

Marian HARASIMIUK, Andrzej HENKIEL,
Kazimierz PEKALA

**Rola neotektoniki w rozwoju współczesnych procesów krasowych
w strefie SW krawędzi Wyżyny Lubelskiej i Roztocza**

Роль неотектоники в развитии современных карстовых процессов в зоне SW
уступа Люблинской возвышенности и Розточа

Tectonic Influences on the Development of Recent Karst Processes in the Borderland
of Lublin Upland and Roztocze

Podczas badań geomorfologicznych w strefie krawędziowej Wyżyny Lubelskiej i Roztocza zwrócono uwagę na licznie występujące zagłębienia bezodpływowe. Niektóre z nich były już opisywane w literaturze jako formy krasowe (13). Co do innych można było tylko podejrzewać krasową genezę na podstawie obecności wapieni w podłożu. Dalsze badania wykazały, że zagłębienia bezodpływowe omawianej strefy wiążą się z reguły z procesami krasowymi, mimo że nie spotyka się ich na odsłoniętej powierzchni wapieni. Wszystkie są więc formami reprodukowanymi w pokrywach czwartorzędowych o różnej miąższości.

Zagłębienia krasowe występują w strefie krawędziowej Wyżyny Lubelskiej i Roztocza, od Gościeradowa po Narol (ryc. 1). W skład owej strefy wchodzi peryferie wierzchowiny Roztocza i Wyżyny Lubelskiej obcięte od południo-zachodu krawędzią wewnętrzną, stopień przykrawędziowy i przykrawędziowa część Kotliny Sandomierskiej (13). Strefa ta charakteryzuje się dość złożoną budową geologiczną (2, 3, 4, 6, 14, 15). Cokół Wyżyny Lubelskiej i Roztocza tworzą skały górnej kredy, wykształcone jako opoki i gezy. Na utworach kredowych zalegają osady brzeżnej strefy morza miocenijskiego, które wypełniało zapadlisko przedkarpackie. Osady te reprezentowane są przez trzy zespoły facjalne: wapieni detrytycznych i litotamniowo-detrytycznych, wapieni rafowych (serpulowych, haliotiso-

Tab. 1. Właściwości litologiczne wapieni mioceńskich
Lithological features of the Miocene limestones

Miejscowość Locality	Ciężar włas- ciwy Specific weight G/cm ³	Ciężar objętoś- ciowy Volume weight G/cm ³	Porowatość ogólna General porosity %	Nasiąkliwość wagowa Water absorbption weight %
Wapienie detrytyczne — Detritical limestones				
Baraki	2,68	2,39	11,8	4,3
Węglin	2,71	2,40	11,1	6,2
Janów	2,72	1,54	43,4	22,8
Kocudza	2,72	2,32	14,4	2,9
Kocudza	2,73	2,04	18,9	9,3
Hedwiżyn	2,72	2,52	5,1	2,0
Józefów	2,71	2,55	6,2	1,3
Potoczek	2,69	2,00	23,2	11,6
Wapienie rafowe — Reefy limestones				
Modliborzyce	2,71	2,39	11,8	3,0
Łysaków	2,70	2,48	8,2	1,5
Radzięcin	2,71	2,48	8,5	1,7
Wojciechów	2,70	2,53	6,3	0,8
Wolica	2,70	2,51	7,1	1,8

wych i ostrygowych) oraz ilów krakowieckich. Pod względem stratygraficznym osady te należą do tortonu i sarmatu. Zróżnicowanie facjalne uzależnione jest w dużej mierze od synsedymencyjnej aktywności tektonicznej brzeżnej strefy morza mioceńskiego. W bardziej wewnętrznej części basenu osadzały się margliste ily (facja krakowiecka), zaś bliżej brzegu odkładały się wapienie detrytyczne. Na podwodnych progach i garbach uwarunkowanych tektoniką istniały dogodne warunki do rozwoju raf (14).

Z rozprzestrzenieniem skał wapiennych związane jest występowanie zjawisk krasowych. Wapienie trzeciorzędowe strefy krawędziowej Roztocza i Wyżyny Lubelskiej zawierają od 83,5% do 96,0% CaCO₃, średnio około 92,0%. Niektóre ich właściwości fizyczne przedstawione są w tab. 1. Najistotniejsze różnice pomiędzy wapieniami detrytycznymi a rafowymi dotyczą porowatości i nasiąkliwości. Wapienie rafowe są również słabiej spekane.

Tektonika strefy krawędziowej ma typowe cechy tektoniki zewnętrznej-



Ryc. 1. Rozmieszczenie zagłębień bezodpływowych w strefie SW krawędzi Wyżyny Lubelskiej i Roztocza na tle elementów budowy geologicznej; 1 — kreda górna, opoki i margle, 2 — miocen, wapień rafowe, 3 — miocen, wapień detrytyczne, 4 — miocen, seria krakowiecka, 5 — uskoki, 6 — krawędzie morfologiczne, 7 — krasowe zagłębienia bezodpływowe

The distribution of drainless basins in the SW zone of the Lublin Upland and Roztocze borderland on the background of geological structure elements; 1 — Upper Cretaceous, opoka's and marls, 2 — Miocene, reefy limestones, 3 — Miocene, detrital limestones, 4 — Miocene, Krakowice series, 5 — fault lines, 6 — morphological ledges, 7 — karst drainless basins

Tab. 1. Właściwości litologiczne wapieni mioceńskich

dotyczą porowatości i nasiąkliwości. Wapienie rafowe są również słabiej spekane.

