

Andrzej RÓŻKOWSKI, Teresa RUDZIŃSKA

## Model hydrogeologiczny Centralnego i Północnego Okręgu\* Węglowego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym

Scharakteryzowano warunki hydrogeologiczne Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego LZW. Podano parametry pięter wodonośnych kredy, jury i karbonu. Wskazano na pionową strefowość hydrochemiczną, podano wyniki badań izotopów stałych w wodach. Dokonano próby interpretacji w zakresie wieku wód oraz określono drogi ich krążenia w skali regionalnej.

### WSTĘP

Badania hydrogeologiczne w LZW prowadzone są przez Instytut Geologiczny oraz Kombinat Geologiczny „Południe” od 1964 r. do chwili obecnej. Są one realizowane w trakcie badań penetracyjnych oraz w ramach rozpoznawania złóż węgla w kategoriach  $C_2$  i  $C_1$ . Otwory złożowe adaptowane do badań hydrogeologicznych odwiercone zostały głównie w Centralnym i Północnym Okręgu Węglowym (fig. 1). Celem badań hydrogeologicznych jest określenie warunków wodnych złóż węgla oraz ustalenie prognoz zawodnienia i źródeł dopływów wód do projektowanych wyrobisk górniczych.

W artykule podsumowano wyniki dotychczasowych badań hydrogeologicznych złóż węgla. Ich szeroki zakres oraz kompleksowe ujęcie pozwoliły na przedstawienie modelu hydrogeologicznego Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego na tle regionalnych warunków hydrogeologicznych.

\*

Złoża węgla kamiennych Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego położone są w zasięgu zapadliska włodawskiego i zrębu łukowskiego, które są elementami strukturalnymi drugiego rzędu w ramach wyniesienia podlasko-lubelskiego. Jest to obszar skonsolidowanej, podnie-

\* Od stycznia 1978 r. Okręgi Węglowe ustalono nazywać Rejonami Węglowymi LZW.

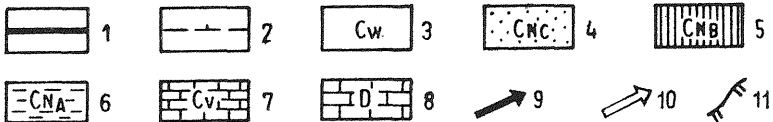
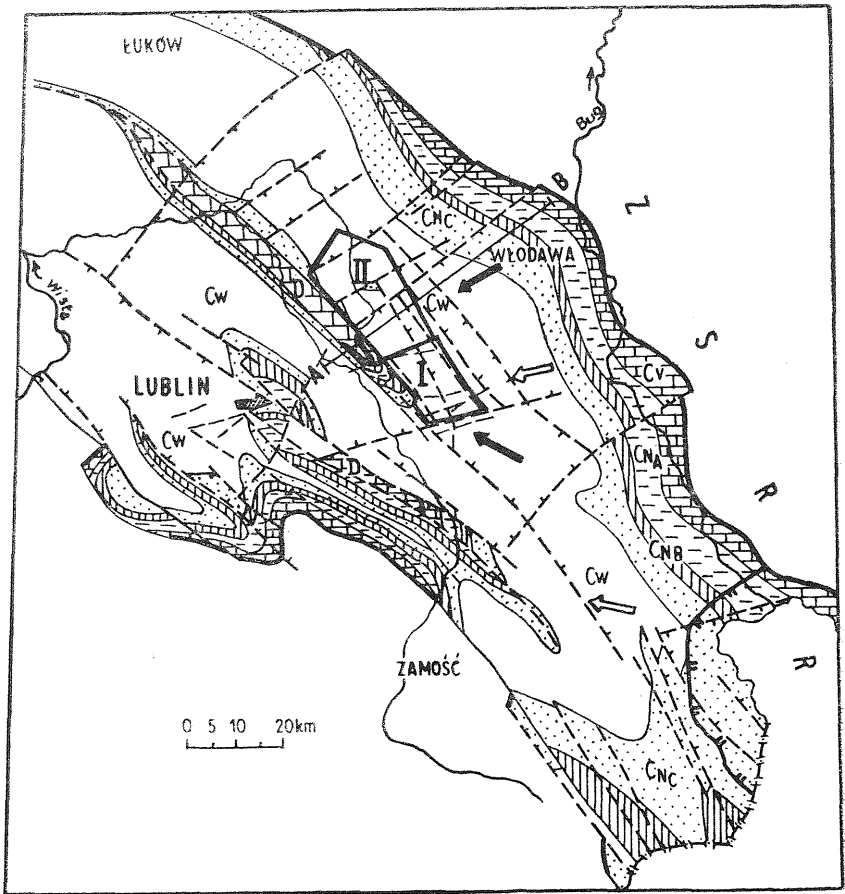


Fig. 1. Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Lubelskiego Zagłębia Węglowego, bez utworów młodszych od karbonu (sytuacja geologiczna wg J. Porzyckiego, 1976)

Review hydrogeological map of the Lublin Coal Basin without rocks younger than the Carboniferous (geological setting after J. Porzycki, 1976)

1 — przypuszczalny zasięg osadów karbonu (granice erozyjne i tektoniczne); 2 — uskoki; 3 — westfal (warstwy lubelskie): słabo przepuszczalny kompleks mułowcowo-łowcowy z wkładkami piaskowców; 4 — namur C (warstwy kumowskie): dobrze przepuszczalny kompleks piaskowców, przewarstwienia mułowców i łowców; 5 — namur B (warstwy bużańskie): słabo przepuszczalny kompleks mułowcowo-łowcowy z cienkimi wkładkami piaskowców; 6 — namur A (warstwy komarowskie): słabo przepuszczalny kompleks mułowcowo-łowcowy z wkładkami wapieni i piaskowców; 7 — wizen górny: kompleks węglanowy z wkładkami mułowców i łowców, sporadycznie piaskowców, całość o zróżnicowanej przepuszczalności; 8 — dewon: seria węglanowa o zróżnicowanej przepuszczalności; 9 — kierunek przepływu wód w utworach jury; 10 —

sionej platformy prekambryjskiej z blokową tektoniką (A. M. Żelichowski, 1972).

Na omawianym obszarze osady karbonu leżą na utworach dewonu i syluru. Kompleks utworów karbońskich ulega całkowitej redukcji — aż do zupełnego wyklinowania się — w kierunku wschodnim i południowym oraz częściowej w kierunku zachodnim (fig. 1 i 2).

Model geologiczny omawianych złóż węgla przedstawiony został przez J. Porzyckiego (1976) w oparciu o wyniki badań geofizycznych i wierceń złożowych.

Utwory karbonu (ok. 780 m) leżą na osadach dewonu (fig. 2). Karbon dolny, wizen, wykształcony jest w facji wapienno-ilastej. Karbon górny reprezentowany jest przez namur i westfal. Jest on rozwinięty w facji iłowcowo-mułowcowo-piaskowcowej z pokładami węgla. Wykształcenie litofacjalne utworów karbońskich przedstawione zostało między innymi w pracach: S. Cebulaka i J. Porzyckiego (1966), Z. Dembowski i J. Porzyckiego (1967) oraz J. Porzyckiego (1970, 1976). Badane złoża węgla związane są z utworami westfalu, które występują na głęb. 650—960 m, dochodząc lokalnie do 1100 m. Pokłady węgla o miąższościach bilansowych występują również w utworach namuru.

