
Z Zakładu Geografii Wydziału Przyrodniczego U. M. C. S.
Kierownik: Prof. dr Adam Malicki

Adam MALICKI

Kras loessowy.

The karst phenomena in the beds of loess.

W obszarach krasowych, w towarzystwie skalnych wertebów występują również zagłębienia wertebowe, uformowane wśród materiału akumulacyjnego. W wapiennym krasie są to zagłębienia drugo- lub trzeciorzędne, powstałe w pokrywie akumulacyjnej czerwonoziemu (terra rosa), zaścielającej dna wielkich, skalnych form krasowych, nad otwartymi szczelinami, których zdolność przepustowa decyduje o kształcie, wielkości i szybkości rozwoju form wyróżnionych poraz pierwszy przez Cvijića¹⁾ i nazwanych przez niego „Schwemmlanddolinien“.

Na obszarze gipsowego kraju podolskiego spotyka się zagłębienia o bardzo regularnej formie, zbudowane całkowicie w obrębie pokrywy loessowej, zaścielającej w niektórych okolicach skały gipsowe kilkumetrowym płaszczem. Podobnie jak w krasie wapiennym, zagłębienia wytworzone w loessie są związane z istnieniem szczelin w niżej leżących skałach gipsowych²⁾. Jak długo szczeliny i kanały gipsowe są otwarte i przepuszczają wodę opadową, zbierającą się w zagłębieniach pokrywy loessowej, oraz zdolne są przepuszczać przenoszony wdół materiał loessowy, tak długo formy wertebowe istnieją i rozwijają się normalnie.

¹⁾ Cvijić Jovan: Das Karstphänomen. Geograph. Abh. hgb. v. A. Penck. B V. Wien 1893.

²⁾ Malicki Adam: Przyczynek do znajomości zjawisk krasowych w obszarze loessowym. Czasopismo Geograficzne. Lwów 1935.

Malicki Adam: Kras gipsowy Podola Pokuckiego. Prace Geograficzne wyd. p. E. Romera z. XVIII.

Z chwilą zatkania szczeliny, werteb loessowy przestaje się powiększać, rozwój jego ulega zahamowaniu, a z czasem przez procesy złażiskowe może ulec zniszczeniu.

Inną grupę genetyczną przedstawiają te zagłębienia, które rozwijają się w obrębie krasowiejących skał, a które znajdują swoje odbicie w pokrywie materiałów akumulacyjnych. Gdy warstwa akumulacji jest cienka, proces rozwojowy zagłębień wertebowych doprowadzi wkrótce do częściowego lub całkowitego wyprątnięcia akumulacji z zagłębienia i skała krasowiejąca wyjrzy na powierzchnię. Czasem jeszcze spotyka się obszerniejsze zagłębienia, wysłane akumulacją obcą, nie pochodzącą z rozkładu skał krasowiejących. Stwarza to pozory, że w zagłębienia te rozwijają się wyłącznie w obrębie akumulacji, zalegającej na powierzchni skały wapiennej czy gipsowej. Po dokładniejszej obserwacji łatwo jednak ustala się następujące kryteria, wyróżniające formy wertebowe, powstałe w pokrywie akumulacyjnej nad szczelinami, od wertebów, częściowo lub całkowicie maskowych przez akumulację późniejszą od samych zagłębień: Werteb, wysłane na swoich zboczach i dnie późniejszą akumulacją, są z reguły kilkakrotnie większe od zagłębień, tworzących się w pokrywie akumulacyjnej ponad szczelinami skalnymi. Zagłębienia, tworzące się w pokrywie akumulacyjnej możnaby nazwać zagłębieniami usypiskowymi; posiadają one zawsze kształty bardzo regularne, przypominające rozszerzoną, górną część lejka. Nachylenie zboczy, a tym samym i stosunek zachodzący pomiędzy głębokością a średnicą otworu tych wertebów, zależy od charakteru petrograficznego, a głównie odporności na erozję i denudację pokrywy akumulacyjnej. Werteb wykształcone w skałach krasowiejących, mają prawie z reguły nieregularny zarys i nierównomierne nachylone zbocza.

Także na loessach niepodścielonych skałami krasowiejącymi spotyka się zagłębienia wertebowe. Ich obecność związana jest tylko z obszarami znacznej miąższości akumulacji loessowej, z obszarami, gdzie loessy na skutek swej powszechności i dużej miąższości nadają piętno morfologii powierzchni ziemi.

W Europie największą miąższość osiągają loessy w kotlinie Pannońskiej. W wielu miejscach z pod kilkudziesięciometrowej pokrywy loessowej nie odsłaniają się w ogóle, lub tylko nieznacznie starsze utwory³⁾. Na tych właśnie terenach pannońskich najlepiej można studiować charakter form wertebowych i zebrać materiał odnośnie procesów, kształtu-

³⁾ Rungaldier R.: Bemerkungen zur Lössfrage, besonders in Ungarn. Zeitschrift für Geomorphologie B. VIII.

jących morfologię loessowych wysoczyzn. Z pośród wysoczyzn loessowych niziny Węgierskiej danem mi było dokładniej zapoznać się z wysoczyzną Titelską⁴⁾.

Wysoczyzna Titelska przedstawia ciekawą pod wielu względami formę, położoną w widłach spływowych Cisy i Dunaju. Wysoczyzna ma kształt podługowaty, długa na 18 km w kierunku z WNW na ESE. W kierunku poprzecznym mierzy 7 km, tworząc dość foremne, eliptycznego kształtu wzniesienie, wysterczające ponad podmokłe dna dolin. Wierzchowina, przy znacznej rozciągłości i szerokości wysoczyzny, czyni wrażenie płaskiego, równego stoliwa. W rzeczywistości wierzchowina opada nieznacznie w kierunku południowo-zachodnim, w SW części wysoczyzny Titelskiej zaznacza się w osi podłużnej wysoczyzny łagodne wklęsnięcie, wykazujące najmniejsze wysokości bezwzględne (113 m). Od tego zagłębienia ku obu brzegom wysoczyzny rośnie wysokość bezwzględna wierzchowiny, przy czym wzrost na krótszym odcinku południowo-zachodnim jest niewielki, zaledwie kilkumetrowy, na dłuższym zaś odcinku, dzielącym zagłębienie od brzegu północno-wschodniego znacznie większy, wynosząc kilkanaście metrów. Największe wysokości bezwzględne posiada wysoczyzna w swej północno-wschodniej części, osiągając 130 m na samym wschodnim cyplu, wznoszącym się stromo ponad miastem Titelem, oraz w punkcie, leżącym nad samym brzegiem Cisy, w odległości 7,5 km na NNW od Titela.

Zbocza wyniosłości titelskiej są bardzo strome i wysoczyzna urywa się gwałtownie, wznosząc się ponad otaczające niskie równiny w niektórych odcinkach prostopadłymi ścianami loessowymi. Stromość zbocza jest największa na odcinku, ciągnącym się na północ od Titela, gdzie Cisa, zwłaszcza podczas podniesionego wodostanu podmywa bezpośrednio krawędź wyniosłości. Ale nawet także w południowo-zachodniej części wysoczyzny, mimo kilkukilometrowej odległości od koryta Dunaju, zbocze titelskiej wyniosłości loessowej jest strome, tworząc bardzo ostro zarysowany próg morfologiczny wysokości do 55 metrów.

