

STEFAN KRAJEWSKI  
Uniwersytet Warszawski

## CHARAKTER DRÓG KRAŻENIA WÓD PODZIEMNYCH W UTWORACH SZCZELINOWYCH GÓRNEJ KREDEY NA WYŻYNIE LUBELSKIEJ

UKD 551.491.55:551.442:551.763.3(438.14 Wyżyna Lubelska)

Głównym i najbardziej powszechnym środowiskiem wód podziemnych na Wyżynie Lubelskiej są margle, opoki, gezy, kreda piaszczysta i wapienie górnej kredy. Petrograficzne cechy tych skał zostały szczegółowo opisane przez Z. Sujkowskiego, K. Pożaryską i W. Pożaryskiego. Fizyko-mechaniczną charakterystykę utworów senońskich przedstawił W. C. Kowalski (2), który m.in. określił ich porowatość w granicach 40,5—49,6%. Mimo tak znacznej porowatości skały te charakteryzują się znikomą wodoprzepuszczalnością. Wpływa na to zbyt mała wielkość por, którymi przepływ wody wolnej prawie się nie odbywa, a główna część wody związana jest adhezyjnie. Praktycznie więc cały przepływ wód podziemnych przez masyw skalny odbywa się szczelinami, których wielkość, gęstość i stopień wypełnienia zwietrzeliną jest różny, zależnie od typu skały i genezy szczelin.

W skład całego systemu szczelin wchodzi szczeliny pochodzenia tektonicznego i wietrzeniowego. Wśród szczelin o charakterze tektonicznym najliczniejsze są diaklazy i one ze względu na masowość występowania odgrywają bardzo istotną rolę w charakterze przepływu wód podziemnych, stanowiąc mniej lub bardziej gęstą sieć połączonych przewodów. Zdecydowaną przewagę wśród nich stanowią szczeliny o niewielkim rozwarciu — od ułamka milimetra do kilku (3). Obliczone statystycznie przez J. Liszkowskiego (1965) średnie rozwarcie szczelin typu diaklaz w utworach górnej kredy wynosi 0,5—1,5 mm, a współczynnik szczelinowatości objętościowej 0,75—7,5%, zależnie od charakteru litofacjalnego serii.

Z aktualnie prowadzonych badań wynika, że również paraklasy (szczeliny uskokowe) występują tu znacznie częściej niż dotychczas uważano. Makroskopowa monotoność skał kredowych, niewyraźne uławiczenie lub zupełny ich brak bardzo utrudniają rozpoznanie uskoków, a zwłaszcza amplitudy zrztutu. Znajdowane jednak w głębszych odkrywkach zupełnie wyraźne i dość liczne lustra tektoniczne, i to m.in. w stosunkowo miękkim materiale, jakim jest kreda piaszczysta w Chełmie Lubelskim, świadczą o powszechności występowania tych form. W stropowych partiach utworów kredowych dominują spękania i

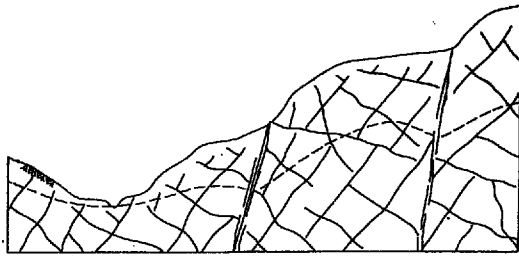
szczeliny pochodzenia wietrzeniowego. Materiał skalny występuje tu, zależnie od litologicznego charakteru skał, w postaci gruzu lub drobnych płytek, których wielkość wzrasta wraz z głębokością. Szczeliny wietrzenne wywierają istotny wpływ na warunki infiltracji oraz ruch wody podziemnej na małych głębokościach.