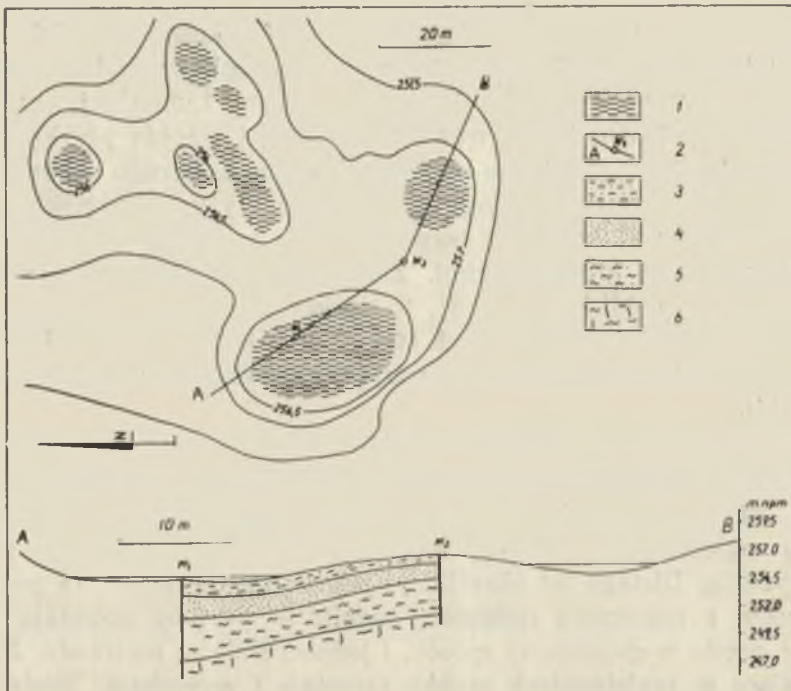
Tektonika strefy krawędziowej ma typowe cechy tektoniki zewnętrznej-

go brzegu zapadliska przedkarpackiego. Swoje zasadnicze rysy otrzymała w górnym miocenie, częściowo synchronicznie z sedymentacją. Jest to tektonika dysjunktywna, złożona z szeregu uskoków normalnych, wskazujących na działanie sił rozciągających (tensji — 5). Struktura krawędzi jest rozpoznana i przedstawiona kartograficznie w części zachodniej przez Bielecką (4) i Muchowskiego (14), w części południowo-wschodniej przez Neyę (15). Natomiast środkowy odcinek krawędzi nie posiada jeszcze szczegółowych publikowanych zdjęć geologicznych. Na podstawie niektórych danych z literatury (2, 13) oraz własnych badań (8, 9) można dla tego odcinka przyjąć ten sam styl tektoniki. Zostało to potwierdzone znalezieniem kilku uskoków i stref uskokowych. Główne elementy tektoniczne strefy krawędziowej to stosunkowo słabo rozpoznane uskoki wewnętrznej krawędzi Roztocza i Wyżyny Lubelskiej, rowy śród-krawędziowe odpowiadające wewnętrznej części stopnia przykrawędziowego oraz brzeżne dyslokacje krawędzi, złożone z szeregu drobnych zrębów. Te ostatnie tworzą zewnętrzną krawędź Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Ustóp owej krawędzi rozpoczyna się zapadlisko przedkarpackie wypełnione łałami krakowieckimi. Zapadlisko to posiada ten sam styl tektoniczny co pobliska krawędź, to znaczy składa się z szeregu coraz niższych, wstecznie przechylonych stopni, w związku z czym lokalnie pod pokrywą serii krakowieckiej występują na niewielkiej głębokości wapienie (3, 14).

Na występowanie zagłębień bezodpływowych w strefie przykrawędziowej Równiny Biłgorajskiej pomiędzy Hedwizynem i Góreckiem zwrócili uwagę Maruszczak i Wilgat (13). Stwierdzili oni związek pomiędzy zagłębieniami i występowaniem wapieni miocenijskich płytko pod powierzchnią. Dlatego też określili je jako formy krasowe. Na podstawie wywiadów z miejscową ludnością podali, że wertebry powstają wspólnie, często w gwałtowny sposób, i jednocześnie są nietrwałe. Jeziorka powstające w zagłębieniach szybko zarastają i wysychają. Wiele zagłębień, zaznaczonych jako jeziorka na mapach z okresu międzywojennego, obecnie zanikło. Inne tworzą się przez raptowne „oberwanie się ziemi”. W opracowaniu dotyczącym krasu okolic Frampola (8, 9) zwrócono uwagę na zagłębienia trzech wymienionych poniżej typów, przy czym także sugerowano ich krasową genezę i bardzo młody wiek. Wyrażono przypuszczenie, że powstawanie zagłębień wiąże się z niedawnym ożywieniem podziemnej cyrkulacji wód w spękanych wapieniach detrytycznych.

Krasowe zagłębienia bezodpływowe można podzielić na trzy typy w zależności od położenia i przebiegu procesów. Na Równinie Biłgorajskiej, u stóp krawędzi, występują koliste lub owalne zakłębienia o średnicy od 50 do 200 m, płytkie i wypełnione wodą lub zabagnione. Rzadziej występują formy wydłużone lub nieregularne. Drugi typ tworzą zagłębienia

występujące na wierzcholinie stopnia przykrawędziowego Roztocza i na przykrawędziowej części Wyżyny Lubelskiej, pokrytej płaszczem czwartorzędowych pyłów i glin pylastych. Są one również okrągłe lub owalne i płytkie — głębokość ich dochodzi do jednego lub dwóch metrów, przy średnicy od kilku do kilkudziesięciu metrów. Wypełnione są wodą i często tworzą zgrupowania w obrębie większych zakłębnień (ryc. 2, fot. 5—8). Do trzeciego typu należą zagłębienia o kształtach lejkowatych (ryc. 3, fot. 1, 3, 4), które zresztą również są reprodukowane w pokrywach czwartorzęd-



Ryc. 2. Grupa zagłębień wypełnionych wodą (jeziorek) koło Janowa; 1 — woda, 2 — punkty wierceń i linia przekroju, 3 — szare pyły humusowe, 4 — gliny piaszczyste i piaski, 5 — gliny i pyły warstwowane, 6 — pyły