Górny narożnik krawędzi loessowej wysoczyzny rozcięty jest w minimalnym stopniu przez krótkie, niegłębokie dolinki, przypominające tak charakterystyczne dla wyżyn Polski wąwozy i debry loessowe. Nieco więcej rozcięta jest krawędź po południowo-wschodniej stronie, co nie

⁴⁾ Na ciekawy obiekt wysoczyzny Titela zwrócił mi uwagę Dr Sima P. Milojević z Instytutu Geograficznego Uniwersytetu w Belgradzie i w jego towarzystwie zwiedziłem okolice Titela w miesiącu czerwcu 1938 r. Za przysługę oddaną mi w ten sposób składam na tym miejscu Dr. Simie Milojevićowi serdeczne podziękowanie.

dokonało się bez współdziałania człowieka⁵⁾). Na północno-wschodnim brzegu, przypierającym bezpośrednio do Cisy, rozcięcia krawędziowe są szczególnie małe i płytkie. Oglądane od strony rzeki wyglądają na miniaturowe zawieszane doliny. Ludność miejscowa nadaje im nazwę „surduk'ów“. Mniejsze wymiary surduków w tej części wysoczyzny titelskiej w porównaniu z brzegiem południowo-wschodnim, tłumaczy się z jednej strony ustawicznym podcinaniem krawędzi przez Cisę, na skutek czego krawędź cofa się i zawieszane dolinki maleją, z drugiej strony brakiem dróg kołowych, które schodząc z wierzchołków na wąską, zalewową terasę nadrzeczną, przyczyniałyby się wydatnie do pogłębiania się debr.

U podnóża wysoczyzny titelskiej rozciąga się kilka teras, również zbudowanych z loessu. Terasy te stanowią dowody znaczniejszej przedtem rozciągłości wysoczyzny i są śladami stadialnego niszczenia zrebu loessowego przez Dunaj i Cisę. Najobszerniejszą i najwyższą terasą jest poziom, na którym rozsiadła się nowa część miasta Titela. Wysokość tej terasy, odcinającej się bardzo wyraźnym progiem od zalewowego poziomu Dunaju i Cisy, wynosi 10—12 m. Na zachód od terasy titelskiej, bez łączności z wysoczyzną, wznoszą się wśród bagnistych łąk resztki szerokiej, płaskiej, niższej terasy sześciometrowej, na której rozłożyła się wieś Sajkászlak. Słabiej zachowane resztki tej samej terasy towarzyszą podnóżu wysoczyzny na NW od Sajkászlak (Mali Prosiáni, Veliki Siget). Także na północy terasa ta rozwinęta jest wcale pokaźnie, stwarzając dogodne warunki do ulokowania się na niej dużej wsi Mozsor⁶⁾. Odpowiedniki obu teras, (sześć- i dwunasto-metrowej) wykształconych u podnóża wysoczyzny titelskiej, towarzyszą też lewemu brzegowi Dunaju i Cisy. Prawe zaś brzegi obu tych rzek są wysokie, strome i pozbawione teras, na skutek przesuwania się rzek na prawo i podcinania przez Dunaj wypustek gór Fruszka, a przez Cisę — titelskiej wyniosłości loessowej.

W miejscach, gdzie podczas powodzi rzeka podchodzi pod sam brzeg loessowej wyniosłości i podmywając ją, powoduje powstawanie charakterystycznych obrywów, tworzą się efemeryczne stożki obrywkowe i efemeryczne drobne formy, przypominające i swoim wyglądem i swoją

⁵⁾ Wpływ człowieka na tworzenie się i powiększanie wcięć krawędziowych w tej części wysoczyzny uwydatnia się w zależności, zachodzącej pomiędzy długością i głębokością form, a natężeniem ruchu kołowego na drogach polnych. Im bardziej ożywiony jest ruch kołowy na drogach, tym wydatniejsze jest rozcięcie krawędzi.

⁶⁾ Nazwy miejscowości wzięto z map wyd. przez austr. instytut. geograf. 1 : 75 000. Brzmienie tych nazw nie zawsze odpowiada obecnie obowiązującym nazwom miejscowym. Brak jednakże oficjalnych map jugosłowiańskich dla tych obszarów nie pozwolił na dokonanie odpowiedniej poprawki.

genezą do pewnego stopnia terasy. Materiał, pochodzący z oberwanych, wielkich brył loesowych, układa się w nieforemne stożki. Praca płynącej wody ścina powoli hałdy loessowe do płaszczyzny, odpowiadającej głębokości, na którą przypada największa szybkość nurtu. Po opadnięciu rzeki widzi się u podnóża loessowej wysoczyzny, zwłaszcza u podnóża wyniosłości zemuńskiej, wyniosłości silnie niszczonej i podcinanej przez Dunaj, szereg drobnych form terasowych, posiadających jednakowe wzniesienie ponad zwierciadło rzeczne. Jeżeli opadanie wód powodziowych odbywa się etapami, w takim razie na hałdach obrywowych, utworzonych z materiału loessowego, powstaje odpowiednia ilość coraz to niższych stopni. Oczywiście, powyższe formy terasowe nie odznaczają się trwałością i zwykle podczas następnej z kolei powodzi ulegają całkowitemu zniszczeniu.

W stromych zerwach zboczowych wyniosłości titelskiej odsłaniają się od stropu aż niemal do podstawy — wyłącznie loessy. Miąższość zakumulowanych tu pokładów loesowych jest prawie równa wysokości, do której wysoczyzna wznosi się ponad poziom Cisy, i wynosi np. w Titelu około 55 m. W całym, tak miąższym profilu loess nie posiada żadnych obcych domieszek. Typowa dla loessów fauna (*Helix*, *Succinea*, *Pupa*) i skład mechaniczny części kvarcowych ⁷⁾ (29,15% ziarn kvarcowych posiada średnicę poniżej 0,01 mm, 55,23% od 0,01 do 0,05 mm, 13,27% od 0,05 do 0,2 mm) nie różni loessu titelskiego od szeregu innych loessów, zalegających nawet na bezpośrednim przedpolu niżowego zlodowacenia europejskiego.

Na stromych, świeżo oberwanych ścianach loesowych, wznoszących się bezpośrednio nad rzeką Cisą, uwidaczniają się trzy poziomy zglinienia, odpowiadające trzem fazom wilgotniejszego klimatu, podczas których loess bywał na swej powierzchni pozbawiany wapna i tlenkami żelaza barwiony na kolor brunatno-czerwonawy. Idąc od miejscowości Titela w górę rzeki Cisy, obserwuje się poziome pasy zglinienia w następujących horyzontach, licząc od stropu:

- I-szy poziom zglinienia na 10-tym metrze
- II-gi „ „ „ 23-cim metrze
- III-ci „ „ „ 30-tym metrze.

Miąższość warstw zglinionych, czerwonawo-brunatnych wynosi do dwu metrów. Widoczność ich na zboczach titelskiej wyniosłości nie jest tak silna jak na wyniosłości zemuńskiej. Poziomy zglinienia loessowej wy-

⁷⁾ Horusitzky Henrik: Lössterületek Magyarországon. (Die Lössgebiete Ungars). Földtani Közlöny. t. XXVIII. Budapest.,

niosłości zemuńskiej występują wyraźnie na powierzchnię na wschodnim brzegu, na skutek intensywnego podcinania tego brzegu przez Dunaj.

Najbardziej charakterystyczną właściwością loessowej wyniosłości Titela to liczne zagłębienia wertebowe, pokrywające wierzchowinę. Ilość zagłębień wertebowych titelskiej wyniosłości obliczona na podstawie mapy austriackiej 1 : 75 000 przenosi 2.000. co przy 76 km² powierzchni wyżyny daje średnio 26 wertebów na jeden kilometr kwadratowy. Zagłębienia wertebowe na wyniosłości loessowej Titela są przeważnie duże. Średnica ich liczy od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Te wymiary dotyczą wertebów o zarysie okrągłym lub owalnym. Pozatem istnieją tu wertebry o nieregularnym zarysie i wertebry silnie wydłużone, powstałe ze zrośnięcia się dwu, trzech, pięciu i więcej wertebów w jedną całość. Oś podłużna poligenetycznych wertebów wynosi kilkaset metrów, lub nawet przeszło kilometr, przy stosunku osi krótszej do osi dłuższej, wahającym się od 1 : 1,5 do 1 : 6.

Głębokość wertebów titelskich jest nieznaczna i wynosi kilka metrów. Krawędzie zagłębień, a nieraz i sam kształt zagłębień, zmienione zostały przez wielokrotną orkę. Ustawiczne przewalanie pługiem skib powoduje spłykanie wertebów i zacieranie krawędzi, przy równoczesnym powiększaniu ich obwodu.