Zasadniczą serią złożową będącą przedmiotem zainteresowania górnictwa jest jednak westfal. Miąższość utworów westfalu wynosi średnio nieco ponad 300 m. Pokłady węgla występujące w westfalu oznaczone zostały numeracją 397—367. Najwyższe numery posiadają pokłady występujące w spągu serii złożowej. Utwory westfalu ułożone są w formie asymetrycznej synkliny o przebiegu NW—SE, rozciągającej się od okolic Radzyna do Rejowca (J. Porzycki, 1976). Synklina ta ma płaskie skrzydło wschodnie oraz łagodnie podgięte skrzydło zachodnie, ograniczone strukturą zrębową Kocka (fig. 1 i 2). Utwory karbonu posiadają rozciągłość NW—SE oraz upad  $1-4^{\circ}$  w kierunku na SW. Upady wznastają na skłonie struktury Kocka:  $4-16^{\circ}$  w kierunku NE. Antyklina Kocka ograniczona jest strefami dyslokacji nieciągłych o przebiegu NW—SE. Na skutek przedjurajskiej działalności erozyjnej utwory karbonu w zasięgu wspomnianej struktury uległy całkowitej lub częściowej redukcji.

Opisywana synklina pocięta jest systemem uskoków o kierunku NW—SE i NE—SW na szereg zrębów i rowów (fig. 1). Amplitudy zrzutów uskoków wynoszą od kilku do kilkudziesięciu metrów. Charakter regionalny posiada wyłącznie strefa uskoku Świącicy, o przebiegu NE—SW i zrzucie 50—150 m ku NW.

Utwory karbonu pokryte są węglanowymi utworami jury i kredy

kierunek przepływu wód w utworach karbonu; 11 — zasięg utworów jury; A—B — linia przekroju hydrogeologicznego, I — Centralny Okręg Węglowy, II — Północny Okręg Węglowy

1 — inferred extent of Carboniferous (erosional and tectonic boundaries); 2 — faults; 3 — Westphalian (Lublin Beds), weakly permeable siltstone-claystone complex with sandstone intercalations; 4 — Namurian C (Kumów Beds), well-permeable sandstone complex with siltstone and claystone intercalations; 5 — Namurian B (Bug Beds), weakly permeable siltstone-claystone complex with thin sandstone intercalations; 6 — Namurian A (Komarów Beds), weakly permeable siltstone-claystone complex with limestone and sandstone intercalations; 7 — Upper Viséan, carbonate complex with siltstone, claystone and, sometimes, sandstone intercalations, variable in permeability; 8 — Devonian, carbonate series variable in permeability; 9 — direction of water flow in Jurassic deposits; 10 — direction of water flow in Carboniferous deposits; 11 — extent of Jurassic deposits, A—B — line of hydrogeological cross-section, I — Central Coal Field, II — Northern Coal Field

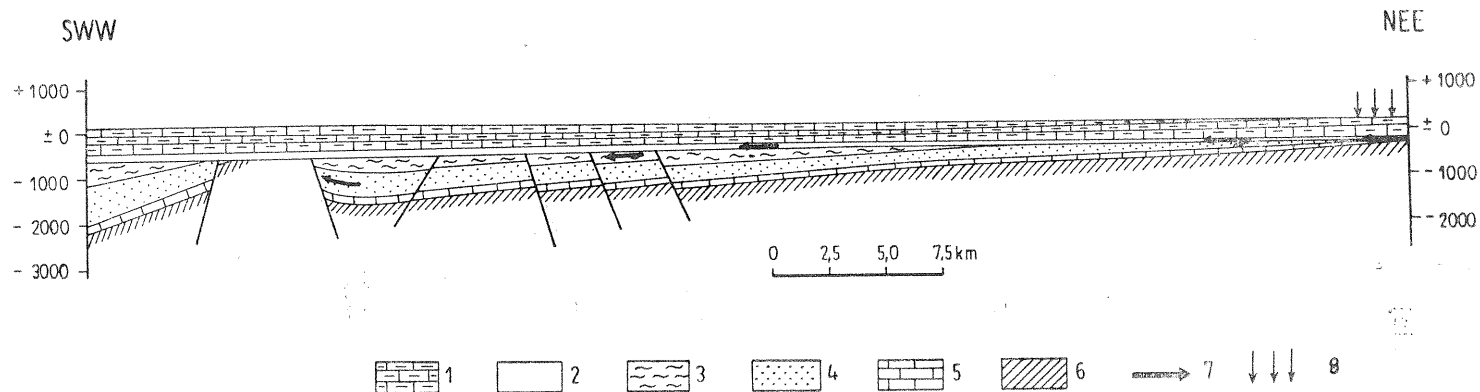


Fig. 2. Przekrój hydrogeologiczny A—B

Hydrogeological cross-section A—B

1 — kreda; 2 — jura; 3 — westfal; 4 — namur; 5 — wizen; 6 — podłoże karbonu; 7 — kierunki przepływu wód; 8 — stwierdzone zasilenie piętra wodonośnego jury poprzez przepuszczalne utwory górnej kredy

1 — Cretaceous; 2 — Jurassic; 3 — Westphalian; 4 — Namurian; 5 — Visean; 6 — Carboniferous bedrock; 7 — directions of water flow; 8 — proven supply of Jurassic water-bearing stage from permeable Upper Cretaceous rocks

(fig. 2). Miąższość ich waha się w granicach od 350 do 840 m, zaś w Centralnym i Północnym Okręgu Węglowym od 470 do 720 m.

Utwory jury reprezentowane są przez jurę środkową i górną. Łączna miąższość tych utworów dochodzi do 200 m, wzrastając ku zachodowi. W zasięgu opisywanych okręgów węglowych miąższość osadów jurajskich waha się od 86 do 134 m. Jura środkowa reprezentowana jest przez utwory piaszczysto-mułowcowo-wapienne. Brak jest tych utworów na wyniesionych blokach podłoża paleozoicznego (T. Niemczycka, 1976). Osady jury górnej wykształcone są w postaci wapieni organodetrytycznych, oolitowych i pelitycznych oraz podrzędnie margli i dolomitów.

Osady kredy osiągają miąższość od 350 do 740 m. W zasięgu Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego miąższość wspomnianych utworów waha się w granicach 470—610 m. Wzrasta ona w zachodniej części Zagłębia, ulegając redukcji w kierunku wschodnim (fig. 2). Utwory kredy dolnej, reprezentowane przez osady albu, wykształcone są jako słabo zwięzłe piaski i piaszkowce glaukonitowe, droбноziarniste, z konkrekcjami fosforytów, oraz zwięzłe zlepienie fosforytowe. Miąższość tych utworów w zasięgu rozpatrywanych okręgów węglowych nie przekracza kilku metrów. Węglanowe utwory kredy górnej reprezentowane są przez ogniwa od cenomanu do mastrychtu włącznie. Utwory cenomanu to wapienie margliste i mułowce wapniste, często z glaukonitem. Utwory turonu wykształcone są jako wapienie kredy piszącej z krzemieniami oraz marglistej kredy piszącej. W spągowych ogniwach tego piętra występują zwięzłe wapienie margliste. Wyższe piętra stratygraficzne kredy górnej reprezentowane są przez kredę piszącą, częściowo marglistą.

Lokalnie w stropie utworów kredy występują niewielkie soczewy mułkowo-ilastych utworów trzeciorzędu.

