów (ryc. 3 i 4).

Fig. 1. Location map of zones of intense uplift of pre-Zechstein substratum in the Łeba elevation area during Z1 (Late Permian).

1 — line of chronostratigraphic section (Fig. 2), 2 — zone of intense uplift of substratum, 3 — lines of cross-sections (Figs 3 and 4).



Ryc. 2. Sytuacja chronostratygraficzna w permie górnym w przekroju NW-SE przez wyniesienie Łeby i syneklizę bałtycką.

1 — osady ewaporacyjne facji chlorkowej, 2 — osady ewaporacyjne facji siarczanowo-węglanowej, 3 — wycinek przekroju odpowiadający luce w normalnej sedymentacji cechsztyńskiej, 4 — linia nienormalnego kontaktu.

Stratygrafia permu górnego, nietypowo wykształtowanego w opisywanym regionie, pozostaje jeszcze do szczegółowego rozwiązania. Będzie ona zapewne przedmiotem osobnego studium, prowadzonego paroma metodami, przez dokładne korelacje wielu kolumn profilowych, odpowiednio uszeregowanych. Nie czekając na rozwiązanie takiego zadania, autor pozostanie na razie przy swoim wcześniejszym założeniu, iż największa luka sedymentacyjna na przeważającej części obszaru wyniesienia Łeby wycina z kolumny formacji cechsztyńskiej górną część piętra Z1 i niemal całe piętro Z2.

Zastanawiając się nad nietypową kolumną cechsztyńską i poszukując motywów przewodnich dla jej generalnego podziału stratygraficznego, zwrócono uwagę na dość ostrą i konsekwentną granicę pomiędzy jej środkowym (b) a górnym odcinkiem (c) kolumny petrologicznej. Jeśli słuszne jest założenie co do rozpiętości luki sedymentacyjnej, to granica ta pokrywałaby się niemal z powierzchnią graniczną pięter Z2 i Z3; po długotrwałej więc przerwie sedymentacja cechsztyńska zaczynała się od nowa szarym iłem solnym i nadległym anhydrytem głównym, które to człony rozpoznajemy jako najbardziej pewne i najszerzej rozprzestrzenione warstwy przewodnie w całym zagłębiu cechsztyńskim. Ta granica Z2/Z3 bywa przeważnie zaostrowana niezwykle zjawiskami tektonicznymi, ale to już inne zagadnienie, które nie będzie tu bliżej omawiane.

Opisywane zjawisko luki sedymentacyjnej starano się przedstawić graficznie na ryc. 2. Wyobraźmy sobie sytuację chronostratygraficzną w permie górnym, jak gdyby w przekroju NW-SE, od okolicy Łeby do syneklizy bałtyckiej w okolicy Elbląga. Izochrony graniczne pięter cechsztyńskich muszą tu być kreślone równoległe do siebie (ryc. 2). Wycinek tego przekroju zakreskowany pionowo odpowiadałby luce w typowej sedymentacji cechsztyńskiej, tj. stadium ładowemu. Ponadto zaznaczono tam dwójakiego rodzaju facje w sedymentacji ewaporatów — chlorkową i siarczanowo-węglanową; liniami grubymi oznaczono granice kontaktów nietypowych.

W sedymentacji ewaporatów cechsztyńskich odzwierciedliły się dość wyraźnie wszelkie zmiany warunków paleogeograficznych, szczególnie wywołanych procesami diastroficznymi. Zarejestrowało się dźwiganie podłoża cechsztyńskie, czyli kształtowanie się wyniesienia Łeby, w przeciwstawieniu do syneklizy

Fig. 2. Chronostratigraphic situation in the Late Permian; NW-SE section through Łeba elevation and Baltic syncline.