Na dnie obszerniejszych zagłębień istnieją też mniejsze, drugorzędne zagłębienia, będące wynikiem przerw i odnowień procesów, kształtujących i wytwarzających wertebry.

Wertebry podłużne w przewodzie swej skierowane są w poprzek do osi podłużnej wyniosłości, rozciągającej się z NE ku SW, z N na S, lub z NW na SE. Tylko w podłużnej zakłębłości, istniejącej na wierzchowinie wysoczyzny na N i NE od Tünderes, grupują się wertebry wydłużone o osiach, zorientowanych zgodnie z osią owej dużej zakłębłości.

Występowanie wertebów na wysoczyznach loessowych, znane jest i z innych części niziny Pannońskiej. Cvijić⁸⁾ wspomina o ich istnieniu na płaskowyżu śremskim, pozatem o ich występowaniu koło Zemuna i koło wsi Majsza. Gorjanović⁹⁾ znał je z loessowego płaskowyżu erdutskiego i vukovarskiego. Formy takie znane są też z loessowych terenów Chin. Fuller¹⁰⁾ podaje wiadomość o „studniowatych“ zagłębieniach w loessach chińskich, częstych zwłaszcza w prowincji Kansu. Posiadają one

⁸⁾ Cvijić Jovan: Geomorfologija t. II. cz. V-ta. Beograd 1926.

⁹⁾ Gorjanović Dragutin: Morfoloske i hidrografske prilike srijemskog lusa. Glasnik Geografskog Društva. Geograd 1921.

¹⁰⁾ Fuller Myron: Some unusual erosion features in the loess of China. Geographical Review 1922.

tam wymiary: od 1,5 do 6 m średnicy otworu górnego, od 4,5 do 7 m głębokości. Dna wiertnic chińskich są płaskie lub nieregularne, z małymi otworami, przez które odpływają wody deszczowe. Takie „studnie” loessowe o bardzo stromych ścianach spotykał Fuller — jak już wspomniano, we wschodniej części prowincji Kansu, około 600 mil angielskich na południowy zachód od Pekinu. Studniowate zagłębienia grupują się tam w pobliżu krawędzi loessowych. W pewnej zaś odległości od krawędzi, już na



Ryc. 1. Loessowy, prawy brzeg Cisy na północ od miasta Titela.

Fig. 1 The right bank of Tisza - river built of loess. (North of Titel).

powierzchni plateau loessowych, pojawiają się obszerniejsze, choć płytkie, niekiedy ledwie dostrzegalne okiem płaskie zagłębienia.

Głębokie i o małej średnicy zagłębienia spotykał Zaborski w pobliżu krawędzi płaskowyżów Guadixu w Hiszpanii. Płaskowyże te zbudowane są z pellitów, a skład petrograficzny i mechaniczny tych pellitów jest identyczny z loessami¹¹⁾. Znanne są zagłębienia wiertnicowe i z obszaru

¹¹⁾ Zaborski Bogdan: Krajobrazy „loessowe” w pellitach Guadixu. Kosmos A. 1932.

Polski. Opisuje je K r i e c h b a u m¹²⁾ z okolic Wojsławic w powiecie chełmskim, Z a b o r s k i¹³⁾ z części wyżyny Lubelskiej, rozciągającej się pomiędzy Kazimierzem i Lublinem, Kraśnikiem i Szczebrzeszynom, oraz z Podkarpacia w okolicy Tarnowa. Autorowi znane są tego rodzaju formy z okolicy Sandomierza (Dźurów) oraz Bogorii (pow. Sandomierz).

Na północ od Sandomierza, między folwarkiem Buczkim a wsią Dźurowem pokrywa wyżynę loess o miąższości, dochodzącej do 20 m. Wyżyna pocięta jest charakterystycznymi dla obszarów loesowych debrami. Dna loessowych debr są w górnych częściach wąskie, ale jednostajne. W miarę posuwania się ku dołowi, debry kilkakrotnie naprzemian zwężają się i rozszerzają. Najbardziej jednakże uderza w głównym wąwozie szereg poprzecznych stopni, za pośrednictwem których dno obniża się ku wschodowi. Od wąwozu głównego, wciętego około 10 m poniżej szerokiej wklęsłości, zrastającej się z wierzchowiną, odchodzi szereg krótkich, pobocznych wąwozów, będących z reguły dolinami zawieszonymi. W owych to bocznych, zawieszonych dolinach znachodzą się zamknięte formy wertebowe, powstałe w loessach. Wertebki te posiadają wymiary niewielkie, średnica otworu górnego wynosi maksymalnie 10 m, głębokość 5 m. Wszystkie prawie zagłębienia wertebowe posiadają na swych płaskich dnach otwory ponorowe. Otwór największego ponoru posiadał w sierpniu 1937 r. 30 cm wysokości, 1 m szerokości i wyżłobiony był pomiędzy korzeniami sosny. Inne otwory ponorowe były w tym czasie znacznie mniejsze, ale i one mieściły się wszystkie wśród korzeni, w tym przypadku korzeni krzewów berberysowych. Widocznie wsiąkanie wody w głąb ułatwiają zluźnienia, istniejące wokół korzeni krzewów, względnie drzew.

W wielu odcinkach głównego parowu, zwłaszcza zaś na lewym zboczu parowu, ciągnącego się między wsią Dźurowem a folwarkiem Buczkim, otwierają się amfiteatralne wyżłobienia, podobne do zagłębień karowych (kotlin lodowcowych) o małym przegłębieniu den. Prawie zawsze przegłębienia owe utworzyły się poniżej wychodni warstwy humusowej, wychodzącej na światło na stromym zboczu parowu. Warstwa humusowa, miąższości do 30 cm, zalegająca 2 do 3 m poniżej górnego narożnika głównego wąwozu, odgrywa w procesach erozyjno-denudacyjnych tego terenu specjalną rolę. Kopalna warstwa próchniczna jest trudniej przepuszczalną od warstwy loessu zalegającego powyżej i poniżej niej, jest też bardziej odporną na niszczenie. Dlatego też górna część zbocza powyżej

¹²⁾ Kriechebaum Edward: Studia nad morfologią lessu w południowej części powiatu Chełmskiego. Przegląd Geograficzny t. II. 1920—21.

¹³⁾ Zaborski Bogdan: O zjawiskach podobnych do krasowych w lessach. Prace wykonane w Zakładzie Geograficznym Uniw. Warszaw. Nr. 6. Warszawa 1926

wychodni humusowej jest łagodna, poniżej zaś strona, niekiedy prostopadła. Podczas okresów deszczowych, woda, przesiąkająca przez górne partie loessowe zatrzymuje się na poziomie próchnicy i spływając po nim, wysiada na zboczach parowu. Wysiadające wody, wraz z wodami deszczowymi, spływającymi po powierzchni, spadając z warstwy humusowej w dół, wybijają siłą swego uderzenia u podnóży zbocza, przegłębione jamy.



Ryc. 2. Świeży obryw zbocza loessowego na północ od Titela.

Fig. 2. The new offfalling on the loess - border of the Titel-plateau. (North of Titel).

Poniżej próchnicznej warstwy obserwuje się też wyżłobienia, całkiem przypominające lapiezy. Są to długie, wąskie zagłębienia, o poprzecznym przekroju półokrągłym, biegnące po bardzo silnie nachylonych częściach zboczy. Inne, składają się z szeregu nieregularnych, półotwartych zagłębień, porozdzielanych smukłymi, wysokimi grzebieniami i wysterkami, przybierającymi przy dalszym wzroście zagłębień postać wysokich, smukłych kolumn lub obelisków.

W kilku miejscach powyżej barek głównego parowu istnieją regularne, równoległe do siebie, długie, a niegłębokie brózdy. Zagłębienia te,

przypominają swoim wyglądem brzozy pomiędzy zagonami, które pozostawione są przez długi czas ugięciem.