Piaszczysto-gliniaste utwory czwartorzędu pokrywają starsze osady płaszczem o zróżnicowanej miąższości — od kilku do kilkudziesięciu metrów.

## CHARAKTERYSTYKA PIĘTER WODONOŚNYCH

W profilu hydrogeologicznym centralnej części Lubelskiego Zagłębia Węglowego wydzielić można cztery podstawowe piętra wodonośne: czwartorzędu, kredy, jury i karbonu. Warunki ułożenia podczwartorzędowych pięter wodonośnych ilustruje przekrój hydrogeologiczny (fig. 2). Parametry hydrogeologiczne pięter wodonośnych przedstawiono na diagramie (fig. 3).

Wodonośność utworów czwartorzędowych związana jest z występowaniem piasków i żwirów. Tworzą one poziomy wodonośne o swobodnym zwykle zwierciadle wody. Współczynniki filtracji wspomnianych utworów wahają się od  $1,60 \times 10^{-7}$  do  $9,03 \times 10^{-5}$  m/s. Czwartorzęd tworzy zbiornik wód, z którego korzystają kopane studnie gospodarskie.

Piętro wodonośne kredy jest reprezentowane przez poziomy wodonośne kredy górnej i dolnej. W profilu kredy górnej obserwuje się wyraźną stratyfikację przepuszczalności (fig. 4). Podwyższoną przepuszczalnością charakteryzują się wyłącznie stropowe, szczelinowate ogniwa.

Stratygrafia	Litologia	Miąższość od-do [m]	Kompleksy wodonośne	Wodonośność z bad. bezposp. q [m <sup>3</sup> /h/m]	Współczynnik filtracji k [m <sup>3</sup> /s]	Ciśnienie wód [at]
K R E D A	[diagonal hatching]	0 - 55	[vertical lines]	0,15 ÷ 35	$9,2 \cdot 10^{-6}$ ÷ $2,4 \cdot 10^{-4}$	zwierc. swobodne
		470 - 600	[diagonal hatching]	0,0006 ÷ 0,05	$1,1 \cdot 10^{-8}$ ÷ $6,19 \cdot 10^{-7}$	3,6 ÷ 50
J U R A	[brick pattern]	86 - 120	[vertical lines]	0,029 ÷ 1,5 0,009 ÷ 2,47	$6,6 \cdot 10^{-7}$ ÷ $2,3 \cdot 10^{-5}$ $4,14 \cdot 10^{-9}$ ÷ $1,95 \cdot 10^{-5}$	35 ÷ 39 31 ÷ 67
W E S T F A L	[diagonal hatching]	280 - 461	[diagonal hatching]	0,0001 ÷ 0,288	$4,93 \cdot 10^{-10}$ ÷ $9,53 \cdot 10^{-6}$	59 ÷ 88
N A M U R A B C	[diagonal hatching]	396,0 - 712,0	[vertical lines]	0,002 ÷ 0,82	$3,46 \cdot 10^{-8}$ ÷ $3,49 \cdot 10^{-6}$	74 ÷ 107
			[diagonal hatching]	0,00004 ÷ 0,06	$9,6 \cdot 10^{-11}$ ÷ $1,77 \cdot 10^{-7}$	105 ÷ 112



Fig. 3. Diagram hydrogeologiczny dla Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego

Hydrogeological diagram of the Central and Northern Coal Fields

1 — piaski; 2 — margle; 3 — wapienie, lokalnie dolomity; 4 — piaskowce; 5 — iłowce i mułowce; 6 — kompleks wodonośny, 7 — kompleks słabo wodonośny oraz praktycznie niewodonośny

1 — sands; 2 — marls; 3 — limestones and, locally, dolomites; 4 — sandstones; 5 — claystones and siltstones; 6 — water-bearing complex; 7 — weakly or, practically, not water-bearing complex

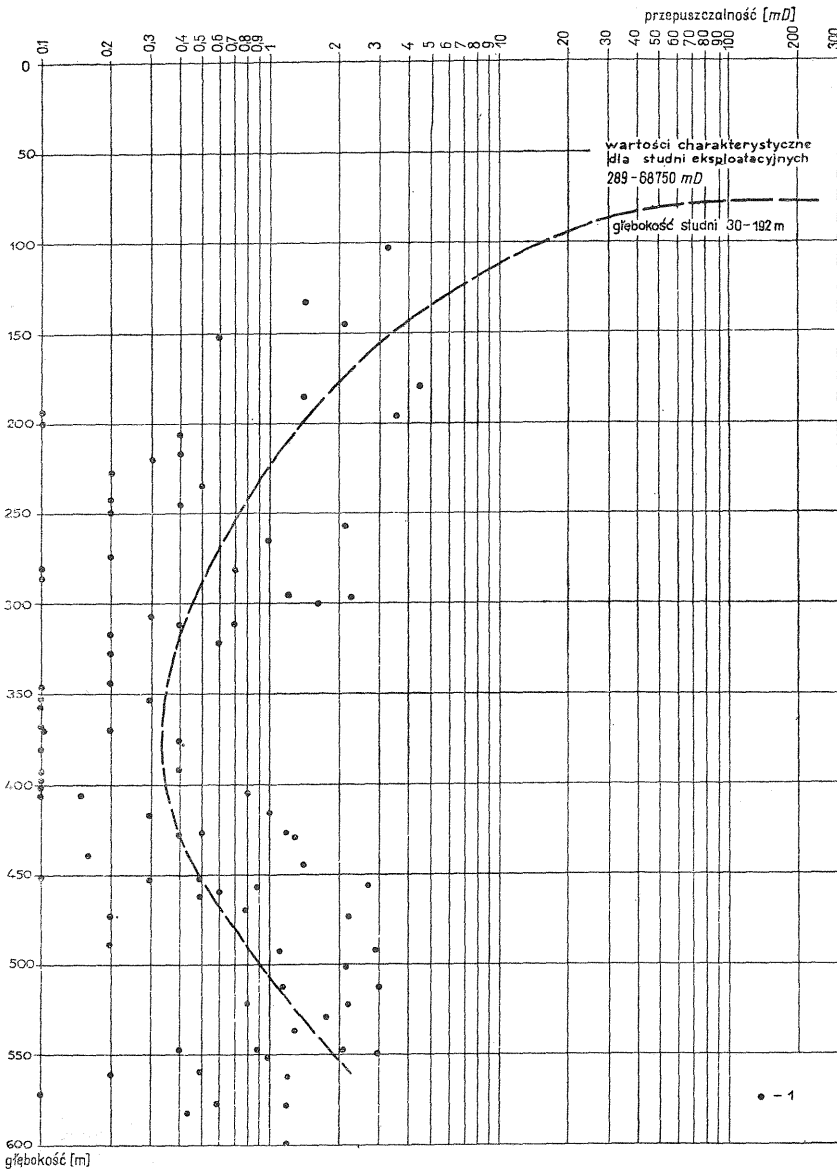


Fig. 4. Wykres zależności przepuszczalności ( $mD$ ) skał kredy od głębokości

Dependence of permeability of Cretaceous rocks ( $mD$ ) on depth

1 — przepuszczalność określona laboratoryjnie (otwory złożowe)

1 — laboratory permeability measurements (deposit boreholes)