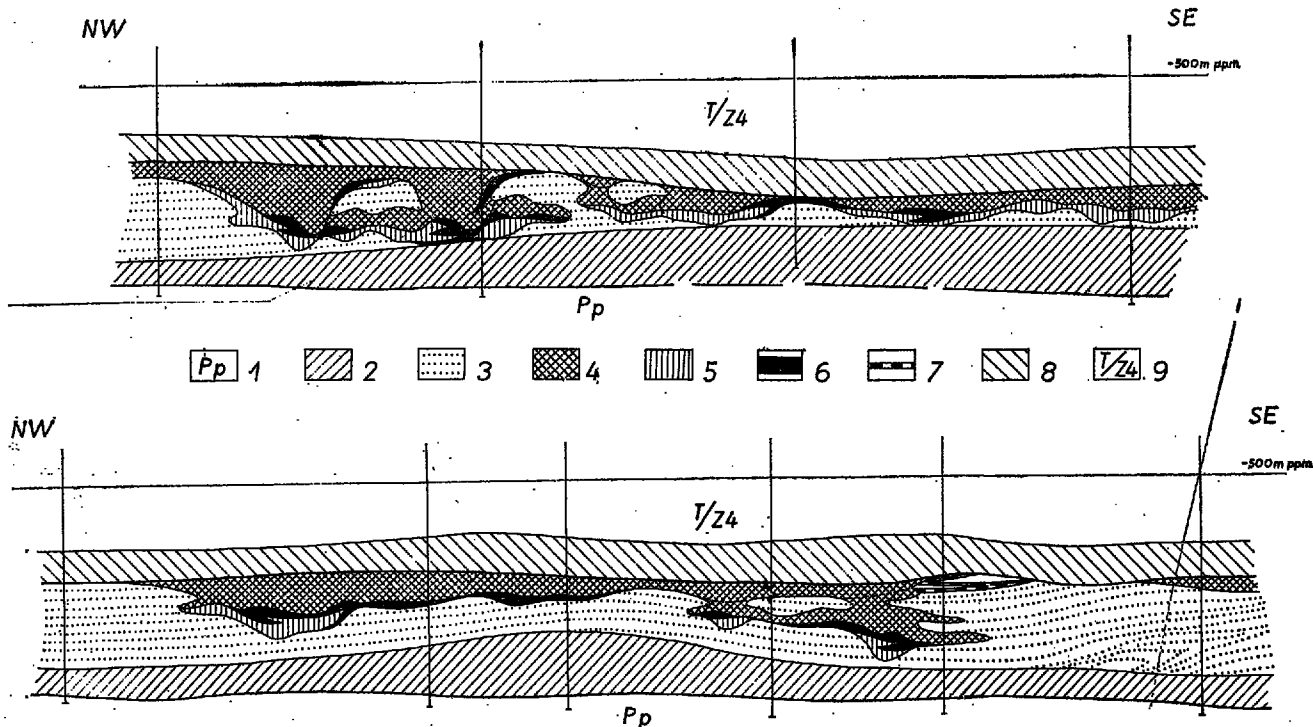
1 — chlorine facies evaporite deposits, sulphate-carbonate facies evaporite deposits, 3 — part of the section corresponding to hiatus in normal Zechstein sedimentary cycle, 4 — line of abnormal contact.

bałtyckiej. Zaczęło się ono od zrębowego podnoszenia podłoża w pewnych strefach o przebiegu SW-NE już w ciągu osadzania się tzw. anhydrytu dolnego. Podniesienie to rozpoznano we wschodniej części badanego regionu, nad Zatoką Pucką, jako strefy fałdalnego nabrzmienia tego anhydrytu (ryc. 1). W dalszym ciągu, pod koniec osadzania najstarszej soli kamiennej następuje takie wyniesienie podłoża w zasięgu regionalnym, że dochodzi do wynurzenia dna zbiornika cechsztyńskiego. W wymienionych strefach utrzymuje się dążność do dalszego wznoszenia się.

Interesujące są niezwykle warunki paleogeograficzne i zjawiska geologiczne, jakie rozgrywały się na wynurzonem dnie panwi solnej w regionie wyniesienia Łeby, pod koniec okresu Z1 i w ciągu Z2. Przez ten długi czas panował klimat tak suchy, że powierzchnia łądu zbudowanego z najstarszej soli kamiennej pozostawała nie porzeźbiona. Z biegiem czasu jednak, na tak wyrównanym regionalnym tle geomorfologicznym zaczynały tworzyć się depresje i elewacje, wywoływane ruchami epeirogenicznymi podłoża przedpermskiego. Nabrzmiwały więc w pewnych strefach pasma wzgórz, rozdzielane płytkimi dolinami i kotlinami.