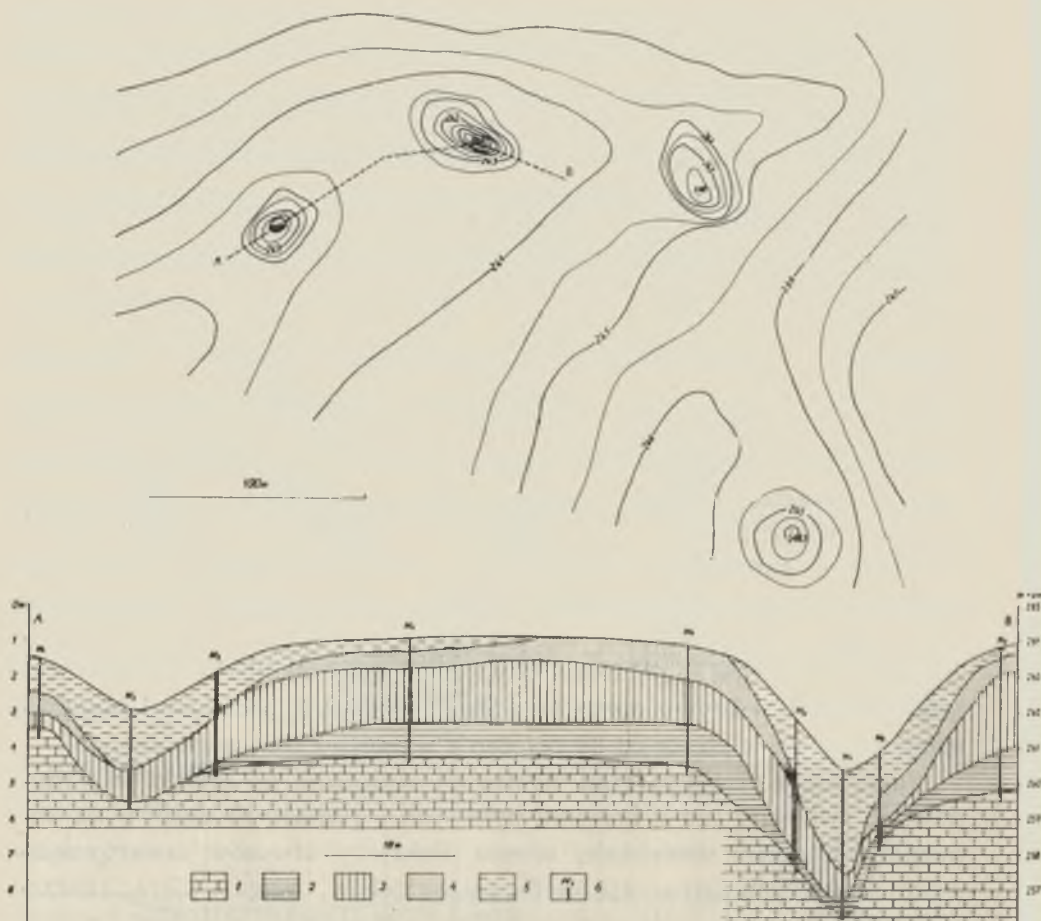
A group of basins filled with water (small lakes) near Janow; 1 — water, 2 — drilling points and section line, 3 — grey humus dusts, 4 — sandy clays and layered dust, 5 — layered clays and dusts, 6 — dusts

dowych. Zagłębienia te, występujące w obrębie stopnia przykrawędziowego i wierzcholiny, przy wymiarach poziomych do trzydziestu kilku metrów mają głębokości przekraczające czasem pięć metrów i są suche.

Dla dokładniejszego określenia genezy przeprowadzono szczegółowe badania form trzech wymienionych grup. W obrębie form grupy pierw-

szej przeprowadzono szereg wierceń w samych zagłębieniach i obok, używając ręcznego świdra. Maksymalna głębokość, do jakiej udało się doprowadzić niektóre wiercenia, wynosiła od 4 do 6 metrów. Nie udało się nigdzie osiągnąć stropu wapieni, który występuje w miejscach badanych na głębokości średniej 10 metrów (informacje z wywiadów studziennych). Wiercenia wykazały, że zagłębienia rozwijają się na pokrywach piaszczystych z wkładkami glin, żwirków i pyłów. Mimo że wykonano szereg wierceń w dnach zagłębień, nigdzie nie stwierdzono występowania wypełnień mineralnych i organicznych. W zagłębieniach suchych występują jedynie gleby o charakterze murszów, osiągające maksymalnie do 40 cm miąższości. W zagłębieniach zaś wypełnionych wodą (w jeziorkach) stwierdzono występowanie piasków pod kilkucentymetrową warstwą świeżych szczątków roślinnych lub parocentymetrową warstwą mułu. Piaski i gliny znajdujące się w dnach zagłębień są niekiedy siwe, słabo oglejone. Często pod dnami jeziorek występują piaski bez śladów oglejenia, zabarwione żółto w całym profilu. Ze względu na trudności wiercenia ręcznym świdrem w zawodnionych, płynnych piaskach nie udało się skonstruować pełnych, dokładnych profilów przez wybrane jeziorka Równiny Biłgorajskiej. Jednak na podstawie niektórych otworów można stwierdzić, iż forma zagłębienia odzwierciedla się w układzie warstw podłoża. Warstwy pokrywy czwartorzędowej występują pod dnami zagłębień niżej, są ugięte w stosunku do położenia w profilu poza zagłębieniem.

Zagłębienia drugiego typu występują wyłącznie na zachód od Fram-pola, co związane jest z brakiem pylastych i gliniastych pokryw na wapieniach w części wschodniej terenu. Pokrywy utworów czwartorzędowych, na których zaznaczają się formy wertebów, osiągają nieraz znaczne miąższości. Są to na ogół utwory pylaste o trudnej do określenia genezie lub też utwory o cechach glin zwałowych. Pyły i gliny w rejonach występowania zagłębień osiągają 8—15 m miąższości. Wiercenia do głębokości 8—9 m przeprowadzone w obrębie wertebów tego typu wykazały, że w dnach jeziorek brak jest mineralnych lub organicznych wypełnień, a gliny i pyły pod jeziorkami nie wykazują śladów oglejenia (ryc. 2). Woda wypełniająca te zagłębienia ma charakter wody zawieszanej, mimo że charakter roślinności wskazuje na wieloletnią, nieprzerwaną jej obecność. Niektóre z jeziorek na wierzchowinie wysychają późnym latem (fot. 2), część jednak zachowuje wodę przez kilka lat bez przerwy. Wiercenia wykonane w bezpośrednim sąsiedztwie jeziorek wykazywały obecność poziomu wody gruntowej na głębokościach często 6—8 m poniżej lustra wody w jeziorku. W pokrywach o wyraźnej stratyfikacji stwierdzono pod zagłębieniami, a także pod całymi zespołami zagłębień wyraźne ugięcie warstw, podobnie jak pod formami pierwszego typu.