Dno krótkiej debry, wciętej silnie w wierzchowinę loessową w okolicy Bogorii¹⁴⁾, opada nieregularnymi stopniami, podobnie jak dno głównego parowu w Dżurowie. W kilku miejscach otwierają się na dnie krótkiej debry wąskie czeluście, którymi znikają w głąb wody deszczowe. Poniżej ponorowych otworów na dnie debry wznoszą się zapory, przypominające miniaturowe rygle poprzeczne w zlodowaczonej dolinie. Loessowe zbocza debry przecinają pęknięcia wielkich rozmiarów, wzdłuż których następuje obrywanie się olbrzymich brył loessowych.

Rozszerzanie się szczelin na skutek obsuwania się partii loessu pod ciężarem, na skutek działania mrozu i mechanicznej oraz chemicznej działalności wody, ułatwia powstanie hydrografii podziemnej. Na zboczu wspomnianej debry w okolicy Bogorii, w wysokości 2 m ponad dnem jednego z zagłębień, widnieje na zboczu wylot kanału, przewodzącego chwilami wodę. Odsłonięta w pobliżu ściana loessowa daje wgląd w przekrój typowego loessu, bez śladów warstwowania lub obecności poziomego zglinonego. Prawdopodobnie więc kanał utworzył się wzdłuż pęknięcia, przebiegającego skośnie przez masę skalną loessu, względnie też kanał ów wybity został przez napór wód, które przedostawszy się w głąb pokładów loessowych pionową szczeliną, natrafiły w pewnym miejscu na słaby punkt oporu.

Wylot kanału jest najszerszy u dna. W niewielkiej odległości od wylotu przekrój kanału staje się eliptyczny. U wylotu, na roślinności, porastającej zbocze, zalegał w dniu obserwacji (sierpień 1937 r.) drobny materiał nieregularny, oraz małe otoczaki, utworzone z bardziej spoistych części loessowych. Otoczaki musiały powstać z opadających ze ścian i stropu bryłek, które na krótkiej przestrzeni, dzielącej je od wylotu kanału, zostały częściowo zniszczone, częściowo zamienione na otoczaki.

Jak wynika z powyższych opisów, obszary loessowe prócz zagłębień wertykalnych charakteryzuje jeszcze szereg innych form krasowych. Do typowych dla obszarów loessowych form, pokrewnych zresztą formom krasowym, należą między innymi „naturalne mosty“. Najwięcej wiadomości o „naturalnych mostach“ lub „łukach loessowych“ zawdzięczamy obserwacjom Fullera¹⁵⁾, poczynionych w Chinach. Fuller podkreśla występowanie łuków loessowych w pobliżu krawędzi lub na działach wodnych,

¹⁴⁾ Największe rozdebrzenie istnieje pomiędzy drogą z Bogorii do Małej Wsi i drogą, wiodącą z folwarku Moszyny do wsi Wysokie Duże.

¹⁵⁾ Fuller Myron: Some unusual erosion features in the loess of China. Geographical Review. 1922.

w miejscach schodzenia się dwu, sąsiadujących ze sobą „głowami“ i szybko cofających się na skutek erozji wstecznej — parowów loessowych. Naturalne mosty loessowe powstają wówczas, gdy woda, spływająca w dół pionowymi spękaniem, ma ułatwiony odpływ w kierunku poziomym przez porowate partie loessowe ku pobliskiemu wadołowi, względnie jakiejś innej dużej formie wklęsłej. Opisując dwa przykłady, Fuller podaje wymiary otworu pod łukiem loessowym na trzy stopy szerokości i dziewięć stóp



Ryc. 3. Jeden z większych wertebów, istniejących na powierzchni wyniosłości Titelskiej. O obecności zakłęsłej, formy nieckowatej świadczy nierówna linia drzew, widoczna w środkowej części ryciny.

Fig. 3. One of the dolines, which cover the surface of the elevation of Titel. The presence of this doline is noted only by the curved line of trees.

wysokości. Stosunek: szerokość próżni loessowej równa się połowie jej wysokości, jest według Fullera prawie zawsze zachowany.

Hydrografia podziemna w skałach loessowych przy sprzyjających warunkach stwarza próżnie większe od „naturalnych mostów“. Do tej chwili w literaturze posiadamy tylko jeden opis niewątpliwych, naturalnych jaskiń loessowych¹⁶⁾. W stanie Kansas w Stanach Zj. Am. Półn.

¹⁶⁾ Landes Kenneth: Caverns in loess. Amer. Journal of Science, r. XXV.

w pobliżu Fort Havs, nad brzegiem rzeki, płynącej przez loessową płaszczynę, zapadły się w roku 1927 stropy dwu jaskiń. Jedna z nich mierzyła 51 metrów długości i miała 4,5 do 12 metrów szerokości. Druga jaskinia mniejsza, liczyła 6 metrów długości i do 4,5 metrów szerokości. Od pierwszego, większego zapadliska, odbiegał w stronę koryta rzeczno wąski chodnik jaskiniowy, długości 12 metrów o tak wąskim i niskim otworze, że człowiek mógł się dostać do wnętrza tylko pełzając. Dno chodnika jaskini było zasłane miejscami — materiałem, opadającym ze stropu.

Znacznie więcej istnieje opisów pieczar loessowych, wykorzystanych przez człowieka dla celów mieszkalnych względnie gospodarczych¹⁷⁾. Napewno w wielu przypadkach ma się tu do czynienia z naturalnymi próżniami, ewentualnie rozszerzonymi i przystosowanymi do użytku człowieka, ale z opisów tych niesposób wywnioskować, w jakim stopniu zostały one przez człowieka zmienione, jakie były pierwotne wymiary i wygląd naturalnych kanałów podziemnych, wydrążonych przez wody, krążące w skałach loessowych.

Mała odporność jaskiń loessowych na czynniki niszczące, ich niewielkie wymiary, i chętnie używanie ich przez człowieka dla celów mieszkalnych od czasów prehistorycznych, oto główne powody małej ich znajomości.

Wertebry, jaskinie, „naturalne mosty“, rowki lapiezowe, spotykane na terenach loessowych, stanowią nieodłączny składnik rzeźby krasowej. Występowanie tych form na loessach, uwarunkowane jest składem petrograficznym loessów, a przede wszystkim znaczną domieszką węglanu wapnia. Owa duża domieszka węglanu wapnia w loessach, łatwą przepuszczalność loessów, krążenie wód w głębi pokładów loessowych, składa się na istnienie procesów erozji chemicznej i tworzenie się form krasowych na obszarach loessowych.

¹⁷⁾ Używanie pieczar loessowych dla celów mieszkalnych i gospodarczych stosowane jest powszechnie w Chinach. Poza tym znane są przykłady z Hiszpanii, Węgier, Jugosławii, Rumunii, Niemiec, Polski, półn. Afryki, zachodniej Azji. Zarzucone i nieużywane piwnice podziemne, wygrzebane w loessach, były przyczyną katastrof budowlanych na terenie miast, rozbudowanych nad podziemnym systemem próżni, (vide: a) Scheidig Alfred: Der Löss und seine geotechnischen Eigenschaften. b) Zaboriski Bogdan: Krajobrazy „lessowe“ w pelitach Gaudixu. Kosmos 1932, c) Rathjens Carl: Löss in Tripolitarien. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1928, d) Fuller M. Clapp Fr.: Loess and rock dwellings of Shensi. China. Geograph. Review 1924. e) Szafer Władysław: U progu Sahary. Cieszyn, f) Szaflarski Józef: Osadnictwo podziemne djebel u trypolitańskiego. Wiadom. Służby Geograficznej 1938). Omawiana wyniosłość loessowa Titela posiada na swoich zboczach również szereg mieszkalnych pieczar.