W poszczególnych rejonach Wyżyny Lubelskiej występują szczeliny o różnym charakterze, wielkości i proporcjach poszczególnych typów. Zależy to głównie od zróżnicowania litofacjalnego utworów kredowych oraz stopnia zaangażowania tektonicznego.

Przepływ wód podziemnych odbywa się szczelinami ruchem laminarnym, przy czym główne drogi krążenia związane są ze strefami dyslokacyjnymi, którym towarzyszy zagęszczenie szczelin tektonicznych o dużym zasięgu oraz rozwarciu osiagającym kilkanaście, a niekiedy ponad 30 cm. Szczeliny o największym rozwarciu wypełnione są zazwyczaj druzgotem. Największe z nich przyjmują kierunki zgodne z przebiegiem głównych struktur kredowych. Role drugorzędnych odgrywają tu szczeliny o kierunkach prostopadłych do tych struktur. Jedne i drugie tworzą systemy drenujące w stosunku do wód podziemnych spękanego masywu kredowego (3). Charakterystyczne dla tych form są podłużne strefy obniżonego zwierciadła.

Omówiony wyżej, wielokrotnie stwierdzony w czasie badań terenowych, związek stref zdepresjonowanych z głównymi szczelinami może być wykorzystywany do badań geologicznych przy rozpoznawaniu elementów tektonicznych podłoża metodami hydrogeologicznymi. Podobne strefy drenażowe w utworach kredowych zachodniej części Wyżyny Lubelskiej zostały opisane przez W. C. Kowalskiego z zespołem (1965).

Z przeprowadzonych badań wynika, że najczęściej powtarzające się wartości współczynnika filtracji zawarte są w przedziale  $4 \cdot 10^{-6}$  —  $2,2 \cdot 10^{-4}$  m/s (S. Krajewski, 1959). Podobne wartości bo  $5,8 \cdot 10^{-6}$  —  $2,8 \cdot 10^{-4}$  m/s uzyskała J. Krajewska-Pinińska (4) dla południowej części synkliny brzeżnej. Przedstawione wyżej współczynniki filtracji charakteryzują najczę-



Ryc. 1. Kształtowanie się zwierciadła wody w utworach szczelinowych górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej.

Fig. 1. Character of water table in fissure formations of the Upper Cretaceous in the Lublin Upland area.

ciej spotykane własności filtracyjne skał górnokredowych. Ekstremalne wartości są znacznie bardziej zróżnicowane. Obliczenia współczynników filtracji oparto na wynikach próbnych pompowań w warunkach sztucznie zwiększonego spadku hydraulicznego, wskutek wytworzonego leja depresyjnego, co sprzyja wytworzeniu się turbulentnego ruchu wody. Mimo to jednak, jak wynika z przeprowadzonych analiz i obliczeń, w kilkuset otworach studziennych ujmujących wodę z utworów kredowych takiego ruchu nie stwierdzono.

Lokalnie niski współczynnik filtracji oraz stosunkowo duże, rzeczywiste prędkości ruchu wody w drobnych szczelinach są przyczyną występowania niekiedy dużych spadków hydraulicznych, szczególnie w pobliżu stref drenujących. Charakterystyczne są duże spadki w kierunkach prostopadłych do osi tych stref i małe wzdłuż ich osi. Typowy, często powtarzający się układ hydroizohips w różnych rejonach Wyżyny Lubelskiej opracowany na podstawie szczegółowych, jednoczesnych pomiarów przedstawiono na ryc. 2.