Głębokość zasięgu strefy spękań, określona na podstawie wykresów karotażowych, jest zmienna. Waha się ona w granicach 70—120 m, dochodząc do 170 m. Charakterystyczne dla tej strefy współczynniki filtracji

są zmienne, w granicach  $2,8 \times 10^{-6}$ — $6,6 \times 10^{-4}$  m/s. Nizejległe ogniwa kredy górnej są bardzo słabo lub nawet praktycznie nieprzepuszczalne. Zjawisko to ilustrują wyniki badań laboratoryjnych, które wykazują przepuszczalność skał w granicach 0,1 do 3,0 mD, tj. rzędu  $10^{-10}$ — $10^{-9}$  m/s.

podobne obserwacje poczynił W. I. Strujew (1957) w oparciu o interpretację badań wydajności studni i dopływów wód do szybów głębokich w Zagłębiu Lwowsko-Wołyńskim. Wydzielił on w profilu utworów kredy górnej trzy strefy o zróżnicowanej przepuszczalności. Pierwsza, dobrze przepuszczalna, posiada miąższość kilkudziesięciu metrów, dochodząc lokalnie do 130 m. Następna, pośrednia, sięga głębokości ok. 300 m i charakteryzuje się słabą przepuszczalnością. Dolna, podścielająca strefa, jest zdaniem wspomnianego autora nieprzepuszczalna.

Słabą przepuszczalność skał węglanowych dolnych ogniw kredy należy tłumaczyć zaciśnięciem szczelin na skutek procesów diagenety. Zaobserwowano obniżanie się porowatości efektywnej skał z głębokością. Dodatkowym czynnikiem obniżającym przepuszczalność utworów kredy górnej są własności pęcznienia wkładek marglistych kredy piszącej.

Stratyfikacja wodonośności w profilu kredy górnej koreluje się ze zróżnicowaną przepuszczalnością skał. Badania hydrogeologiczne prowadzone w otworach Dorohucza IG 4 i IG 5 oraz Cyców IG 2 wykazały wyraźne zmiany wartości wydatków jednostkowych z głębokością, co ilustruje następujące zestawienie:

Głębokość badanej strefy (m)	Wydatki jednostkowe (m <sup>3</sup> /h)
100	0,3
170	0,012
290	0,002
448	0,0006
550	0,0008

Wydajności uzyskiwane ze studni eksploatacyjnych, zgłębianych maksymalnie do 150 m (S. Przemyski, 1975), wahają się w granicach 4,5 m<sup>3</sup>/h przy depresji 30 m do 21 m<sup>3</sup>/h przy depresji 0,6 m. Wydatki jednostkowe wynoszą odpowiednio 0,15 i 35 m<sup>3</sup>/h.

Wydajności studni uzależnione są od wykształcenia litologicznego osadów kredy górnej i stopnia ich zeszczelinowania (według opracowania S. Krajewskiego z 1972 r.). Maksymalne wydajności uzyskuje się ze studni położonych w zasięgu stref dyslokacji oraz w przypadku występowania więzi hydraulicznej między wodami poziomu kredy górnej i czwartorzędu. S. Krajewski zaobserwował, że szczeliny tworzą system połączonych przewodów, którymi odbywa się ruch wody. Zróżnicowane zaangażowanie tektoniczne górotworu, zmiany litofacjalne oraz stopień wypełnienia szczelin zwietrzeliną stwarzają różne warunki hydraulicznego przepływu wód. Systemy szczelin mogą być lokalnie przerwane wkładkami lub soczewami słabo przepuszczalnych, niespękanych skał. W związku z tym mogą niekiedy występować mniejsze, niezależne systemy szczelin, bez wzajemnego związku hydraulicznego między nimi.

Piaszczysto-mułowcowo-zlepieńcowe utwory kredy dolnej budują warstwowe i szczelinowo-warstwowe poziomy wodonośne. Charakteryzują się one porowatością efektywną w granicach 10—31%. Współczyn-



niki filtracji kształtują się od  $4,20 \times 10^{-7}$  do  $2,25 \times 10^{-5}$  m/s, zaś wydatki jednostkowe od 0,29 do 1,497 m<sup>3</sup>/h. Piaszczyste utwory albu charakteryzują się własnościami kurzawkowymi.

Wody występujące w utworach kredy dolnej znajdują się pod ciśnieniem 35—59 at, w zależności od głębokości ułożenia tych osadów.

Wyniki badań polowych i laboratoryjnych, jak również profilowania geofizycznego wskazują na zróżnicowaną przepuszczalność jury górnej i środkowej w profilu pionowym. Przepuszczalność określona laboratoryjnie waha się od 0,1 do 2000 mD, a w przeliczeniu na współczynnik filtracji  $10^{-10}$ — $10^{-5}$  m/s. Określona na drodze badań polowych waha się ona od  $4,14 \times 10^{-9}$  do  $1,95 \times 10^{-5}$  m/s.

Wapienie oolitowe i detrytyczne jury górnej charakteryzują się zarówno słabą zwięzłością, jak i wysoką porowatością w granicach 12,8—22,2% oraz odsączalnością ok. 11%. Skały te cechuje również wysoka przepuszczalność przeważnie rzędu kilkudziesięciu do kilkuset mD.

Wapienie bezpostaciowe oraz pelityczne, jak również margle, są zwięzłe, zbite. Występujące spękania są zabliznione kalcytem. Porowatość opisywanych skał jest zmienna w granicach 3,4—7,8%. Są to skały praktycznie nieodsączalne, bardzo słabo przepuszczalne.

Dolomity oraz wapienie organodetrytyczne występujące w spągu jury górnej wykazują duży stopień skawernowania. Skały te charakteryzują się najwyższymi wartościami przepuszczalności. Współczynnik filtracji, określony na drodze strefowych pompowań, wynosi średnio  $3 \times 10^{-6}$  m/s.

Wkładki zbitych, pelitycznych i bezpostaciowych wapieni oraz margli dzielą kompleks węglanowych utworów jurajskich na kilka oddzielnych warstw o zróżnicowanej przepuszczalności i zawodnieniu. Badania A. Szymborskiego (1974) wykazały, że zróżnicowanie przepuszczalności węglanowych utworów jury zaznacza się na profilach karotaży geofizycznych i daje je korelować w skali regionalnej.

Piaskowce i mułowce jury środkowej, występujące w formie nieregularnych soczew, są kruche i słabo zwięzłe. Charakteryzują się porowatością efektywną 22% i odsączalnością 11%. Przepuszczalność tych skał jest wysoka, dochodzi do 2000 mD.

Utwory jury prowadzą wody szczelinowo-krasowe i warstwowo-szczelinowe. Wodonośność wiąże się z systemem spękań, szczelin, pustek i por występujących w utworach węglanowych oraz podrzędnie w mułowcach, piaskowcach i zlepieńcach.

Wody krążące w jurajskim piętrze wodonośnym znajdują się pod ciśnieniem 31—67 at. Ciśnienia hydrostatyczne w zasięgu Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego są rzędu 60 at. Przeprowadzone pompowania wykazały zróżnicowanie wodonośności piętra wodonośnego jury. Wydatki jednostkowe wahają się w granicach 0,009—2,47 m<sup>3</sup>/h. Maksymalną wodonośnością charakteryzują się spągowe ogniwa górnej jury.

Piętro wodonośne jury tworzy olbrzymi zbiornik wód położony w bezpośrednim stropie formacji produktywnej karbonu. Wody tego piętra znajdują się w więzi hydraulicznej z wodami poziomu kredy dolnej.