Obszary loessowe, podobnie jak tereny zbudowane ze skał wapiennych i gipsowych, odznaczają się ubogą siecią hydrograficzną na powierzchni i łatwą przepuszczalnością dla wód opadowych. Przepuszczalność jest właściwością typowego loessu, leżącego *in situ*, a więc niezmiennego w swoim składzie petrograficznym i nie pozbawionego swojej właściwej tekstury i struktury. Szybkie przenikanie wód w kierunku pionowym przez skałę loessową odbywa się przy pomocy drobnych kanalików, istniejących pomiędzy ostrokrawędzistymi okruchami ziarn kwarcowych. Ziarna kwarcowe, stanowiące główny składnik loessu, stykają



Ryc. 4. Chaty mieszkalne wygrzebane w loessie na przedmieściu Titela.

Fig. 4. The dwelling houses digged in the slope of loess out. (The suburb of Titel).

się ze sobą dość luźno swoimi ścianami, tworząc na skutek tego okrucowcą budowę i będąc przyczyną wielkiej porowatości loessów. Porowatość skały loessowej rośnie z wielkością domieszki węgla wapnia, który umieszcza się na ścianach ziarn kwarcowych, tworząc na nich białawą patynę, a ziarna zlepiając ze sobą w drobne grupki, na skutek czego pory stają się większe. Po wylugowaniu węgla wapnia z loessu, drobne skupienia ziarn kwarcowych rozpadają się, odstęp pomiędzy ziarnami kwarcowymi maleje, budowa wewnętrzna loessu staje się bardziej zbitą i skała jest trudniej przepuszczalną.

Dlatego to loessy warstwowane, stanowiące w większości przypadków osad wodny, powstały z materiału, dostarczonego przez loess eoliczny i skały, stanowiące podłoże loessowe, są słabo przepuszczalne. Loess warstwowany, przepławiony w wodzie bieżącej, posiada linijne ułożenie cząstek skalnych. pozbawiony jest prawie zawsze węgla wapnia i systemu drobnych kanalików, istniejących w loessach pierwotnych, osadzonych przez wiatr w środowisku suchym.

Zmiana tekstury i struktury w loessach odbywa się też w wyniku procesów złaziskowych na zboczach większych form. Warstwowanie loessów, powstałe na powierzchni przez procesy złaziskowe, jest niespokojne, a ubytek węgla wapnia mniejszy, niż u loessów warstwowanych, osadzonych w zbiornikach wodnych.

Prócz drobnych kanalików, wynikających z budowy okrucowcowej loessów pierwotnych, istnieją też pionowe kanaliki o przekroju kolistym, liczące do 10 metrów długości, a kilka mm średnicy. Są to próżnie, pozostałe po obumarłych roślinach dyluwialnych, które w miarę podnoszenia się akumulacyjnej powierzchni loesowej rosły ku górze, wydobywając się na powierzchnię pyłowej pokrywy.

Wymienić w końcu trzeba także gołym okiem dostrzegalne szczeliny, wiodące nieraz przez całą grubość pokładów loessowych w ich głąb. Szczeliny te tworzone są i rozszerzane intensywnie głównie w okresie przy-mrozków. Ich obecność to wytłumaczenie skłonności loessów do tworzenia śmiałych form. Trwałość silnie nachylonych, nawet pionowych ścian i tworzenie się w loessach przewieszek, zależy od domieszki węgla wapnia, który spaja ze sobą luźne okruchy kwarcowe. Skłonność do tworzenia pionowych ścian i krawędzi jest wspólna loessom i skałom wapiennym, na skutek podobnego składu chemicznego — mniejszej lub większej składowej — przypadającej na węgiel wapnia. Loess posiada nieraz tak znaczną domieszkę wapnia, że nazywany jest marglem loessowym.

Loessy polskie zawierają średnio kilkanaście procent węgla wapnia¹⁸⁾, podobnie tyleż loessy rosyjskie¹⁹⁾. Od tej normy, obowiązującej dla obszaru polskiego i rosyjskiego, odbiega wiele loessów z innych obsza-

¹⁸⁾ Tokarski J.: Studien über den podolischen Löss. Petrographische Analyse eines Lössprofils aus Grzybowice bei Lwów. Bull. Intern. d. l'Acad. Pol. d. Sc. et d. Lettres. Cl. d. Sc. Math. et Nat. Serie A: Sc. Math. 1935.

Tokarski J.: Physiographie des podolischen Lösses und das Problem seiner Stratigraphie. Memoires de l'Acad. Polon. d. Sc. et d. Lettres. Cl. d. Sc. Math. et Nat. Serie A: Sc. Math. 1936.

¹⁹⁾ Malyscheff V.: Le loess. Revue d. Géographie et de Géologie Dynamique, Paris, t. III—VI.

rów. Tak więc znane są współcześnie tworzące się utwory pyłowe na Grenlandii, uważane za loessy²⁰⁾, a nie posiadające zupełnie węgla wapnia; z drugiej strony opisuje St adler z okolic Passawy (Niemcy) loess, zawierający aż ponad 50% CaCO_3 . Na Węgrzech i w południowych Niemczech średnia zawartość węgla wapnia w loessach zdaje się przekraczać stale 20%²¹⁾. Jako średnią, należy przyjąć, że CaCO_3 stanowi 12—25% masy skalnej loessów.



Ryc. 5. Jedna z największych kongrecji wapiennych, wypłukanych przez wody Cisy z pokładów loessowych wyniosłości Titela. Obok kongrecji miara metrowa.

Fig. 5. One of the greatest lime concretes from the loess of Titel plateau. Close by the concrete the meter-measure.

Loess wyniosłości Titelskiej zawiera 22% węgla wapnia²²⁾ i tej przede wszystkim okoliczności, niezależnie od innych jeszcze czynników, o których będzie jeszcze mowa niżej, przypisywać należy powstanie form krasowych na jego wierzcholinie. Wody opadowe, wsiąkające w stropie

²⁰⁾ Nordenskiöld Otto: Einige Züge der physischen Geographie u. d. Entwicklungsgeschichte Süd-Grönlands. Geograph. Zeitschr. 1914.

²¹⁾ Vide: Scheidig A.: Der Löss und seine geotechnischen... op. cit.

²²⁾ Horusitzky Henrik: Lössterületek Magyarországon... op. cit.

loessów titelskich, rozpuszczają węglan wapnia, zawarty w górnym pokładzie loessowym i unoszą go ze sobą w dół, gdzie wydzielają go z powrotem pod postacią konkrecji. Przenikanie wód opadowych przez 55-cio metrowy kompleks loessowy nie odbywa się w sposób jednostajny. Poziomy zglinienia są strefami trudniejszej przepuszczalności²³⁾. Przepuszczalność ta jest kilkakrotnie mniejsza od przepuszczalności loessu typowego, niezglinionego. To sprawia, że po okresach większych opadów, gdy na zglinionej podstawie, która posiada też swoje nierówności, analogiczne do deniwelacji współczesnej powierzchni loessowej, zbierze się dostateczna masa wody, poczyną ona niezależnie od przesiąkania ku dółowi, płynąć po powierzchni pogrzebanej warstwy próchnicznej i wydostawać się z powrotem na powierzchnię na zboczach. Dowody okresowych wpływów wód, krążących po powierzchni kopalnych warstw próchnicznych dostrzega się pod postacią otworów kanałowych różnej wielkości, czerniejących w większości przypadków w stropie zglinionych poziomów. Na zboczach wyniosłości Titelskiej i Zemuńskiej istnieją otwory kanałów naturalnych też wśród warstw typowego loessu, pomiędzy dwiema warstwami próchnicznymi. Krążenie wód wśród loessów odbywa się więc nie tylko na podstawach, wyznaczonych przez zglinione poziomy, ale dostosowuje się też do szczelin, licznie przecinających w różnych kierunkach masy typowej skały loessowej.

Stały poziom wody gruntowej na wyniosłości Titelskiej istnieje na wysokości, odpowiadającej średniemu wodostanowi Cisy i Dunaju. Poziom wody gruntowej utrzymuje się w piaszczystej glinie, względnie gliniastych piaskach, podścielających loess. Podobnie przedstawiają się stunki hydrogeologiczne na Zemuńskiej wyniosłości. W piaszczystej, lub gliniasto-piaszczystej warstwie, leżącej w spągu loessów bije szereg źródeł, pomiędzy którymi są nawet źródła silne, uchodzące odrazu do Dunaju. Erozja wsteczna źródeł wyrzeźbiła niekiedy tunelowe kanały, ciągnące się w głąb zbocza loessowego na kilka metrów. W niemniej licznych przypadkach wypływa woda gruntowa słabo na kontakcie loessów i spagowych glin piaszczystych, względnie piasków, tworząc wysiękowe mokrawiny.