Jak wynika z licznych obserwacji przeprowadzonych na Wyżynie Lubelskiej szczeliny główne prowadzą duże ilości wody, często z dalekich i obszernych terenów alimentacyjnych. Strefy drenujące przecinają niekiedy działy wód powierzchniowych niższego rzędu, odprowadzając wody podziemne zdrenowane również z sąsiednich zlewni. Tak więc obok wód podziemnych pochodzących z lokalnej infiltracji utwory kredowe w niektórych rejonach Wyżyny Lubelskiej zasilane są wodami pochodzącymi z dalekiego krążenia. Tezy te zostały już kilkakrotnie potwierdzone i wykorzystane przy okazji budowy dużych ujęć wód podziemnych. Uwzględnione sugestie, dotyczące lokalizacji tych ujęć w obrębie spodziewanych stref dyslokacyjnych przyniosły w rezultacie doskonałe efekty w postaci wydajności otworów studziennych wielokrotnie wyższych, niż wydajności pobliskich studzien (uzyskane wydajności jednostkowe przekraczają 100 m<sup>3</sup>/h/ms).

Strefy dyslokacyjne nie są oczywiście jedynymi elementami drenującymi na wyżynie. Główne znaczenie pod tym względem mają rzeki, którym przypisuje się pierwszorzędą rolę w drenażu. Jak jednak wynika z przeprowadzonych badań drenaż ten nie jest równomierny, a przy tym nie wszystkie rzeki na całej swej długości drenują. Obok znanego już zjawiska ucieczki wód Wisły na niektórych odcinkach, np. koło Kazimierza, lokalnie infiltrujący charakter mają również niektóre małe rzeki na wyżynie. W czasie przeprowadzonych szczegółowych badań hydrogeologicznych stwierdzono ich anomalny przebieg. Wyraża się to z jednej strony zmniejszającą się objętością przepływu na kolejnych przekrojach rzeki, a w innych przypadkach znacznym przyrostem objętości na krótkich, kilkudziesięciometrowych odcinkach rzeki, mimo braku dopływów wód powierzchniowych. W szeregu przypadkach stwierdzono również całkowity zanik niewielkich strumieni, które nieco niżej wypływają ponownie na powierzchnię.

Biorąc pod uwagę, że powyższe zjawiska obserwowano na terenach występowania utworów kredowych



Ryc. 2. Typowy układ hydroizohips w utworach szczelinowych górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej.  
Fig. 2. Type arrangements of hydroisohyps in fissure formations of the Upper Cretaceous in the Lublin Upland area.

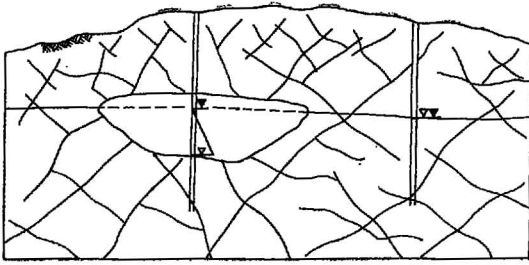
na powierzchni terenu lub pod znikomym przykryciem osadów czwartorzędowych należy wyciągnąć wniosek, że te anomalne przepływy wiążą się ze strefami silnie spękanymi (związanymi z dyslokacjami), przecinającymi koryta rzeki. Zależnie od kształtowania terenu i wysokości zwierciadła wody w tych strefach zasilają one, bądź drenują wody rzeczne. Z przedstawionego obrazu dróg krążenia wynika, że zaodwodnienie utworów kredowych charakteryzuje strefowość w układzie poziomym. Strefowość ta istnieje również w układzie pionowym. Wielkość dopływu na różnych głębokościach jest różna, nie ma przy tym zdecydowanej prawidłowości zależności wydajności od głębokości.

W czasie badań hydrogeologicznych na jednym z ujęć wód podziemnych na Wyżynie Lubelskiej przeprowadzono strefowe próbnego pompowanie w dwóch otworach studziennych o głębokości po 120 m. Studnie wykonano w utworach kredowych, które występują tu prawie od samej powierzchni terenu. Rury o średnicy 18" postawiono w korku cementowym na głębokości 36 m. Rury średnicy 16" i 14" postawiono w korku łożowym na głębokości odpowiednio 50 i 80 m. W czasie próbnego pompowania w poszczególnych strefach uzyskano następujące rezultaty:

W otworze 1				
	głębokość (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	s (m)	q (m <sup>3</sup> /h/ms)
przy	50	36,96	9,7	4,10
"	80	43,90	21,4	2,05
"	120	15,90	18,52	0,86
W otworze 2				
przy	50	4,50	6,00	0,75
"	80	27,80	14,86	1,87
"	120	36,96	18,07	2,04

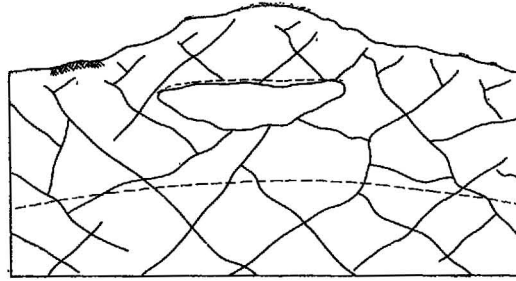
Należy tu podkreślić, że zarówno konstrukcje otworów, jak i technika prowadzenia wiercenia i wreszcie długości odsłoniętych odcinków były identyczne w obu otworach. Mimo to rozkład wydajności z różnych głębokości zmienia się w odwrotnym kierunku. Zjawisko to można tłumaczyć nachyleniem głównych szczelin. Jak wynika z przeprowadzonych badań najczęściej jest ono wprawdzie duże (od 70° do prawie pionowego), ale są również szczeliny o mniejszym nachyleniu. Badane otwory natrafiły przypuszczalnie na ten sam system szczelin o korzystniejszych warunkach przepływu, na różnych głębokościach. Zjawisko znacznie zróżnicowanych wydajności w tych samych rejonach Wyżyny Lubelskiej jest powszechne, przy czym niezależnie od tego czy porównywane są studnie o podobnej, czy zupełnie różnej głębokości.

Głębokość strefy aktywnej wymiany wód nie jest dotychczas dokładnie rozpoznana. Na podstawie analiz wydajności setek studzien wierconych stwierdzono, że największe dopływy mają miejsce na głębokości kilkudziesięciu metrów, rzadziej powyżej 100 m; na głębokości ponad 200 m dopływy są znikome. M. J. Strujew (5) w oparciu o badania, na terenie Lwow-



Ryc. 3. Schemat wyjaśniający lokalne napięcie zwierciadła wody w utworach górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej.

Fig. 3. A scheme explaining local perched water table in the Upper Cretaceous formations in the Lublin Upland area.



Ryc. 4. Występowanie wód zawieszonych w utworach górnej kredy na Wyżynie Lubelskiej.

Fig. 4. Occurrence of perched waters in the Upper Cretaceous formations in the Lublin Upland area.

sko-Wołyńskiego Zagłębia Węglowego, wyróżnia w utworach kredowych 3 strefy wodoprzepuszczalności. Pierwszą najsilniej wodonośną do głębokości 130 m, drugą o cechach pośrednich 130–300 m i trzecią ponad 300 m bezwodną. Zmniejszanie się przepływów na większych głębokościach związane jest z zaciśnięciem się szczelin pod wpływem nacisku mas skalnych. Jednak niektóre ze szczelin dyslokacyjnych przypuszczalnie sięgają głębiej, o czym świadczą niewielkie wprawdzie dopływy wody do niektórych otworów na głębokości ponad 500 m. Typ chemiczny tej wody jest wodorowęglanowo-sodowo-magnezowy, a jej ogólna mineralizacja wynosi poniżej 0,5 g/l.

Warunki hydrogeologiczne głębszych partii utworów kredowych są niewątpliwie różne w różnych rejonach wyżyny. Dokładniejsza ocena głębokości strefy aktywnej wymiany wód oraz jej regionalnego zróżnicowania będzie możliwa po zakończeniu aktualnie prowadzonych badań hydrogeologicznych w głębokich wierceniach poszukiwawczych.