Ryc. 3. Grupa zagłębień lejkowatych koło Janowa; 1 — wapienie detrytyczne, 2 — glina, 3 — glina piaszczysta, 4 — piaski i piaski gliniaste, 5 — namuły humusowe, 6 — profile wierceń

A group of funnel shaped basins near Janow; 1 — detrital limestones, 2 — clay, 3 — sandy clay, 4 — sands and clayey sands, 5 — humus silt, 6 — drilling profile

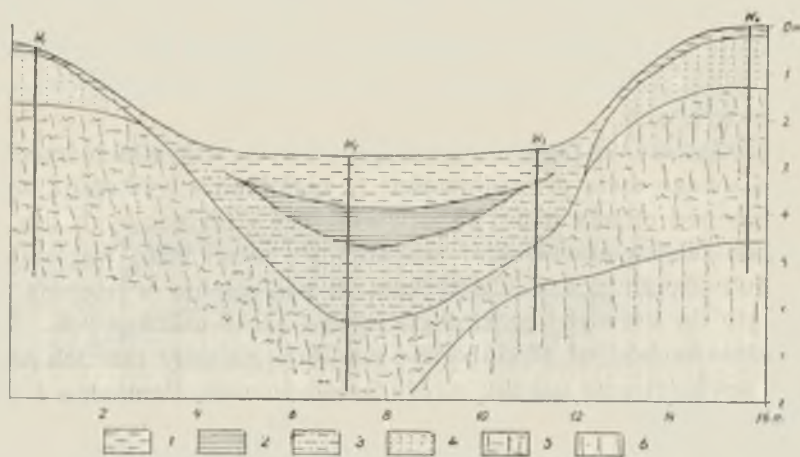
Zagłębienia trzeciego typu związane są z pokrywami o mniejszych miąższościach. W wapiennym podłożu tych zagłębień stwierdzono nierówności odpowiadające wielkością i kształtem formom powierzchniowym (ryc. 3). W obrębie wertebów zauważono ugięcie i częściową redukcję warstw pokrywy. Występują też utwory wypełniające o charakterze mułków humusowych. W spągu wypełnień, a także w samych mułkach spotyka się węgle drzewne oraz fragmenty ceramiki. W jednym przypadku stwierdzono występowanie soczewki słabo rozłożonego torfu (ryc. 4). To zagłębienie jednak znajduje się w niskim położeniu hipsometrycznym,

w obrębie dna rowu śródkrawędziowego koło Frampola. W zagłębieniach omawianej grupy miąższość namulów może dochodzić do 4 m. Według informacji miejscowej ludności wypełniają się one bardzo szybko. Redukcja głębokości zagłębienia o połowę może następować za pamięci jednego pokolenia. Istnieją także zagłębienia chłonne, w których wody roztopowe czy deszczowe zanikają wirując. Jedno z takich zagłębień w okolicy Potoka Kraśnickiego właściciel pola usiłował bez powodzenia zasypać gliną. Zwożony furmankami materiał wmywany był w całości do otworu chłonnego, Formy takie, występujące w suchych dolinach, są prawdziwymi, okresowo czynnymi ponorami. Obserwuje się różnicowanie stopnia rozwoju poszczególnych form nawet w obrębie jednego zgrupowania (ryc. 3, fot. 3 i 4). Podczas gdy niektóre zagłębienia są jeszcze w pełnym rozwoju, inne znajdują się w różnych stadiach wypełniania. Sytuacja taka istnieje na przykład w obrębie grupy zagłębień bezodpływowych na wierzcholinie pomiędzy Janowem i Godziszowem, przedstawionej na rycinie i fotografiach.

W rozmieszczeniu zagłębień bezodpływowych wszystkich trzech typów zwracają uwagę dwie prawidłowości: 1) zagłębienia występują wyłącznie tam, gdzie pod cienką pokrywą utworów czwartorzędowych lub trzeciorzędowych facji krakowieckiej znajdują się miocenne wapienie detrytyczne lub litotamniowo-detrytyczne; 2) zagłębienia występują liniźnie, równoległe do krawędzi morfologicznych i stref uskokowych. Tak więc na południo-zachód od Modliborzyc znajduje się cały łańcuch wertebów na linii zewnętrznego uskoku strefy krawędziowej. Pomiędzy Łychowem a Potokiem zagłębienia układają się równoległe do wyróżnionej przez Bielecką (4) dyslokacji Węglina. Bardzo charakterystyczne łańcuchy jeziorok występują w Kocudzy Górnej w przedłużeniu krawędzi Roztocza ze stwierdzonym uskokiem i w Kocudzy Dolnej wzdłuż widocznej w terenie linii zapadania wapieni pod ily. Najdłuższa, choć niezbyt regularna strefa zagłębień rozciąga się pomiędzy Hedwiżynem i Góreckiem. W północno-zachodnim przedłużeniu linii, w kamieniołomie w Hedwiżynie, obserwowano uskok o amplitudzie zrzutu przekraczającej 20 m, podkreślony przez brekcję tektoniczną o miąższości przekraczającej metr. Na linii tego uskoku rozwijają się zjawiska krasowej cyrkulacji podziemnej (8, 9). W przedłużeniu strefy Hedwiżyn — Górecko ku południo-wschodowi występują progi (szumy) na rzekach Szum, Sopot, Jeleń i Tanew, co do których przyjmowano genezę związaną z młodą tektoniką (7, 11, 13, 16, 17). Dal-
sze przedłużenie tej linii opisuje Ney (15) pod nazwą dyslokacji Płazowa. Można też zauważyć kulisowe przesunięcia linii występowania wertebów, związane z uskokiemi poprzecznymi stwierdzonymi (Modliborzyc), przypuszczalnymi (Janów, Krzemień) i w miejscu zmiany kierunku Roztocza (Frampol). Szereg zagłębień występuje pojedynczo lub w nieregulu-

larnych zgrupowaniach poza liniami głównych dyslokacji znaczonych na publikowanych mapach geologicznych. Jednak i wtedy wiążą się one z występowaniem niewielkich przesunięć uskokowych, co udało się stwierdzić na przykładach z okolic Potoczka i Modliborzyc. Dyslokację w Potoczku, na linii której znajduje się pojedyncze zagłębienie, stwierdzono na podstawie pomiarów głębokości stropu wapieni i granicy występowania facji krakowieckiej. Wzdłuż linii tego uskoku zmienia się również miąższość i wykształcenie pokryw czwartorzędowych.