Na poziomie kontaktowym, na którym wybija woda gruntowa na powierzchnię, zalegają masowo konkrecje wapienne. U podnóża wyniosłości

²³⁾ Według badań Sandora (vide: Gorjanović Dragutin: Morfološke i hidrografske prilike srijemskog lessa... op. cit.) przepuszczalność wody w loessach wukowarskich (Slawonia) mierzona w gramach na 24 godz. wynosiła w poszczególnych horyzontach: a) loess typowy stropowy: 669,12, b) I-szy poziom zglinienia: 63,19, c) loess typowy drugi: 215,76, d) II-gi poziom zglinienia: 118,61, e) loess typowy trzeci: 233,04 f) III-ci poziom zglinienia: 139,10, g) loess typowy czwarty: 323,04.

Titelskiej zalegają one w nieznanach chyba gdzieindziej ilościach. Na niektórych odcinkach prawego brzegu Cisy na północ od Titela, konkretne wapienne tworzą istny „bruk“, przypominający „bruk“ morenowy. Do pewnego stopnia tak silne nagromadzenie konkretów wapiennych na terasie zalewowej Cisy można tłumaczyć procesami obrywiskowymi, odbywającymi się nieustannie na tym odcinku. Z materiału obrywiskowego rzeka unosi w pierwszym rzędzie drobny materiał pylasty, a konkretne jako cięższe, pozostawia na miejscu. W ten sposób gromadzą się one coraz liczniej, w coraz to większej ilości, w miarę postępujących procesów obrywiskowych.

Wielkość niektórych konkretów wapiennych przemawia za tym, że tworzą się one głównie w spagowym horyzoncie, zawdzięczając swe wymiary silnemu obładowaniu wód, przesiąkających poprzez loessy — węglanem wapnia.

Na plaży Cisy w północnej części rybackiego przedmieścia Titela znajduje się okazy konkretów loessowych, liczące po kilkadziesiąt cm. w każdym z trzech wymiarów. Okaz przedstawiony na ryc. 5 mierzy 60 x 40 x 30 cm. Podobne okazy nie należą do rzadkości w żwirowisku konkretnym, zaścielającym zalewową terasę Cisy.

Fakt tworzenia się tak olbrzymich konkretów loessowych na wyniosłości Titelskiej znajduje tylko do pewnego stopnia wytłumaczenie w dużym procencie CaCO_3 tamtejszych loessów. Woda deszczowa posiada, jak wiadomo, zdolność rozpuszczania węglanu wapnia w zależności od tego, ile zawiera w sobie dwutlenku węgla. Niezależnie od pobranego w pewnej ilości dwutlenku węgla z powietrza, zaopatruje się woda de-

Tabela I.²⁴⁾

Średnia miesięczna wysokość opadów i średnia ilość dni z opadem.

Titel rok 1890 1899.

Mean monthly rainfall and mean monthly number of days with precipitation of Titel in the 1890 — 1899 y.

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Średnia roczna
opad w mm	32	26,4	47,5	54,2	64	64,5	71,4	38,4	27,8	47,2	46,8	45,6	607·9
Ilość dni z opadem	6,7	6,2	9,8	9,1	11,8	11,1	8,6	5,7	6,2	7,2	7,8	8,6	100·8

²⁴⁾ Średnie obliczone z dostępnych dla mnie w kraju tomów: Jahrbücher d. Königl. Ungar. Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus. Budapest 1890—1899. t. XX—XXIX.

Tabela II.²⁵⁾

Największa suma opadów w ciągu 24^h, notowana na stacji meteorologicznej w Titelu w latach 1896 – 1899.

The highest precipitation during 24^h noted by the meteorological station of Titel during the period of 1896 – 1899 y.

Rok	Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1896	dzień	9	27	29	15	13	26	19	16	21	18	25	8
	opad	3,1	4,4	27,3	16,2	8,3	28,0	22,0	21,6	27,5	14,0	22,6	17,1
1897	dzień	28	8	25	1	20	11	16	9	21	7	30	4
	opad	10,3	15,0	14,2	29,4	24,1	6,4	47,6	20,0	50,7	22,5	8,5	13,5
1898	dzień	22	19	6	4	30	15	6	10	25	14	30	15
	opad	3,0	7,8	9,9	35,2	21,4	13,8	23,1	12,5	12,0	10,2	5,3	7,2
1899	dzień	4	3	24	9	28	17	21	18	24	7	9	8
	opad	22,4	7,8	17,2	26,5	27,2	21,3	24,1	8,0	7,5	15,0	7,0	18,0

Tabela III.²⁶⁾

Średnia miesięczna wysokość opadów Nowego Sadu i Petrovaráđynu. (mm)

Mean monthly rainfall in Novi Sad and Petrovaráđin.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma roczna
Nowy Sad	38	32	46	64	76	86	60	48	60	64	50	43	667 mm
Petrovaráđyn	38	37	39	52	76	79	58	55	53	63	41	39	630 mm

²⁵⁾ Roczniki Jarb. d. Königl. Ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie u. Erdmagnetismus sprzed roku 1896 nie podają maksymalnych dobowych sum opadów.

²⁶⁾ Cyfry zaczerpnięte z pracy H. Renier'a: Die Niederschlagsverteilung in Südosteuropa. Memoires de la Soc. d. Géographie de Beograd. t. I. Beograd 1933.

szczowa weń w akumulacyjnej części profilu glebowego, gdzie następuje skupianie i rozkład substancji organicznych. Łącząc się z dwutlenkiem węgla, przesiąkająca w dół woda rozpuszcza węglan wapnia i unosi go ze sobą. Pobieranie węglanu wapnia z loessów ustaje z chwilą, gdy przesiąkająca w dół woda, zużyje do tego celu cały zapas posiadanego dwutlenku węgla. Nie jest wykluczonym, że kopalne poziomy próchniczne potrafią wzbogacać przesiąkającą w dół wodę w dwutlenek węgla. W takim razie po przejściu przez każdy z poziomów próchnicznych, proces ługowania nabierałby większej mocy.

Największy wpływ bodaj na proces ługowania węglanu wapnia z loessów titelskich posiadają stosunki klimatyczne. Miesiące zimowe, zarówno z powodu zamrożonego podłoża, jak i opadu pod postacią śniegu, nie posiadają żadnego znaczenia w procesie ługowania CaCO_3 z pokładów loessowych. Dla procesu ługowania decydujące są te miesiące, podczas których powłoka glebowa nie jest zamrożoną, a deszcz jest prawie wyłączną postacią opadu. Miejscowość Titel, leżąca w dziedzinie klimatu kontynentalnego basenu Pannońskiego, cechuje charakterystyczny dla tego klimatu rozkład opadów — z maksimum opadów w miesiącach letnich, minimum w miesiącach zimowych. Prócz minimum zimowego zaznacza się krótkie i słabsze minimum jesienne. Także na miesiące wiosenne i wczesnego lata przypada nad dolną Cisą i środkowym Dunajem największa ilość dni z opadem oraz największe sumy opadów w ciągu doby. Krótki okres dziesięciolecia 1890—1899, dla którego obliczono średnie miesięczne sumy opadów i dni z opadem dla Titela, nie dają oczywiście pełnego obrazu stosunków pluwiograficznych. Instruktywnym będzie więc porównanie miesięcznych sum opadowych dla Nowego Sadu i Petrowaraždynu, miejscowości, leżących w niedalekich odległościach od Titela, a dla których istnieją średnie wieloletnie (dla Nowego Sadu za okres 44 lat, dla Petrowaraždynu za okres 23 lat).