Piętro wodonośne karbonu reprezentowane jest przez utwory westfalu, namuru i wizenu. Badaniami hydrogeologicznymi objęte były utwory westfalu i namuru. Utwory westfalu (warstwy lubelskie) zawierają

nieliczne wkładki piaskowców w profilu iłowcowo-mułowcowym. W górnej partii westfalu, w interwale występowania grupy pokładów 382—369 obserwuje się obecność 4 lub 6 warstw piaskowców, dość stałych w swym rozprzestrzenieniu. Są to piaskowce średnioziarniste, o miąższościach 4,5—12 m, słabo związane w zasięgu strefy zwietrzenia. W niższych ogniwach westfalu występuje 4 lub 5 grubszych warstw piaskowców, głównie drobnoziarnistych, o miąższościach 1,5—12,5 m.

Utwory namuru są zróżnicowane pod względem litologicznym i tym samym przepuszczalności.

Własności hydrogeologiczne piaskowców i mułowców karbońskich określone zostały na drodze badań polowych, laboratoryjnych i geofizycznych.

Porowatość efektywna waha się w granicach 1,10 do 24,58%. Z krzywych rozkładu wartości porowatości wynika, że największe częstotliwości występowania odpowiadają wartościom 2,5—11% oraz 15—17,5%, średnio 11%.

Przepuszczalność piaskowców i mułowców karbonu oznaczona laboratoryjnie wynosi dla westfalu  $< 0,1$ — $1350$  mD, co odpowiada współczynnikom filtracji  $9,61 \times 10^{-10}$ — $1,30 \times 10^{-5}$  m/s. Wysokie wartości przepuszczalności odnoszą się do piaskowców położonych w strefie zwietrzenia karbonu. Dla piaskowców i mułowców namuru współczynniki przepuszczalności wahają się w granicach  $< 0,01$ — $1050$  mD, co odpowiada współczynnikom filtracji w granicach  $9,61 \times 10^{-11}$ — $1,00 \times 10^{-5}$  m/s.

Współczynniki filtracji utworów karbonu obliczone z badań polowych są zmienne od  $9,6 \times 10^{-11}$  do  $6,07 \times 10^{-5}$  m/s. Obserwuje się wyraźne zróżnicowanie wartości współczynnika filtracji w profilu karbonu. Piaskowce westfalu charakteryzują się współczynnikami filtracji od  $2,35 \times 10^{-10}$  do  $6,07 \times 10^{-5}$  m/s. Dla piaskowców namuru współczynniki określone na drodze badań polowych wahają się od  $9,6 \times 10^{-11}$  do  $3,49 \times 10^{-6}$  m/s.

Oznaczenia odsączalności wykonane dla piaskowców i mułowców serii złożowej z obszaru Centralnego Okręgu Węglowego wykazały, że mieści się ona w granicach od 0,0 do 12%. Obserwuje się wyraźną zależność odsączalności od porowatości skał. Mułowce i piaskowce o porowatości efektywnej poniżej 9% charakteryzują się praktycznie brakiem odsączalności. Dotyczy to przede wszystkim piaskowców westfalu położonych wraz z grupą pokładów 397—392.

J. Motyka i S. Witczak (1974) stwierdzili stopień zależności między współczynnikiem odsączalności a współczynnikiem filtracji oraz przepuszczalnością. Wspomniane zależności dla piaskowców i mułowców karbońskich z obszaru Centralnego Okręgu Węglowego przedstawili w postaci diagramu (fig. 5). Występowanie zależności między porowatością efektywną i przepuszczalnością piaskowców ilustruje fig. 6.

Wodonośność utworów karbonu produktywnego jest związana z występowaniem w profilu geologicznym tej formacji wkładek piaskowców i mułowców, sporadycznie wapieni. Poziomy wodonośne mają charakter szczelinowo-warstwowy. Warstwami izolującymi poszczególne poziomy wodonośne są wkładki iłowców. W strefach tektonicznie zaburzonych oraz w obszarach sedymentacyjnych wyklinowań może występować więz

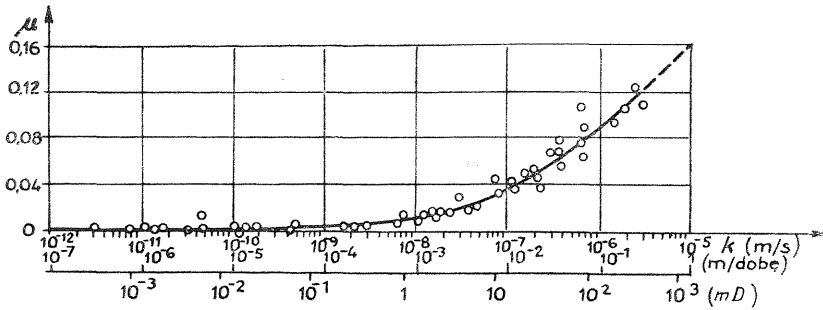


Fig. 5. Wykres zależności między współczynnikiem odsączalności ( $\mu$ ) a współczynnikiem filtracji ( $k$ ) oraz przepuszczalności ( $mD$ ) piaskowców karbońskich (wg J. Motyki i S. Witzcaka)

Interdependences between specific yield ( $\mu$ ), filtration ( $k$ ) and permeability ( $mD$ ) coefficients of Carboniferous sandstones (after J. Motyka and S. Witzczak)

hydrauliczna pomiędzy poszczególnymi poziomami wodonośnymi. Stwierdzono również występowanie więzi hydraulicznej między wodami krążącymi w utworach karbonu i jury.

Wodonośność piaskowców i mułowców karbońskich jest wyraźnie zróżnicowana. Wydatki jednostkowe uzyskiwane z poszczególnych poziomów wodonośnych są zmienne w granicach 0,00004 do 0,163 m<sup>3</sup>/h.

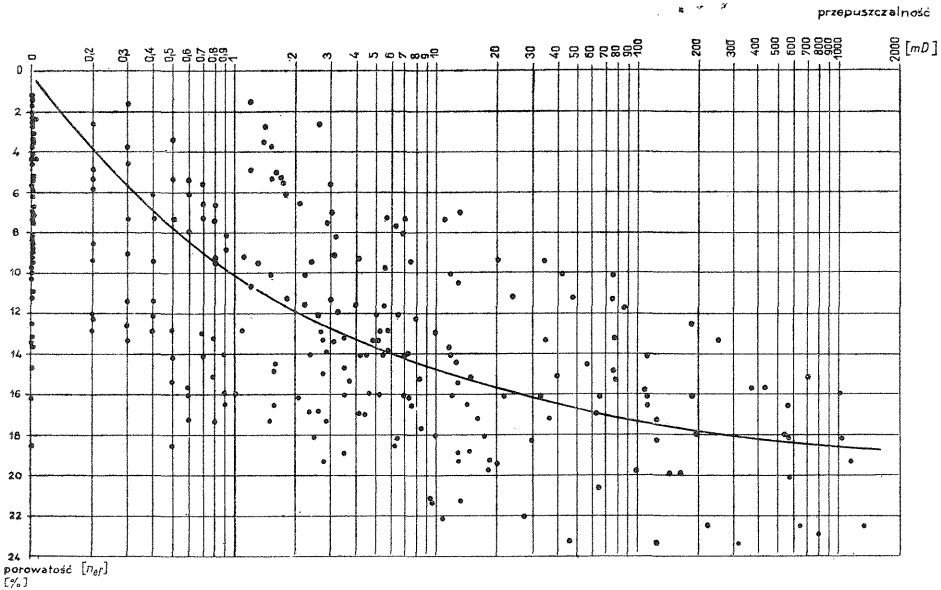


Fig. 6. Wykres zależności między porowatością ( $n_{ef}$ ) a przepuszczalnością ( $mD$ ) piaskowców karbońskich

Interdependence between porosity ( $n_{ef}$ ) and permeability ( $mD$ ) of Carboniferous sandstones

W utworach westfalu maksymalną wydajność jednostkową uzyskano ze stropowych piaskowców (0,4 m<sup>3</sup>/h). Piaskowce występujące w spągowych ogniwach tego piętra cechują się znikomą wodonością, trudną technicznie do określenia.