Genezę zagłębień należy rozpatrywać w związku z tektoniką i występowaniem pokryw czwartorzędowych, w oparciu o wyniki pomiarów i wierceń przeprowadzonych w samych zagłębieniach. Najprostsza wy-



Ryc. 4. Profil zagłębienia bezodpływowego koło Frampola; 1 — pyły humusowe, 2 — torf, 3 — namuły humusowe, 4 — piaski gliniaste, 5 — gliny pylaste, 6 — gliny piaszczyste

A profile of basins without outflow near Frampol; 1 — humus dust, 2 — peat, 3 — humus silt, 4 — clayey sands, 5 — dusty clay, 6 — sandy clay

daje się koncepcja genezy wertebów lejkowatych. Powstają one w związku z rozpuszczaniem wapienia przez infiltrujące w głąb wody, dzięki osiadananiu i częściowemu wmywaniu cienkich pokryw czwartorzędowych w poszerzone szczeliny. Formy te rozwijają się szybko i szybko zanikają. W obrębie jednej grupy mogą występować w różnych fazach rozwoju — od lejów chłonnych do całkowicie już zapełnionych przez produkty erozji gleb. Ponieważ w określonym zespole jedno zagłębienie z reguły jest w stanie pełnego rozwoju, a inne w różnych fazach zaniku można przypuszczać, że w danym miejscu funkcjonuje jeden lej chłonący wody opadowe z sąsiedniego terenu. Dopiero w momencie zatkania szczelin prze-

chodzi on w fazę wypełniania, a obok powstaje następny. Wydaje się, że warunkiem rozwoju zagłębień tego typu jest stosunkowo płytkie występowanie wapieni i nadkład pokryw o znacznej przepuszczalności (piaski, piaski gliniaste i gliny piaszczyste).

Płytkie zagłębienia miseczkowate z wodą (jeziorka) na wierzchowinie i na stopniu przykrawędziowym związane są z ilastymi, gliniastymi i gliniasto-piaszczystymi pokrywami o miąższości 8—15 m. Wiercenia, przeprowadzone w dnach tych wertebów do głębokości 8,5—9,0 m, nie wykazały żadnych zmian w pokrywach w stosunku do otaczającego terenu. Można zauważyć jedynie nieznaczne ugięcie warstw (ryc. 2), odpowiadające formie zagłębienia. Na podstawie obserwacji w głębokich odsłonięciach, w wąwozach w okolicy Modliborzyc i przede wszystkim w kamieniołomie w Janowie, można przypuszczać, iż pewną rolę odgrywają tu piaski, z reguły podścielające utwory gliniaste. W kamieniołomie w Janowie widać jak w niektórych częściach ścian 7-metrowy pokład glin zwalowych leży na metrowej warstwie piasków, gdy w innych fragmentach odsłonięcia glina spoczywa bezpośrednio na wapieniu, a piaski wypełniają poszerzone szczeliny. Tak więc można przyjąć, że w podobnych warunkach wertebry tworzą się dzięki osiadananiu górnej, gliniastej lub pylastej części pokryw, wywołanemu usunięciem (wmyciem w szczeliny) dolnych, bardziej piaszczystych elementów pokryw. Nie jest wykluczone lokalne obniżanie powierzchni wapieni dzięki korozyjnej działalności wody stagnującej w pokrywach, a także dzięki zapadaniu się próżni (kawern) w wapieniach. Na tę ostatnią możliwość wskazują dane ze wsi Karkówka, położonej na dyslokacji Węglina pomiędzy Łychowem i Potokiem. We wsi tej znajduje się kilka wierzchowinowych jezior (fot. 2), w rejonie których wapień występuje na głębokości 10—15 m pod przykryciem glin i pyłów. Przy kopaniu studni w wapieniach detrytycznych przykrytych wapieniami rafowymi stwierdzono istnienie obszernych kawern. Są one stosunkowo rozległe przy wysokości przekraczającej 2 m („można chodzić w pozycji wyprostowanej”). Dna ich zawałone są odpadającymi od stropu złomami skalnymi. Niewykluczone, że jeziorka w Karkówce powstały dzięki zapadaniu się takich kawern. Dowodów na istnienie próżni w wapieniach dostarczają również wiercenia hydrogeologiczne z okolic Salomina, Frampola czy też wywiady studzienne w Stojeszynie i Potoku.

Zagłębienia na przedpolu krawędzi, na terenie Równiny Biłgorajskiej trzeba rozpatrywać w dwóch odrębnych strefach. W części wschodniej powstają one na wapieniach przykrytych tylko parometrowym nadkładem piasków czwartorzędowych (13). W części zachodniej, począwszy od okolic Frampola, tworzą się pod przykryciem ilów krakowieckich i gliniasto-piaszczystych pokryw czwartorzędowych o łącznej miąższości od kilku do ponad 20 m. Dane wiertnicze w tej strefie pozwalają

na określenie położenia stropu wapieni na głębokości 6—10 m w Barakach, 16 m w Potoczku, 5—18 m w Janowie, 9—15 m w Zofiance, 10—30 m w Dzwoli, do 24 m w Kocudzy i 6—16 m we Frampolu. Głębokość zagłębienia wapieni pod serią krakowiecką jest zatem różna i lokalnie może zmniejszać się w miarę oddalania od krawędzi. Wynika to z występowania stopni tektonicznych o wstecznie przechylonych powierzchniach (uskoiki antytetyczne).

Genezę jeziorok południowo-wschodniej części przedpola krawędzi Roztocza omawiali *M a r u s z c z a k i W i l g a t* (13). Stwierdzili oni, że zagłębienia tworzą się współcześnie dzięki procesom wmywania piasku w szczeliny i kanały oraz zapadaniu się kawern w wapieniach. Obszerne, poszerzone przez korozję kanały, wypełnione płynącą wodą lub suche, obserwowano parokrotnie w kamieniołomie w Hedwizynie (8, 9). Jak już wspomniano, kamieniołom ten zlokalizowany jest na przedłużeniu linii łańcucha jeziorok.