Także ilość dni z opadem uzyskana na podstawie dostępnych materiałów dla Titela, nie odzwierciedla dostatecznie, panujących nad dolną Cisą stosunków meteorologicznych podczas miesięcy letnich. Jak bowiem oblicza P. Vujević²⁷⁾ na tym obszarze przypada na lato 30% całej sumy opadów, na wiosnę zaś 27%; ale podczas lata ilość dni z opadem jest czterokrotnie mniejsza w porównaniu z miesiącami wiosennymi. Dokładnie prawie połowa opadów czerwcowych na obszarze Wojwodiny spada

²⁷⁾ Vujević Pavle: Podneble, str. 45—63 w dziele: Kraljevina Jugoslavija. Beograd 1930.

Vujević Pavle: Klima Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca. Recueil de Traux offert á M. J. Cvijić, str. 625—646. Beograd 1924.

podczas silnych burz, wywołanych lokalnymi depresjami barometrycznymi.

Wynika więc z tego, że na obszarach, leżących nad dolną Cisa, najlepsze warunki do przenikania wód atmosferycznych w głąb pokładów loessowych istnieją w miesiącach wiosennych. Miesiące wiosenne otrzymują prawie tak obfite opady jak i miesiące letnie, ale ilość dni z opadem jest kilkakrotnie większa, deszcze mają charakter łagodniejszy. Niższe średnie temperatury miesięcy wiosennych zmniejszają wyparowanie, i przyczyniają się do zwiększenia ilości wód przenikających w głąb. Podczas wczesnych miesięcy wiosennych poziom glebowy i górne pokłady loessu posiadają znaczną ilość wilgoci, pochodzącej ze stajałych śniegów, względnie po deszczowych opadach zimowych. Każdorazowy więc opad wiosenny może stać się początkiem cyklu przenikania wód atmosferycznych aż do spągu loessów.

Wody atmosferyczne, przenikające poprzez cały pokład loessowy, obciążone są węglanem wapnia, który strącany bywa albo w obrębie ławicy spągowej, albo w miejscach wysięków i wypływów wód na światło. Geneza wertebów na powierzchni wyniosłości Titelskiej pozostaje w ścisłym związku z procesami pionowego krążenia wód w loessach, oraz tworzeniem się kukielek loessowych. Oczywiście, objętość masy kongrecyjowej jest tylko częścią objętości zagłębień wertebowych, gdyż tylko część węglanu wapnia, rozpuszczonego przez wody w górnych pokładach, zostaje osadzona w dolnych pokładach i u spągu pod postacią kukielek, reszta zaś uniesiona jest przez wody, wybijające się na powierzchnię. Poza to pionowo krążąca woda działa i mechanicznie, porywa ze sobą drobne, nierozpuszczalne składniki loessu, które albo pozostawia częściowo wraz ze strąconym węglanem wapnia, albo unosi dalej.

O samych formach i genezie zagłębień wertebowych na obszarach loessowych istnieją tylko nieliczne wzmianki. Choć rozmaicie tłumaczono te formy, to większość jednak autorów wiąże ich powstanie z erozją chemiczną. G o r j a n o v i ć uważa, że powstanie większości zagłębień wertebowych w loessach podobne jest do procesu tworzenia się, wg jego mniemania, wertebów na obszarach zbudowanych ze skał wapiennych, t. j. formują się one na skutek załamywania się stropów nad próżniami, utworzonymi ponad zglinionymi poziomami²⁸⁾. Równocześnie jednakże wysuwa G o r j a n o v i ć przypuszczenie, że przynajmniej część zagłębień

²⁸⁾ Jak z powyższego widać, G o r j a n o v i ć hołduje jeszcze przestarzałej teorii odnośnie genezy form krasowych.

znajdujących na wyniosłości Titelskiej, Erdutskiej i Vukovarskiej, powstała pod wpływem geologicznej działalności wiatru²⁹⁾.

Fuller, opisując wertebry loessowe Chin, dopuszcza możliwość słabego, chemicznego rozpuszczania węgla wapnia i formowania się na skutek tego zagłębień wertebowych. Według niego, głównym czynnikiem formotwórczym jest mechaniczna praca wód deszczowych, wpływających gwałtownie w pionowe szczeliny³⁰⁾.

Cvijić dwukrotnie wspomina o istnieniu na powierzchni płaszczyzn loessowych — zagłębień loessowych, podobnych do wertebów, istniejących na krasie wapiennym. Jednak o genezie tych zagłębień nie wypowiada się Cvijić wystarczająco³¹⁾. Jedynie Bulla³²⁾ widzi w wertebach, znalezionych na wierzchołkach loessowych, wyłącznie objawy procesów krasowienia. Do objawów krasowych procesów na wyniosłościach loessowych zalicza Bulla wertebry, zagłębienia „studniowe“ i szczeliny. Procesy erozji chemicznej w loessach są wg Bulli powszechne, i ługowanie węgla wapnia postępuje stopniowo od góry ku dołowi. Tym według niego należy tłumaczyć między innymi także stwierdzony fakt zwiększania się wielkości ziarna składników skały loessowej ku dołowi³³⁾.

W odróżnieniu od wyżej wymienionych badaczy, Kriechbaum³⁴⁾ i Zaboriski przypisują powstanie studniowatych i nieckowatych zagłębień na loessach wyłącznie pracy mechanicznej płynącej wody. Zaboriski wyobraża sobie proces tworzenia zagłębień wertebowych na loessach w sposób następujący: Wody, przesiąkające przez loess typowy ku dołowi, zatrzymuje się na mniej przepuszczalnych warstwach loessu, którymi są wg niego loessy warstwowane, spotykane często w spagu typowej akumulacji eolicznej. Po powierzchni mniej przepuszczalnych, warstwowanych loessów płynie woda, modelująca na kontakcie obu horyzontów podziemne kanały. Po załamaniu się stropów nad kanałami powstają zagłębienia „studniowate“ lub wertebowe na powierzchni loessowego obszaru³⁵⁾. W identyczny sposób wyjaśnia też Zaboriski po-

²⁹⁾ Gorjanović D.: Morfološke i hidrografske prilike... op. cit.

³⁰⁾ Fuller M.: Some unusual erosion features... op. cit.

³¹⁾ Fuller M.: Some unusual erosion features... op. cit.

³²⁾ Bulla B.: Geomorfologija t. II. cz. V.

³³⁾ Bulla B.: Morfológiai megfigyelések magyarországi löszös. Feldrajzi Közlönyek. Budapest 1936.

³⁴⁾ Tą sprawą zajmował się w Polsce J. Tokarski (patrz cyt. nr 18), tłumacząc zmniejszanie się wielkości ziarna loessowego ku górze, stopniowym słabnięciem siły prądów powietrznych, przenoszących z przedpola lodowców materiał skalny.

³⁵⁾ Kriechbaum E.: Studia nad morfologią lessu... op. cit.

³⁶⁾ Zaboriski B.: O zjawiskach podobnych... op. cit.

wstanie podziemnych kanałów i zagłębień w utworach pelitycznych Guadixu³⁶⁾, nazywając charakterystyczne dla nich formy, formami, podobnymi do krasowych³⁷⁾.

Pogląd Fullera i Zaborskiego może słuszny częściowo co do obserwowanych przez nich fragmentów, nie wyświeśla jednak morfologii wyniosłości Titelskiej. Zagłębienia na wyniosłości Titelskiej nie grupują się na jej krawędziach, jak to obserwował gdzieś Fuller i Zaborski, lecz rozmieszczone są równomiernie na całej wierzchowinie. Powstanie więc zagłębień wertebowych wyniosłości Titelskiej nie może się wiązać wyłącznie z silną erozją mechaniczną wód deszczowych, spływających do otwartych przy krawędziach wyniosłej płaszczyzny, szczelin, lecz wiązać się musi także i przede wszystkim z działaniem erozji chemicznej, czynnej powszechnie na całej loessowej wyniosłości. Ten sąd nie wyklucza udziału erozji mechanicznej na loessowym plateau Titela. Wszak i w typowym krasie wapiennym działa nie tylko erozja chemiczna, ale także i mechaniczna, i to zarówno na powierzchni, jak i w podziemnych przewodach wodnych.