Z końcem okresu Z2 klimat zmienia się na umiarkowany, a tuż przed transgresją morza szarego ładu solnego (Z3) — na bardziej wilgotny. Powoduje to zatapianie dużych pól depresyjnych, przy czym opoka solna podlega ługowaniu i tak tworzą się rozległe jeziora słone. W terenie o większej deniwelacji rozwijają się nasilone zjawiska krasowe. W efekcie tego na liniach ściekowych wyługowują się głębokie rynny, przechodzące w doliny i keniony krasowe, rozgałęziające się w jakimś systemie hydrograficznym; tworzą się lejki, polja i jaskinie krasowe. Powstawanie pustych przestrzeni jak i dolin oraz kenionów jest wyrazem negatywnych zjawisk krasowych.

Amplituda krasowych dolin i przedzielających je grzbietów była zapewne większa w strefach wyniesienia; dochodziła nawet do całkowitej miąższości pokładu solnego (160—190 m), co znaczy że miejscami doszło do zupełnego rozługowania soli kamiennej. Pod tym względem aktualne jest porównanie geomorfologiczne z mniej intensywnym skrasowieniem wapieni w pasmie Jury Krakowsko-Wieluńskiej.



Ryc. 3. Szkicowy przekrój formacji cechsztyńskiej w okolicy Strzelna (rys. górny).

Ryc. 4. Szkicowy przekrój formacji cechsztyńskiej w okolicy Władysławowa (rys. dolny).

1 — podłoże przedcechsztyńskie, 2 — oddział dolny (a) formacji cechsztyńskiej w ogólności, 3 — najstarsza sól kamienna, 4 — sól kamienna „descendentna”, 5 — anhydryt, 6 — skała polihalityowa, 7 — pokład syngenetycznej soli magnezowo-potasowej, 8 — oddział górny (c) formacji cechsztyńskiej w ogólności, 9 — permotriasowy kompleks iltowcowy.

Fig. 3. Sketch section of Zechstein formation from the area of Strzelno.

Fig. 4. Sketch section of Zechstein formation from the area of Władysławowo.

1 — pre-Zechstein substratum, 2 — lower part (a) of Zechstein formation as a whole, 3 — the oldest rock salt, 4 — „descendant” rock salt, 5 — anhydrite, 6 — polyhalite salt, 7 — layer of syngenetic magnesium-potassium salt, 8 — upper part (c) of Zechstein formation as a whole, 9 — claystone Permian complex.

Trudno rozpuszczalną pozostałością po wylugowaniu soli kamiennej jest osad gipsu, który z czasem gromadził się na dnie oraz na zboczach dolin i jam krasowych, tworząc typową czapę gipsową. Równocześnie pokład anhydrytu na wychodniach przeobrażał się także w gips. Później zaś pod nakładem młodszych osadów i w skali niedługiego czasu geologicznego mogło dojść do wtórnego przeobrażenia gipsu w skałę anhydrytową.

W stadium lądowym, pod koniec okresu Z2, poza negatywnymi, rozwijały się także pozytywne zjawiska krasowe, do których można zaliczyć tworzenie się czapy gipsowej. Głównym zjawiskiem pozytywnym jest krystalizacja soli descendentnej — najbardziej znamienny proces halogeniczny. Można go sobie wyobrazić na podstawie dokładniejszych przekrojów geologicznych, zrekonstruowanych po petrologicznym przeanalizowaniu rdzeni wiertniczych. Przykładem tego są dwa fragmentaryczne przekroje szkicowe (ryc. 3 i 4) zorientowane wg kierunku NW-SE, z przewyższoną dwukrotnie skałą pionową: jeden przez okolice Strzelna, drugi wzdłuż wybrzeża Bałtyku w okolicy Władysławowa. Obraz domniemanej morfologii krasowej przedstawiony w przekrojach należy uważać jedynie na próbę zilustrowania prawdopodobnych zdarzeń geologicznych.