Geneza zagłębień występujących w części zachodniej Równiny Biłgorajskiej jest trudniejsza do wyjaśnienia ze względu na istnienie grubego płaszcza utworów gliniastych i ilastych. Niewątpliwie jednak istnieje związek ze stosunkowo płytko występującymi w podłożu wapieniami i ze strefami tektonicznymi. Brak jest dokładniejszych danych pozwalających na wyjaśnienie genezy tych form. Problem ten należy odłożyć do dalszych badań, opartych na pracach wiertniczych.

Mimo iż geneza pewnej części zagłębień nie została dostatecznie wyjaśniona (szczególnie dla NW części Równiny Biłgorajskiej), można wyciągnąć pewne ogólne wnioski na podstawie rozmieszczenia i charakterystyki pozostałych badanych form. Przede wszystkim należy stwierdzić, że zagłębienia te są młode i rozwijają się współcześnie. Dowodem na to jest wspomniany wyżej brak wypełnień organicznych czy organiczno-mineralnych płytkich form wypełnionych wodą (jeziorok). W utworach czwartorzędowych znajdujących się pod dnami tych form nie obserwuje się zmian (poza ugięciem warstw), które wskazywałyby na działanie procesów związanych z długotrwałą stagnacją wody na powierzchni. W wertebach lejkowatych obserwuje się co prawda wypełnienie mineralne niektórych form, jednak zawsze w zgrupowaniach takich wertebów istnieją formy czynne, a utwory wypełniające można powiązać z działalnością gospodarczą człowieka. Podobne formy na wapieniach trzeciorzędowych z okolic Staszowa opisał *S z c z e p a n e k* (18). Wypełnione są one torfami o miąższości dochodzącej tam do 10 m. Na podstawie badań paleobotanicznych stwierdził on, że początek wypełniania niektórych form przypadał przed młodszym dryasem. Inne formy powstały u schyłku okresu atlantyckiego i w okresie subatlantyckim. Miąższość utworów subatlantyckich wypełniających zagłębienia dochodzi do 3 m. Dane te wydają się

również przemawiać za bardzo młodym wiekiem form strefy krawędziowej Rostocza i Wyżyny Lubelskiej. W porównaniu z krasem staszowskim, opisanym przez Szczepanką (18), zagłębienia strefy krawędziowej są znacznie młodsze i o wiele mniej zróżnicowane wiekowo. Mimo niewielkich różnic w stadium zaawansowania rozwoju pojedynczych form w obrębie poszczególnych zgrupowań zagłębień lejkowatych można w skali geologicznej uznać zapoczątkowanie ich rozwoju za synchroniczne dla całego rozpatrywanego obszaru. W związku z tym nasuwa się myśl, że rozwój zagłębień bezodpływowych w południowo-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i Rostocza oraz w strefie przykrawędziowej Niziny Sandomierskiej nastąpił pod wpływem określonego impulsu. Musiał on w stosunkowo niedawnym czasie objąć swym wpływem całą strefę krawędziową. Biorąc pod uwagę związek zagłębień z liniami uskoków, można wnioskować, iż impuls ten dały procesy neotektoniczne.

Za związkiem zagłębień bezodpływowych omawianej strefy z tektoniką przemawia nie tylko ich rozmieszczenie, lecz także charakter samych uskoku. Tektonika tej strefy, podobnie jak całego północnego obrzeżenia zapadliska przedkarpackiego, ma charakter tensyjny. Zrzuty utworzone są dzięki siłom rozciągającym (5). Każde odmłodzenie takiej tektoniki pociąga za sobą rozszerzanie szczelin i rozluźnianie masywu skalnego, ułatwiające infiltrację wody. Na niedawne odmłodzenie linii tektonicznych wskazuje obecność rozwartych i niewypełnionych szczelin, zgodnych z przebiegiem uskoku. Szczeliny takie, rozwarłe na szerokość od 5 do 20 i więcej centymetrów, autorzy obserwowali wielokrotnie. W Kocudzy, gdzie sięgają one prawie do powierzchni topograficznej, występują wzdłuż zewnętrznej krawędzi stopnia przykrawędziowego. Na linii krawędzi Rostocza, na wzgórzu Chełmik koło Frampola, obserwowano podobne szczeliny w odległości kilkunastu metrów od strefy brekcji tektonicznej głównego uskoku krawędzi. Bardzo ciekawe fakty zebrano we wsi Stawki koło Potoczka. Występuje tam rozwarła na 20 cm szczelina, równoległa do pobliskiej krawędzi, w kamieniołomie położonym na dnie obniżenia denudacyjnego. Szczelina ta przebiega prostopadle do ścian eksploatacyjnych niewielkiego łomiku. Położenie szczeliny i jej kierunek wyklucza związek z ewentualnymi procesami grawitacyjnego „rozluźnienia” grzbietu wzgórza lub załomu krawędzi, a także wyklucza jej związek z czynnikami wynikającymi z eksploatacji kamieniołomu. Liczne szczeliny równoległe do krawędzi występują w kamieniołomie „Pardysówka” w Józefowie, na zewnętrznej granicy Rostocza. Niektóre z tych szczelin, o szerokości 10—20 cm, wypełnione są gliną piaszczystą barwy żółtawej. Inne, otwarte, dochodzą do 30 cm szerokości i nie wykazują śladów wypełniania ani rozmyć. Ich charakter i stosunek do szczelin wypełnionych przemawia za wiekiem młodszym. Wzdłuż szczelin obserwuje

się przesunięcia warstw wapieni. W szczelinach wypełnionych A reń (1) odnalazł szczątki fauny, opracowane następnie przez zespół paleontologów (12). Fauna mięczaków, płazów, gadów i drobnych ssaków świadczy o wypełnianiu szczelin starszej generacji w okresie atlantyckim. Pośrednio wskazuje to na wiek szczelin nie wypełnionych. Obserwacje takie potwierdzają tezę o istnieniu potomnych ruchów tektonicznych, wysuniętą przez N e y a (15) na podstawie badań strefy krawędziowej Roztocza Południowego.

Rozwarte szczeliny chłoną wodę, co ułatwia wmywanie luźnych pokryw oraz przyspiesza korozyjne obniżanie powierzchni wapieni. Oba te procesy prowadzą w konsekwencji do powstania zagłębień na powierzchni topograficznej. Woda płynąca szczelinami może tworzyć w mało odpornych wapieniach detrytycznych obszerne kawerny, których zapadanie przyczynia się do powstawania wertebów. Istotną rolę odgrywają także pokrywy czwartorzędowe. Gromadzą one wody opadowe, przedłużają ich kontakt z wapieniami, wmywane w szczeliny biernie uczestniczą w powstawaniu form wklęsłych na powierzchni.