Gruboławicowe piaskowce namuru charakteryzują się wydajnościami jednostkowymi 0,004—0,82 m<sup>3</sup>/h.

Obserwacje D. P. Bobrownika (1962) poczynione w Zagłębiu Lwowsko-Wołyńskim wykazują, że na różnicowanie wodoności utworów karbońskich, prócz wykształcenia litologicznego, wpływa również stopień tektonicznego zaangażowania górotworu.

W piętrze wodonośnym karbonu produktywnego występują wody pod ciśnieniem 59—112 at, uzależnionym od głębokości ułożenia poziomów.

### SKŁAD CHEMICZNY, GAZOWY I IZOTOPOWY WÓD

Charakterystycznym zjawiskiem dla wód podziemnych Lubelskiego Zagłębia Węglowego jest występowanie normalnej strefowości hydrochemicznej, typowej dla basenów artezyjskich. Wyraża się ona wzrostem ogólnej mineralizacji wód z głębokością oraz kolejnym następstwem typów chemicznych wód: HCO<sub>3</sub> → HCO<sub>3</sub>-Cl → Cl-HCO<sub>3</sub> → Cl wzdłuż dróg krążenia.

Wzrost mineralizacji i zmiany składu jonowego wód przebiegają zgodnie z upadem warstw i regionalnym kierunkiem przepływu wód, tj. ze wschodu na zachód (fig. 1).

Poziom wodonośny występujący w utworach kredy, w strefie aktywnej wymiany wód, reprezentowany jest przez podstawowe typy chemiczne wód: HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg oraz HCO<sub>3</sub>-Ca-Na. Ogólna mineralizacja wód nie przekracza 0,5 g/l. Skład chemiczny wody typowej dla poziomu kredy górnej, wyrażony wzorem Kurłowa, kształtuje się następująco:

$$M_{0,2-0,5} \frac{\text{HCO}_{3,9,1,6} \text{SO}_{4,4,8} \text{Cl}_{3,6}}{\text{Ca}_{8,2,6} \text{Mg}_{9,4} \text{Na} + \text{K}_{8,0}}$$

Wody występujące w utworach kredy dolnej i jury są wodami typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na i Cl-HCO<sub>3</sub>-Na, często z podwyższoną zawartością SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Skład chemiczny typowej dla tego poziomu wody przedstawia się następująco:

$$M_{1,6} \frac{\text{Cl}_{6,1,3} \text{HCO}_{3,35,6} \text{SO}_{4,3,1}}{\text{Na} + \text{K}_{9,3,7} \text{Ca}_{3,6} \text{Mg}_{2,7}}$$

Opisywane wody charakteryzują się słabą alkalicznością, nieznaną twardością i brakiem agresywności. Ogólna mineralizacja wód nie przekracza 2,5 g/l.

W składzie gazowym wód z utworów jurajskich w zachodniej części Centralnego Okręgu Węglowego stwierdzono występowanie podwyższonej zawartości metanu. Gaz ten jest pochodzenia migracyjnego z niżej leżących utworów karbonu (A. Rózkowski, M. Sosnowski, 1975). Genezę jego należy wiązać z procesami naturalnej degazacji pokładów węgla.

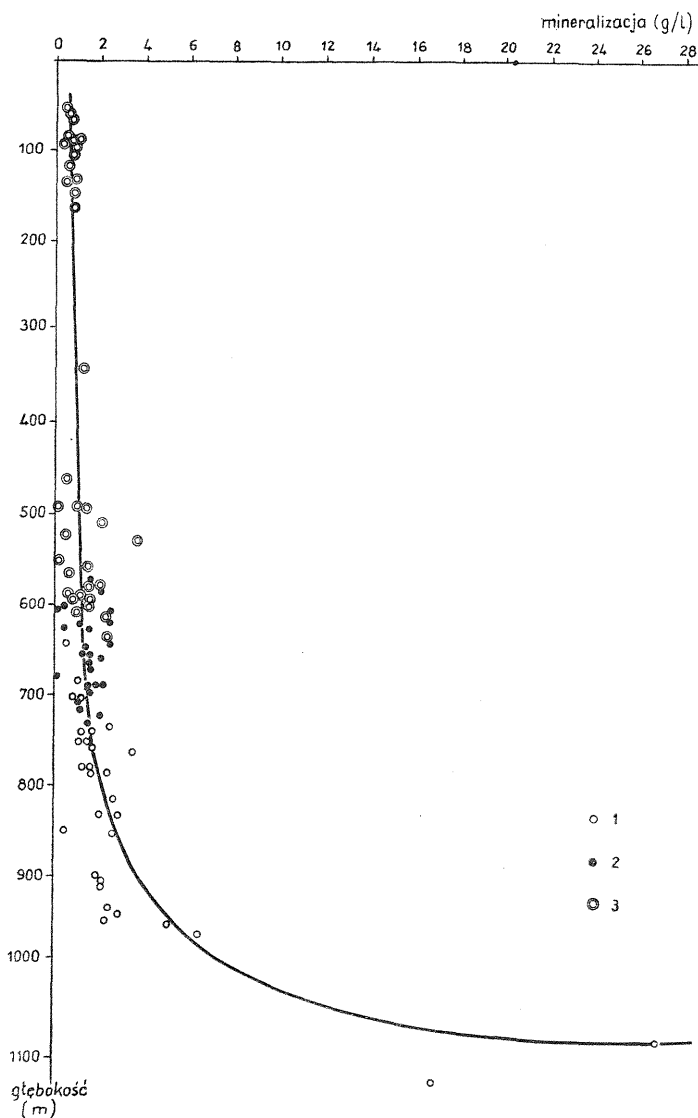


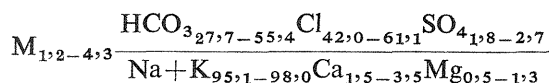
Fig. 7. Wykres zależności ogólnej mineralizacji wód od głębokości

Dependence of total water mineralization on depth

Piętra wodonośne: 1 — karbońskie, 2 — jurajskie, 3 — kredowe  
 Water-bearing stages: 1 — Carboniferous, 2 — Jurassic, 3 — Cretaceous

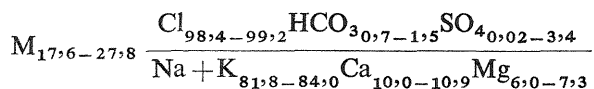
Dla wód krążących w utworach karbonu charakterystyczny jest wyraźny wzrost ich mineralizacji z głębokością (fig. 7). W zasięgu Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego obserwuje się związek wysokiej mineralizacji wód z określonymi ogniwami stratygraficznymi karbonu.