Z nasyconej solanki w jeziorach oraz innych zbiornikach naziemnych i podziemnych krystalizowała sól descendentna. Tworzył się denny osad tej wtórnej soli lub naskorupienia krystaliczne na ścianach jam krasowych, narastające z biegiem czasu tak, że wszelkie pustki mogły zarosnąć zupełnie jako groty kryształowe, szczególnie po wtórnym zatopieniu ładu dolnocechsztyńskiego. Osadzona w jeziorach sól descendentna pokryła największe pola na wyniesionym pokładzie najstarszej soli kamiennej. Były to zarazem największy (ilościowo) produkt halogenicznych zjawisk krasowych w zasięgu regionalnym.

Sól descendentna jako skała o niezwyklej strukturze, przeważnie gruboziarnista i „kryształowa”, bywa zanieczyszczona nierównomiernie anhydrytem i polihalitytem oraz zawieszoną iltową. Występują w niej też, w niektórych polach połego rozprężenia, większe skupienia polihalitytowe w postaci żył i gniazd. Należy je także uznać za utwór wtórny w dalszym następstwie zjawisk krasowych. Byłyby to bowiem wynik polihalityzacji, która jest dość pospolitym procesem typowej metasomatozy. Przeobrażeniu wtórnemu podlegał gips czapowy lub anhydryt pod działaniem ładu magnezowo-potasowego.

Pochodzenie ładu z jonami  $Mg^{2+}$  i  $K^{+}$ , może mieć różne źródła. Najłatwiejsze byłoby założenie, że migrowały roztwory solne, silnie stężone w wyższym stadium odparowywania jezior słonych. Udało się jednak wykryć bardziej przekonującą możliwość pochodzenia ładu. Przy konstruowaniu jednego przekroju przez okolice Władysławowa zarysował się pagór krasowy jako ostaniec, z zachowanym jeszcze pokładem chlorkowej soli magnezowo-potasowej, po części zwiertzałej, tj. w postaci karnalitowca kizerytowego z kainitem (ryc. 4). Mogłoby to stanowić główne źródło ładu.

Propagując w latach 1960—1963 ideę poszukiwań nad Zatoką Pucką (Prz. geol., 1961, nr 11), autor miał na myśli pokład syngenetycznej soli potasowej typu chlorkowego lub pośredniego i wskazywał przede wszystkim na okolice Władysławowa. Przedmiotem odkrycia stały się, niestety, epigenetyczne skupienia skały polihalitytowej, świadczące o krasowym zniszczeniu złoża syngenetycznego, o czym można było wnioskować wcześniej, bo przed 1970 r. na podstawie petrologicznego studium rdzeni wiertniczych.

Powierzchnia ładu górnopermskiego, częściowo wyrównana przez pozytywne procesy krasowe, została z czasem zupełnie zatopiona i następnie była pokry-

wana osadami ewaporacyjnymi w facji siarczanowo-węglanowej, z udziałem terygeniczej zawiesiny ilowej. Tak powstał górny odcinek (c) w profilu formacji cechsztyńskiej. Mimo bardzo łagodnego ogólnego ułożenia systemów geologicznych w regionie wyniesienia Leby, formacja cechsztyńska została naruszona procesami tektonicznymi. W procesach tych kontrastowo odmiennie zachowywał się środkowy

## SUMMARY

In normal stratigraphic column the Zechstein saline formation is divided into four stages: Z1, Z2, Z3 and Z4, corresponding to particular evaporitic (saline) cyclothems. However, the first geological cross-sections constructed for the area of Leba elevation have shown abnormal profile of the Zechstein. This phenomenon is explained in the following way.

In the area of Leba elevation as well as in adjoining area of Baltic syncline the Zechstein sedimentation started with deposition of typical stratigraphic members of the Z1 stage: (1) Weissliegendes, (2) copper-bearing shale, (3) Zechstein limestone, (4) lower anhydrite and (5) the oldest rock salt. However, close to the end of Z1 times the substratum of Zechstein sedimentary basin was uplifted resulting in emergence of the oldest rock salt layer and a break in normal sedimentation of the evaporites.

Figure 2 shows chronostratigraphic situation during the Late Permian (Zechstein) along the NW-SE section from the vicinities of Leba to Elbląg area. Vertical strokes mark the part of the section corresponding to a gap in normal Zechstein sedimentation. It may be noted that this sedimentary gap also comprises the Z2 stage in the area of Leba elevation.