Odrębnym zagadnieniem jest brak zagłębień bezodpływowych na wapieniach rafowych. Wapienie te są związane z poszczególnymi, nie rozbitymi wtórnie zrębami i w związku z tym wykazują znacznie słabsze uszczelinienie niż wapienie detrytyczne. Wapienie rafowe poza tym tworzą niewielkie formy wypukłe, dzięki czemu nie gromadzą większej ilości wody. Wreszcie na wzgórzach zbudowanych z wapieni rafowych brak jest grubszych pokryw czwartorzędowych, które odgrywają określoną rolę w powstawaniu zagłębień.

LITERATURA

1. A reń B.: Cmentarzysko nietoperzy w kamieniołomach józefowskich. *Przegl. Geol.*, 4, 1956, ss. 528—529.
2. A reń B.: Miocen Roztocza Lubelskiego pomiędzy Sanną i Tanwią (The Miocene of the Lublin Roztocze Range between the Sanna and Tanew Rivers). *Prace IG*, 30, 3, Warszawa 1962, ss. 5—81.
3. A reń B.: Miocen Roztocza. *Przewodnik XLII Zjazdu PTG*, Warszawa 1971, ss. 184—188.
4. Bielecka M.: Trzeciorząd południowo-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej (The Tertiary of the South-Western Part of the Lublin Upland). *Biuletyn IG*, 206, Warszawa 1967, ss. 115—180.
5. Bogacz K.: Budowa geologiczna północnego obrzeżenia Rowu Krzeszowickiego (The Geological Structure of the Northern Border of the Krzeszowice Graben). PAN, Oddział w Krakowie, *Kom. Nauk Geol., Prace Geol.*, 41, Warszawa 1967.
6. Brzezińska M.: Miocen z pogranicza Roztocza Zachodniego i Kotliny Sandomierskiej (The Miocene of the Boundary Zone between the Western Roztocze and Sandomierz Depression). *Biuletyn IG*, 158, Warszawa 1961, ss. 5—111.

7. Chałubińska A., Kęsik A., Wilgat T.: Okolice Suśca. Przewodnik V Zjazdu PTG, Lublin 1954, ss. 108—124.
8. Harasimiuk M., Henkiel A., Pękala K.: Kras okolic Frampola (Karst Phenomena in the Neighborhood of Frampol). *Speleologia*, 4, Warszawa 1969, ss. 39—51.
9. Harasimiuk M., Henkiel A., Pękala K.: Rozwój zjawisk krasowych okolic Frampola w pliocenie i czwartorzędzie (Development of Karst Processes in the Vicinity of Frampol during the Pliocene and the Quaternary). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XXIV (1969), Lublin 1971, ss. 149—194.
10. Harasimiuk M., Henkiel A., Pękala K.: Zagłębienia bezodpływowe w strefie południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i Roztocza (Drainless Depressions in the Borderland of Lublin Upland and Roztocze). *Speleologia*, 6, Warszawa 1971, ss. 2—22.
11. Jahn A.: Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd (Geomorphology and Quaternary History of Lublin Upland). PAN, IG, *Prace Geogr.*, 7, Warszawa 1956.
12. Kowalski K., Młynarski M., Wiktor A., Wołoszyn B.: Postglacialna fauna z Józefowa, pow. Biłgoraj (The Postglacial Fauna from Józefów in the Biłgoraj District). *Folia Quaternaria*, 14, Kraków 1963.
13. Maruszczak H., Wilgat T.: Rzeźba strefy krawędziowej Roztocza Środkowego (Le relief de la zone lisière du Roztocze Central). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. X (1955), Lublin 1956, ss. 1—109.
14. Muchowski J.: Wpływ aktywności tektonicznej strefy krawędziowej Wyżyny Lubelskiej na zróżnicowanie facjalne i rozprzestrzenienie morskich osadów miocenijskich. *Przeł. Geol.*, 18, 1970, ss. 398—400.
15. Ney R.: Miocen południowego Roztocza między Horyńcem a Łowczą i przyległego obszaru Zapadliska Przedkarpacciego (The Miocene of the Southern Roztocze between Horyniec and Łowcza and of the adjacent Area of the Carpathian Foredeep). PAN, Oddział w Krakowie, *Kom. Nauk Geol., Prace Geol.*, 60, Warszawa 1969.
16. Nowak J.: Z wycieczki w Narolyszczynę. *Ziemia*, 7, 1922, ss. 127—128.
17. Samsonowicz J.: Szkic geologiczny okolic Rachowa nad Wisłą oraz transgresję albu i cenomanu w bruzdzie północno-europejskiej (Esquisse géologique des environs de Rachów sur la Vistule et les transgression de l'Albien et de Cénomaniens dans le sillon nord-européen). *Sprawozdania PIG*, 3, Warszawa 1925—26, ss. 45—119.
18. Szczepanek K.: Kras staszowski w świetle wyników wstępnych badań paleobotanicznych (The Staszów Karst in the Light of the Results of Preliminary Paleobotanic Studies). *Folia Quaternaria*, 29, Kraków 1968, ss. 49—57.

OBJAŚNIENIA FOTOGRAFII

Fot. 1. Zagłębienia lejcowate na wierzcholinie Roztocza koło Frampola (fot. A. Henkiel).

Fot. 2. Zagłębienie z wodą (jeziorko) zarosłe roślinnością wodną na wierzcholinie koło Potoka w Karkówce (fot. A. Henkiel).

Fot. 3. Zagłębienie lejcowate koło Janowa (fot. M. Harasimiuk).

Fot. 4. Częściowo wypełnione zagłębienie lejcowate koło Janowa (fot. M. Harasimiuk).

Fot. 5. Jeziorko koło Janowa (fot. M. Harasimiuk).

Fot. 6. Jezioro koło Janowa (fot. M. Harasimiuk).

Fot. 7. Grupa jezior koło Janowa (fot. K. Pękala).

Fot. 8. Grupa jezior koło Janowa (fot. M. Harasimiuk).