Z przeprowadzonych dotychczas wieloletnich badań wynika, że w utworach kredowych Wyżyny Lubelskiej występują wody szczelinowe. Szczeliny różnego typu i genezy tworzą systemy połączonych przewodów, którymi odbywa się ruch wody. Zróżnicowane zaangażowanie tektoniczne masywu, zmiany litofacjalne oraz stopień wypełnienia szczelin zwierzeliną, stwarzają różne warunki hydrauliczne przepływu wody. W niektórych częściach regionu systemy szczelin lokalnie przerwane są wkładkami, soczewkami lub innymi formami niespękanych, słaboprzepuszczalnych skał. Zdarzają się również niekiedy mniejsze, niezależne systemy szczelin, bez związku hydraulicznego między nimi. W zależności od tego czy słaboprzepuszczalne bloki skał znajdują się w obrębie strefy saturacji, czy powyżej niej mamy do czynienia z lokalnie napiętym zwierciadłem wody lub wodami zawieszonymi (ryc. 3 i 4).

Napięte zwierciadło wody w utworach kredowych występuje również w takich przypadkach, kiedy stropowe partie niektórych typów skał, np. margli lub kredy pizającej, tworzą zwierzelinę w postaci nieprzepuszczalnej gliny.

Wody zawieszone, które w geograficznym ośrodku lubelskim określane są jako górny poziom wodonośny, charakteryzują się niestalością zasobności. Jedynie w okresach wzmożonej infiltracji poziom ich jest stosunkowo wysoki. Natomiast w pozostałych okresach wskutek ograniczonego zasięgu warstw podścielających oraz ich nieszczelności woda migruje w głąb, do stałego poziomu wodonośnego. Wyraźnie objawia się to w okresach suszy zanikiem wód w studniach kopanych, które w pewnych rejonach Wyżyny Lubelskiej korzystają z wód zawieszonych. Potwierdzeniem istnienia takiego układu są m. in. wyniki badań sejsmicznych. Przy robotach strzałowych następowało niekiedy gwałtowne obniżenie zwierciadła wody w studniach kopanych. W tym samym okresie dał się zauważyć wzmożony wypływ wody w źródłach, a nawet powstanie nowego wypływu w dnie doliny. Zjawiska takie obserwowali również B. Paczyński, H.

Jarzabek-Gałązkowa i M. Michalska (1965), którzy opisali m.in. przypadek, kiedy po pracach strzałowych obniżyło się zwierciadło wody w okolicznych studniach kopanych, a jednocześnie w studni wierczonej nastąpił samowypływ.

Istnienie słaboprzepuszczalnych stref rozdzielających, silnie zawadnione partie utworów kredowych, zróżnicowanie zawadnienia, a przede wszystkim istnienie w niektórych rejonach wyżyny wód zawieszonych tłumaczone jest przez badaczy lubelskiego ośrodka geograficznego wielopoziomym występowaniem wód podziemnych, a ich charakter określany jest jako szczelinowo-warstwowy.

Z badań przeprowadzonych przez autora oraz innych badaczy, zajmujących się hydrogeologią tego regionu, jak również hydrogeologów radzieckich badających utwory kredowe po wschodniej stronie Bugu wynika, że wody w utworach kredowych wykazują typowe cechy wód szczelinowych. Dotyczy to całego masywu górnokredowego, o zróżnicowanych wprawdzie cechach hydrogeologicznych, nie wykazujących jednak cech wielopoziomowości w sensie odrębnych poziomów wodonośnych.