W utworach serii złożowej westfalu, na głęb. od 670 do ok. 1000 m, ogólna mineralizacja wód mieści się w granicach 1,2—4,3 g/l. Są to wody typu  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$  i  $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na}$ . Skład chemiczny wód przedstawia się następująco:



Opisywane wody charakteryzują się słabą alkalicznością, niską twardością oraz brakiem agresywności. W składzie gazowym dominuje azot, dwutlenek węgla oraz metan. Zawartość metanu nie przekracza kilku procent.

Wyraźny wzrost ogólnej mineralizacji obserwuje się w próbkach wód pobranych z utworów namuru z interwału 1000—1300 m. Na przykład próbka wody z otworu Syczyn IG 4 wykazała ogólną koncentrację soli 25,3 g/l. Pomiary karotażu geofizycznego wskazują na możliwość występowania w opisywanych utworach solanek o mineralizacji dochodzącej do 90 g/l. Wody z tej głębokości należą do typu wód  $\text{Cl-Na}$ . Skład ich kształtuje się następująco:



W składzie gazowym wód dominuje na ogół metan. Zawartość metanu waha się w granicach 24—74‰.

Badania składu izotopowego wód (A. Rózkowski, K. Przewłocki, 1974) oraz wyniki rozpoznania hydrochemicznego i składu gazowego wód (A. Rózkowski, T. Rudzińska 1978) pozwoliły określić obecny zasięg strefy wysłodzenia i wymiany wód w rozpatrywanym obszarze. Interesujące są wyniki oznaczeń stosunków  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta\text{D}$  w wodach z utworów kredy, jury i karbonu. Ekstremalne wartości  $\delta^{18}\text{O}$  mieszczą się w granicach od  $-10,05$  do  $-4,95$ ‰, zaś  $\delta\text{D}$  od  $-71,79$  do  $-41,40$ ‰.

Wśród badanych wód wydzielić można dwie grupy różniące się stosunkami izotopowymi i składem chemicznym.

Do pierwszej z nich zaliczono wody o ogólnej mineralizacji w granicach 0,4—4,5 g/l i typach chemicznych  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ ,  $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na}$ . Wartości  $\delta^{18}\text{O}$  są tu niższe od  $-8,4$ ‰, a wartości  $\delta\text{D}$  nie przekraczają  $-60,0$ ‰. Do grupy tej należą wszystkie wody z utworów kredy i jury oraz z większości poziomów wodonośnych serii złożowej westfalu, występujące na głęb. od 0 do ok. 1000 m. Wszystkie wartości punktów znajdują się w pobliżu prostej spełniającej wartości funkcji  $\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$ , charakterystycznej dla wód opadowych (fig. 8). Niska zawartość izotopów ciężkich tlenu i wodoru oraz chemizm wód pozwala zaliczyć je do wód infiltracyjnych. Za taką klasyfikacją przemawia również wiek wód z utworów jury określony na podstawie zawartości  $^{14}\text{C}$  od kilku do 30 tys. lat.

Drugi typ wód obejmuje wody z utworów karbonu i dewonu występujące poniżej 1000 m. Charakteryzują się one ogólną mineralizacją w granicach 10—40 g/l i typem chemicznym  $\text{Cl-Na}$ . Wskaźnik izolacji i stagnacji wód ( $\text{Na/Cl}$ ) kształtuje się w granicach 1,5—0,84. Wartości  $\delta^{18}\text{O}$  mieszczą się od  $-7,62$  do  $-4,95$ ‰, zaś  $\delta\text{D}$  od  $-53,90$  do  $-41,10$ ‰.

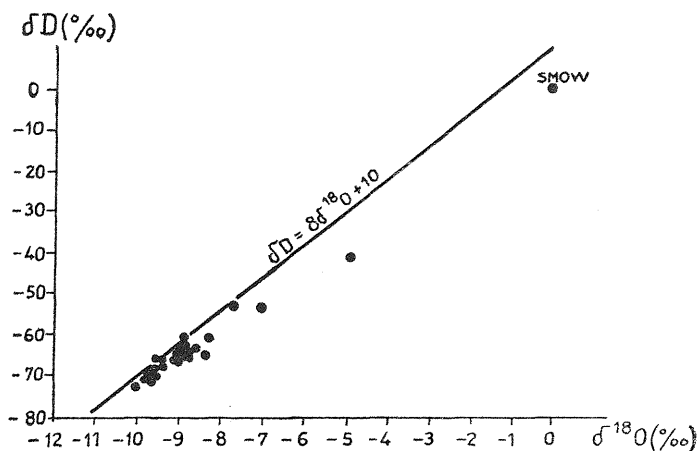


Fig. 8. Wykres zależności między stosunkami izotopów  $\delta D$  i  $\delta^{18}O$   
Interdependence between  $\delta D$  and  $\delta^{18}O$  isotope ratios

Wody grupy drugiej zostały zaliczone przez autorów do wód infiltracyjnych zmieszanych z wodami pogrzebanymi oraz do wód paleoinfiltracyjnych. Przemawia za tym wysoka zawartość ciężkich izotopów tlenu i wodoru w wodach oraz położenie punktów w pobliżu prostej charakterystycznej dla wód opadowych (fig. 8). Opisywane wody występują w środowisku hydrogeochemicznym izolowanym od współczesnych wód infiltracyjnych, przy czym stopień izolacji wzrasta wraz z głębokością. Występowanie dwóch różnych stref hydrogeochemicznych w profilu hydrogeologicznym LZW związane jest z historią rozwoju paleohydrogeologicznego tego regionu. Problem ten omówiony został w innych pracach (A. Rózkowski, K. Przewłocki, 1974; A. Rózkowski, T. Rudzińska, 1978).

## DROGI KRAŻENIA WÓD

Poziomy wodonośne występujące w utworach czwartorzędowych i stropowych ogniwach kredy położone są w zasięgu strefy aktywnej wymiany wód. Zasilanie poziomów odbywa się bezpośrednio opadami atmosferycznymi na całym obszarze ich rozprzestrzenienia. Obszarami drenażu są doliny rzeczne i jeziorne. Ze względu na niegłębokie położenie podstawy drenażu górnokredowego poziomu wodonośnego, drogi krążenia są na ogół krótkie. Drogi krążenia wód w poziomach piętra wodonośnego jury i karbonu przedstawiono schematycznie na mapie (fig. 1) i przekroju hydrogeologicznym (fig. 2). Kierunki przepływu określono przy uwzględnieniu budowy geologicznej regionu, składu chemicznego i izotopowego wód oraz formowania się ciśnień piezometrycznych.

Piętro wodonośne jury w zasięgu centralnej części LZW położone jest na głęb. 300—630 m. Głębokość zalegania wzrasta ku zachodowi (fig. 2). W zasięgu Centralnego i Północnego Okręgu Węglowego jest ono izolowane od górnokredowego poziomu wodonośnego ok. 400-metro-

wym kompleksem wapieni i margli kredy piszącej o przepuszczalności rzędu 0,1—3 *mD*. Uwzględniając przytoczone wartości przepuszczalności wspomniane utwory należy uznać za w pełni oraz częściowo izolujące. W związku z tym więź hydrauliczna między poziomem wodonośnym kredy górnej i jury jest tu bardzo utrudniona i praktycznie nie powinna być brana pod uwagę. Utrudnioną filtrację wód poprzez dolne ogniwa kredy górnej potwierdziły bezpośrednie badania hydrogeologiczne oraz badania zawartości izotopów trwałych  $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$  w wodach utworów kredy i jury (A. Rózkowski, K. Przewłocki, 1974).