РЕЗЮМЕ

Краевая зона Люблинской возвышенности является отрезком северного уступа предкарпатской впадины и обладает довольно сложным геологическим строением. На меловых породах в эпоху верхнего миоцена накопились детритовые и рифовые известняки прибрежной зоны моря, которое заполнило впадину. В более внутренней части бассейна в это время накопились глинисто-мергелистые породы (краковецкая свита). Во время этой седиментации происходили тектонические движения дизъюнктивного характера. Благодаря им образовалась настоящая ступенчатая структура краевого уступа.

В эпоху плиоцена и плейстоцена в рассматриваемой зоне на миоценовых известняках развивались карстовые явления, в настоящее время известные в ископаемой форме. В настоящее время в этой зоне развиваются карстовые углубления, репродуцированные в покрове четвертичных образований. На равнине у подошвы краевого уступа находятся обширные и мелкие, заболоченные или заполненные водой углубления. Они репродуцируются в покровах плейстоценовых песков и глинах краковецкой свиты, под которыми на небольшой глубине (до 15 м) выступают миоценовые известняки. На ступени этой зоны краевого уступа находятся небольшие и неглубокие озера и более глубокие сухие воронки, репродуцированные в плейстоценовых суглинках.

Рассматриваемые бессточные углубления расположены вдоль установленных и возможных сбросов. Эти углубления молоды; наблюдаются формы, находящиеся на разных стадиях развития и даже образования новых воронок. Их генезис можно связать с недавней, вероятно, происходящей в младшем голоцене, регенерацией старых миоценовых тектонических линий. Эти углубления образовались в результате вымывания материала в открытые сбросовые и зияющие трещины при участии коррозии известняков путем впитывания воды и даже в результате обваливания каверн, образованных вдоль линии течения подземных карстовых вод.

ПОДПИСИ ПОД РИСУНКАМИ И ФОТОГРАФИЯМИ ПОДПИСИ ПОД РИСУНКАМИ И ФОТОГРАФИЯМИ

Рис. 1. Расположение бессточных углублений в зоне краевого уступа Люблинской возвышенности и Розточа на фоне элементов геологического строения; 1 — верхний



Fot. 1

13



Fot. 2

Marian Harasimiuk, Andrzej Henkiel, Kazimierz Pękala



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6



Fot. 7



Fot. 8

мел, опока, мергель, 2 — миоцен, рифовые известняки, 3 — миоцен, детритовые известняки, 4 — миоцен краковецкая свита, 5 — сбросы, 6 — морфологические уступы, 7 — карстовые бессточные углубления.

Рис. 2. Группа углублений, заполненных водой (озера) около Янова; 1 — вода, 2 — пункты бурения и линия разреза, 3 — серые гумусовые суглинки, 4 — песчаные глины, 5 — слаистые глины и суглинки, 6 — суглинок.

Рис. 3. Группа воронкообразных впадин около Янова; 1 — детритовые известняки, 2 — глина, 3 — суглинок, 4 — пески и песчаный суглинок, 5 — гумусовые наносы, 6 — профили бурения.

Рис. 4. Профиль бессточной воронки около Фрамполя; 1 — гумусовый суглинок, 2 — торф, 3 — гумусовые наносы, 4 — песчаный суглинок, 5 — пыльные глины, 6 — песчаные глины.

Фото 1. Воронкообразные углубления на поверхности Розточа около Фрамполя (Фото Хенкеля).

Фото 2. Впадина с водой (озерцо), заросшая водной растительностью на возвышенности около Потока в Каркувце (фото Хенкеля).

Фото 3. Воронкообразное углубление около Янова (фото М. Гарасимюка).

Фото 4. Частично заполненное воронкообразное углубление около Янова (фото Гарасимюка).

Фото 5. Озерцо около Янова (Фото Гарасимюка).

Фото 6. Озерцо около Янова (фото Гарасимюка).

Фото 7. Группа озерец около Янова (фото К. Пенкаля).

Фото 8. Группа озерец около Янова (фото Гарасимюка).

SUMMARY

The Lublin Upland and Roztocze borderland is a part of the northern edge of the Carpathian Foredeep. This region is characterised by a complicated geological structure. Detritical and reefy limestones of the sea shore zone have settled on the Cretaceous rocks of the Upper Miocene. The Krakowiec clays have settled in the inmost part of the sea basin. Tectonical movements came around synchronically with sedimentation. Owing to them the present tier structure of the border was created.

Karst features are developing on the Miocene limestones of the Pliocene and Pleistocene in this region. There are many fossil forms which are covered by Eopleistocene deposits.

Karst funnels of this zone which are reproduced in a Quaternary cover are developing now. There are depressions under the border which are large but shallow, spoiled or filled with water. These depressions are developing in the thin (up to 15 m) covers of Quaternary sands or Krakowiec clays which are layered on the limestones. In the Pleistocene silts on the border steps small and shallow lakes as well as deeper, dry sinkholes have developed. The silts layered on the limestones have a maximum thickness of about 14 m.

The borderland karst dolines are distributed along the zone of ascertained and supposed fault lines. These forms are young. We can observe them in various phases of development and also the rising of new ones. The genesis of the forms is connected with recent renovation of older (Miocene) fault lines. Depression have been raised as a common effect of three main processes: 1st. suffosion of sands and sandy silts into open fissure faults and diaclases, 2nd. corosion of the entire face of the limestones by waters which are sucked into the fissures, 3rd. through the sinking of caverns which have been raised in little resistant limestones along the lines of intensive underground water flow.

EXPLANATION TO PHOTOS

Photo 1. Funnel shaped basins on the surface of the Roztocze near Frampol (Photo. A. Henkiel).

Photo 2. Basins with water (small lakes) overgrown with water plants near Potok in Karkówka (Photo. A. Henkiel).

Photo 3. Funnel shaped basins near Janow (Photo. M. Harasimiuk).

Photo 4. Partly filled funnel shaped basin near Janow (Photo. M. Harasimiuk).

Photo 5. Small lake near Janow (Photo. M. Harasimiuk).

Photo 6. Small lake near Janow (Photo. M. Harasimiuk).

Photo 7. A group of small lakes near Janow (Photo. K. Pękala).

Photo 8. A group of small lakes near Janow (Photo. M. Harasimiuk).