Nie można też wiązać powstania wertebów, istniejących na wierzchowinie loessowej wyniosłości Titela, z istnieniem podziemnych kanałów i próżni, nad mniej przepuszczalnymi poziomami. Wprawdzie o istnieniu takich kanałów nad poziomami zglinionymi na plateau Titelskim była poprzednio mowa, jednakże ilość otworów ujściowych kanałów, pojawiających się na zboczach jest zbyt szczupła w stosunku do ilości zagłębień wertebowych, zalegających na wierzchowinie. Przy tak dużej gęstości wertebów na wierzchowinie Titelskiej (26 wertebów średnio na 1 km²), musiałyby się przyjąć istnienie co najmniej kilkakrotnie liczniejszego objętościowo, jeśli nie ilościowo, systemu próżni podziemnych. Tymczasem na zboczach wyniosłości Titela naliczyć można niedużych rozmiarów wyloty kanałów, stanowiących drobny zaledwie odsetek ogólnej ilości zagłębień wertebowych, istniejących na powierzchni. Gdyby pogląd reprezentowany przez Fullera i Zaborskiego był słuszny, należałoby oczekiwać istnienia na powierzchni plateau Titelskiego całego szeregu świeżych rozcięć, posuwających się w tempie bardzo gwałtownym od krawędzi

³⁶⁾ Zaborski B.: Krajobrazy „loessowe“ w pelitach... op. cit.

³⁷⁾ Wbrew temu co sądzi Zaborski, trzeba stanąć na stanowisku łączności form wertebowych Guadixu z erozją chemiczną (przy niewykluczaniu erozji mechanicznej; można się spierać o to, który rodzaj erozji w jednym czy drugim przypadku przeważa). Dowodami na erozję chemiczną w pelitach Guadixu są tamtejsze konkretne wapienne, które jak podaje sam Zaborski, tworzą nawet całe ławice. Obecność konkretów dowodzi obecności węglanu wapnia w pelitach Guadixu i procesów jego ługowania z poziomów stropowych.

ku środkowi wyżyny, łączących ze sobą szereg zagłębień, związanych organicznie z istniejącym w głębi systemem podziemnych kanałów. Tymczasem jak podkreślono na początku, rozcięcia zboczowe (t. zw. tam „surduki“) powstają pod wpływem normalnej erozji liniowej, przy czym i do ich powstania i do ich rozwoju przyczynia się głównie człowiek.

Jeszcze mniej prawdopodobną jest hipoteza D. Gorjanovića o eolicznym powstaniu wertebów na wyniosłościach loessowych. Gdyby zagłębienia plateau miały być wymodelowane przez wiatr, musiałyby one posiadać rozmiary większe, postacie mniej regularne, a w ich towarzystwie powinny się pojawiać formy wydmowe, których brak tutaj zupełnie.

Powszechna obecność węgla wapnia w loesach każe przypuszczać, że procesy chemicznego ługowania i procesy formowania się form krasowych na obszarach loessowych są powszechne. Z tym przypuszczeniem w pozornej sprzeczności pozostaje rzadkie występowanie opisywanych form. Przyczyny tego faktu są dwojakie. Z jednej strony miękkość, słaba stosunkowo odporność loessów, nie pozwala na dłuższe konserwowanie form krasowych w loesach, z drugiej strony do niszczenia tych form przyczynia się człowiek. Pokłady loessowe tworzą najżyźniejsze gleby i stanowią obszary zdawien dawna poddane uprawie rolnej. Coroczna orka i bronowanie powoduje zacieranie się zarysów obwodów wertebowych, a równocześnie powoduje także spłykanie się wszelkich wklęsłości. Łatwe zatykanie się i załamywanie ścian kanałów ponorowych w loesach powoduje przerywanie procesów rozwojowych zagłębień wertebowych i ich zanikanie, na skutek stopniowego niszczenia przez wody opadowe i roztopowe zboczy, a zasypywanie i podwyższanie den. Te dwie przyczyny powodują trudną dostrzegalność form krasowych na obszarach loessowych, co nie jest równoznaczne ze słabym nasileniem procesów, identycznych z procesami, modelującymi wapienne obszary krasowe.

S U M M A R Y

The karst phenomena in the beds of loess.

The object of this study is the plateau of Titel, laying in the confluent of the Tisza-river to the Danube. The plateau of Titel is built of loess. The surface of the elevation of Titel is covered with the dolines in great quantities. On an average 26 of dolines fall on one km² of surface.

The steep slopes, to 55 m. high, consist only of loess. The mechanical composition so as the paleontological contents of the loess of Titel high-

ness are those of the normal, pleistocen loess on the midleuropean lowlands. The contents of CaCO_3 in the loess of Titel is 22%. This great percentage of CaCO_3 is the cause of reason of the „dolines“, which occupy the flat watershed area on the hightness.

The dolines, which are reasing in the loessic beds of Titel have from some tens to some hundreds meters of diameter. The outlines of the most of dolines are oval. They are only a few meter deep, and their outlines and shape of the upper margin are unsteady in consequence of yearly tillage.

The dissolving of CaCO_3 of the loess of Titel is fulfilled by the percolating water. The constant ground water table of the hightness of Titel lays in the average river table of the rivers: Tisza and Danube. On the level of ground water table there ar laying the lime concretes. On the foot of the hightness of Titel the lime concretes are laying in a mass, which is not to be seen in other places. The form of their accumulation suggest the pavement of morainic boulders. This huge accumulation of lime concretes explain partly the fact, that the large parts of the steep slopes fall almost untermittig off.

After each of this offallings the flood waters of the Tisza-river washes the fine-grained material out, but the heavy lime concretes remain in place. The size of lime concretes is exceptionally great. Some are above 0,5 to 0,6 m. and more long and 0,3 to 0,4 m. thick. The greatness of lime concretes in the loess of Titel is the result of the great percentage of CaCO_3 and of the strength the dissolving proces. The strength of the dissolving CaCO_3 depends chiefly of the climatic relations of the region of Titel. The highest rainfalls in this part of the Pannonian bassin occur in spring and in the summer. The total quantity of rainy days is especially great in spring. This are the best conditons in which the pluvial water can percolate in to the loesses. In spring these is little evaporation in consequence of the low temperatures of the air and high quantity of the gravitational water can percolate in the soil and subsoil strata.

In the winter months when the temperature of the air sink below the zero and the soil bottom freezes, the dissolving of the CaCO_3 occur only exceptionally.

The dolines as they are on Titel plateau, appear also on the loessic hightnesses of Zemun, Erdut, Vukovar and Srijem in Yugoslavia. Similar karst formes occur on the loessic areas of China, Pirenean peninsula, in South Germany, in Hungary, in South Poland a. o.

In this essay the autor analyses also the forms, they are in connexion with the karst processes on the loess area of the Sandomierz district (Po-

land). In this district appear not only the dolines within the loessic beds, but also lapies, the „natural bridges“ and small caverns.

All those forms are entirely similar to the karst forms, which occur within the limestone or gypsum beds and they are the results not only of the mechanical erosion as Fuller, Zaboriski a. o. think, but also the result of the chemical erosion.

The general appearance of the CaCO_3 permit us to think, that the karst phenomena should occur commonly within the loessic beds. The relative scarcity of these forms in the loessic areas depends from the little resistance of the loess rock against the mechanical erosion and destruction by the superficial waters. Moreover we must remember, that the loesses represent the areas of the most intensive farming and tillage, which blot small, especially initial forms out and destroy them. On the other hand the percentage of CaCO_3 in the loesses varies from a few % so far as to 50%. This locally variety of the CaCO_3 percentage rules with the topographical dislocation of the karst phenomena within beds of loess. The climatic relations can also increase or weaken the processes of the loessic karst.

Institut of Geography of the University M. Curie-Skłodowska, Lublin