Close to the end of Z2 epoch, when climate changed from arid to humid, there was an intense development of karst phenomena in Leba elevation area. The oldest rock salt layer was subjected to leaching and there originated hydrographic network comprising dolines and karst depressions and a complex system of underground caves. Negative karst phenomena of such type were more intensely developing in the area of stronger uplift of the substratum (horsts) as it may be noted in the map (Fig. 1). At the end of the Z2 epoch all negative karst forms underwent complete infilling in result of development of positive halogenic karst phenomena. Residuum after solution of the oldest rock salt, i.e. gypsum, formed a typical gypsum cap. The gypsum or anhydrite was locally subjected to further secondary alteration under the influence of magnesium-potassium lye, which resulted in polyhalitization of calcium sulphate, a common metasomatic process.

The negative karst forms were finally filled with brines. „Descendant” salt precipitated from these saturated saline solutions as the main product of positive karst phenomena of halogenic nature. This resulted in complete infilling of crystal caves and karst depressions.

At the beginning of the Z3 epoch the sea of gray saline clay transgressed the Leba elevation area and sedimentation of calcium-sulphate-facies evaporites with a marked admixture of terrigenous clay suspension started.

oddział (odcinek b) tej formacji, tj. kompleks solny, w przeciwstawieniu do oddziału dolnego (a) i górnego (c). Wskutek tego kontakt oddziału środkowego z górnym jest nie tylko powierzchnią nieciągłości sedimentacyjnej, lecz także powierzchnią odklucia. Rozważania na temat niezwykłych zjawisk tektonicznych w opisywanym regionie mogą być tematem osobnego artykułu.

## РЕЗЮМЕ

В нормальной стратиграфической колонке цехштейновое соленосное образование подразделяется на 4 яруса: Z1, Z2, Z3, Z4, которые соответствуют отдельным эвапоритовым (соляным) циклотемам. Уже при составлении первых геологических разрезов через поднятия Лебы оказалось, что цехштейн этого района не укладывается в эту колонку. Автор дает следующее объяснение наблюдающимся здесь явлениям.

В районе поднятия Лебы и в смежных зонах Балтийской синеклизы цехштейновое осадконакопление началось в соответствии с типичной стратиграфической последовательностью яруса Z1: 1) белый лежень, 2) меденосный сланец, 3) цехштейновый известняк, 4) нижний ангидрит, 5) древнейшая каменная соль. Однако, в конце периода Z1 произошло сильное поднятие и осушение пласта каменной соли и в нормальном эвапоритовом осадконакоплении наступил перерыв.

На рисунке 2 показаны хроно-стратиграфические условия верхней перми (цехштейна) вдоль разреза СЗ-ЮВ, от окрестностей Лебы по окрестности Эльблонга. Вертикальной штриховкой на разрезе показан интервал, соответствующий перерыву в нормальной цехштейновой седиментации. На поднятии Лебы этот перерыв охватывает также ярус.

В конце века Z2 сухой климат сменился влажным и на поднятии Лебы началось интенсивное развитие карста. Пласт древнейше каменной соли подвергался выщелачиванию. Сформировалась гидрографическая система карстовых долин, воронок и подземных пещер. Развитие карстовых форм происходило более интенсивно в пределах приподнятых участков (горсты), которые показаны на карте (фиг. 1).

К концу века Z2 все отрицательные карстовые формы были заполнены в итоге проявления положительных, галогенных карстовых процессов. Они выражались в том, что при растворении древнейшей каменной соли на месте оставался гипс и формировалась типичная гипсовая шляпа. В некоторых местах гипс или ангидрит подвергались дальнейшим преобразованиям при воздействии магниезально-калиевых щелочей. Происходила полигалитизация сульфата кальция в качестве простого процесса метасоматоза.

Отрицательные карстовые формы окончательно выполнялись рапой. Из насыщенного соляного раствора выпадала „десцендентная” соль — продукт положительных галогенных карстовых явлений.

В начале века Z3 поднятие Лебы было захвачено трансгрессией моря и накоплением серой соляной глины. Продолжалось осадконакопление эвапоритов в сульфатно-карбонатной фации с богатой примесью терригенной глинистой суспензии.