#### LITERATURA

1. Bielański G. A. — Ob effiektivnom issledovanii podziemnych wód zony intensivnogo wodobmienna. Kijow, 1967.
2. Kowalski W. C. — Wytrzymałość na ściskanie budowlanych skał senońskich przełomowego odcinka Wisły środkowej na tle ich litologii. Biul. geol. UW. 1961, t. I, cz. 2.
3. Krajewski S. — Hydrogeologia zlewni Chodła (praca doktorska). Bibl. UW., 1964.
4. Krajewska-Pinińska J. — Analiza statystyczna głównych parametrów hydrogeologicznych południowej części synkliny brzeżnej. Prz. geol. 1963, nr 1.
5. Strujew M. J. — Geologičeskoje strojenie i uglenosnost Lwowsko-Wołyńskiego kamiennougólnego bassiejna. Geologija Ugólnych Miastorożdienii. Moskwa, 1957.
6. Szalkiewiczówna B. — Zmiany równowagi hydrodynamicznej zwierciadła wód podziemnych w strefie krawędzi morfologicznej. Annales UMCS, s. B. XVIII, 13. Lublin, 1965.
7. Wilgat T. — Z badań nad wodami podziemnymi Wyżyny Lubelskiej. Ibidem. s. B. XII, 6. Lublin, 1959.

#### SUMMARY

On the basis of a long-lasting hydrogeological research of the Upper Cretaceous formations in the Lublin Upland area, the role of fissures, which are circulation paths for ground water, has been determined. Fissures of various type and genesis make here a net of connected channels. The most important are here large, far-reaching fissures of tectonic origin, which drain the Cretaceous massif, transsec-

ting also some surface watersheds of lower order. These fissures carry considerable amounts of water. Apart from the fissure-like character of ground water, no turbulent water movement has been ascertained even in the case of an inflow into pumped wells. On account of the existing relation between the depressed zones and dislocation fissures, a possibility has been discussed of applying hydrogeological methods for studying tectonics of the area considered. The examinations have demonstrated that a close relation exists between the surface water and ground water. The most widespread is here the drainage character of rivers that in some areas supply also ground water. In the Upper Cretaceous formations, hydraulic conditions of ground water flow are highly differentiated. This is a result of a different tectonic development of the individual portions of the area, and depends on the lithofacial changes, and on the degree of infilling of the fissures with weathered material. In several regions of the Lublin Upland there occur at places fissure systems that do not disclose any hydraulic relations to each other. At places are found also series of feebly permeable formations that are responsible for the presence of perched water tables, or for the occurrence of perched waters. In addition to the horizontal arrangement of water-bearing Cretaceous formations, also a vertical arrangement exists, frequently observed during the construction of ground water intakes.

### РЕЗЮМЕ

На основании многолетних гидрогеологических исследований отложений верхнего мела Люблинской возвышенности была определена роль трещин, являющихся путями циркуляции подземных вод.

Трещины различного типа и генезиса составляют сеть соединяющихся между собой каналов. Основную роль играют большие далеко протягивающиеся трещины тектонического происхождения, которые дренируют меловой массив, иногда пересекая зоны поверхностных вод низшего порядка. Эти трещины проводят большое количество воды. Несмотря на трещинный характер подземных вод, турбулентного движения воды не отмечено даже в условиях приплыва к насосным водяным скважинам. Из-за связи, существующей между депрессионными зонами и трещинными дислокациями, указывается на возможность применения гидрогеологических методов для изучения тектоники этого района.

Во время проведения исследований отмечено наличие тесной связи между поверхностными и подземными водами. Наиболее обычным является дренирующий характер рек, но на отдельных своих участках реки питают подземные воды. Гидравлические условия движения подземных вод в верхнемеловых отложениях весьма различны. Это является следствием различной степени тектонического развития отдельных частей данного региона, литофациальной изменчивости, а также степени заполнения трещин продуктами выветривания. В некоторых районах возвышенности имеют место отдельные локальные системы трещин, гидростатически не связанные между собой. Местами имеются также партии слабопроницаемых пород, являющихся причиной небольшого напряжения водной поверхности или наличия висячих вод. Кроме горизонтальной зональности заводненности меловых отложений, существует также вертикальная зональность, часто обнаруживаемая во время строительства водозаборных сооружений для использования подземных вод.