Uwzględniając profil litologiczny warstw, skład chemiczny i izotopowy wód oraz kształtowanie się ciśnień piezometrycznych, piaszczyste utwory kredy dolnej i niżejleżące węglanowe utwory jury tworzą wspólny kompleks wodonośny.

Biorąc pod uwagę budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne centralnej i północnej części LZW zasilanie jurajskiego piętra wodonośnego ma miejsce głównie we wschodniej części obszaru, w odległości ok. 35—45 km od Centralnego Okręgu Węglowego. Zasilanie ma charakter pośredni poprzez utwory kredowe zredukowane w swej miąższości. Badania hydrogeologiczne prowadzone przez autorów we wspomnianej części Zagłębia wykazały, że piętro wodonośne kredy jest tu przepuszczalne i zawodnione w całym swym profilu. Zbliżony skład chemiczny i izotopowy wód z utworów kredy i jury potwierdziły istnienie wzajemnej więzi hydraulicznej. Występowanie obszarów zasilania we wschodniej części Zagłębia potwierdza również przebieg hydroizohips jurajskiego piętra wodonośnego. Ogólny trend obniżania się zwierciadła hydrostatycznego przebiega w kierunku na zachód.

Ważnych informacji w zakresie poznania dróg krążenia i obszarów zasilania dostarczyły również wyniki regionalnych badań hydrochemicznych i składu izotopowego wód.

Badania L. Bojarskiego oraz obserwacje autorów opracowania wykazały wyraźny wzrost ogólnej mineralizacji wód piętra jurajskiego w kierunku ze wschodu na zachód. W tymże kierunku zaznacza się również zmiana typu chemicznego wód, przebiegająca zgodnie ze schematem  $HCO_3 \rightarrow HCO_3-Cl \rightarrow Cl-HCO_3$ . Również wzrost ciężkich izotopów tlenu i wodoru w wodach potwierdza wspomnianą hipotezę (A. Rózkowski, K. Przewłocki, 1974).

Problem zasilania piętra wodonośnego jury, decydujący dla dalszych rozważań nad zawodnieniem projektowanych kopalń węgla w Centralnym Okręgu Węglowym, nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniony i wymaga dalszych badań. Obszary drenażu jurajskiego piętra wodonośnego są nierozpoznane. Przypuszczalnie istnieje tu drenaż ukryty, związany z regionalnymi dyslokacjami tektonicznymi.

Warunki krążenia wód w serii złożowej karbonu są słabo poznane ze względu na małą ilość punktów obserwacji oraz ich nierównomierną lokalizację. W świetle obecnego rozpoznania kierunki przepływu wód skierowane są ze wschodu i południowego wschodu na zachód i północny zachód, zgodnie z upadem warstw. Dalsze badania w tym zakresie są nieodzowne.

Karbońskie poziomy wodonośne są zasilane pośrednio przez wody z przykrywających je utworów jurajskich (fig. 2). Wskazuje na to bu-



dowa geologiczna obszaru, wyższe ciśnienia wód piętra jurajskiego oraz analogiczny chemizm wód z utworów jurajskich i stropowych ogniwi karbonu. Występowanie więzi hydraulicznej między opisywanymi wodami jest potwierdzone wynikami badań ich składu izotopowego. Nierozpoznana została natomiast rola stref uskokowych w systemie krążenia wód. Należy przypuszczać, że przynajmniej część tych stref jest drożna i tworzy uprzywilejowane drogi krążenia wód.

Badania autorów wykazały, że w strefie dyslokacji ograniczających antyklinę Kocka ma przypuszczalnie miejsce częściowy drenaż karbońskich poziomów wodonośnych. Wskazują na to wzrastające z głębokością ciśnienia hydrostatyczne wód badanych poziomów wodonośnych.

Oddział Górnośląski  
Instytutu Geologicznego  
Sosnowiec, ul. Białego 5

Nadesłano dnia 24 września 1977 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- CEBULAK S., PORZYCKI J. (1966) — Charakterystyka litologiczno-petrograficzna osadów karbonu lubelskiego. Pr. Inst. Geol., 44, p. 21—47. Warszawa.
- DEMBOWSKI Z., PORZYCKI J. (1967) — Wyniki prac geologiczno-poszukiwawczych prowadzonych w nowo odkrytym Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Pr. geol., 15, p. 4—10, nr 1. Warszawa.
- MOTYKA J., WITCZAK S. (1974) Własności hydrogeologiczne skał karbońskich Lubelskiego Zagłębia Węglowego w świetle badań laboratoryjnych. Zesz. nauk. AGH., 467, Geologia, p. 109—122, nr 22. Kraków.
- NIEMCZYCKA T. (1976) — Jura centralnej części Lubelskiego Zagłębia Węglowego i okolic Lublina. Kwart. geol., 20, p. 404—405, nr 2. Warszawa.
- PORZYCKI J. (1970) — Lubelskie Zagłębie Węglowe. Przew. XLII Zjazdu Pol. Tow. Geol., Lublin, p. 33—55. Wyd. Geol. Warszawa.
- PORZYCKI J. (1976) — Budowa geologiczna Centralnego Okręgu Węglowego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Pr. geol., 24, p. 385—393, nr 7. Warszawa.
- PRZEMYSKI S. (1975) — Uwagi do oceny warunków hydrogeologicznych kredy lubelskiej. Tech. Poszuk. geol., 14, p. 31—34, nr 6. Warszawa.
- RÓŻKOWSKI A., PRZEWŁOCKI K. (1974) — Application of stable Environmental Isotopes in Mine Hydrogeology on the Example of Polish Coal Basins. Isotope Techniques in Groundwater hydrology, 1974, 1, p. 481—502. IAEA. Vienna.
- RÓŻKOWSKI A., RUDZIŃSKA T. (1978) — Hydrogeochemical zonation in the Lublin Coal Basin. International Symposium "Hydrogeochemistry of mineralized waters" — Cieplice 1978. Wyd. Geol. Warszawa.
- RÓŻKOWSKI A., SOSNOWSKI M. (1975) — Metanowość złóż węgla kamiennego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Kwart. geol., 19, p. 537—557, nr 3. Warszawa.

- SZYMBORSKI A. (1974) — Geofizyczne poziomy przewodnie i ich charakterystyka w węglonośnym obszarze lubelskim. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- ŻELICHOWSKI A. M. (1972) — Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi i Bugiem. Biul. Inst. Geol., 263. Warszawa.
- БОБРОВНИК Д. (1962) — Львовско-Волынский каменноугольный бассейн. Киев.
- СТРУЕВ В. И. (1957) — Геологическое строение и угленосность Львовско-Волынского каменноугольного бассейна. Геология угольных месторождений. Москва.

Анджей РУЖКОВСКИ, Тереса РУДЗИНЬСКА

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СЕВЕРНОГО ОКРУДА В ЛЮБЛИНСКОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

#### Резюме

В статье представлена гидрогеологическая модель центрального и северного угольного округа в Люблинском угольном бассейне (фиг. 1) на фоне региональных гидрогеологических условий.

В гидрогеологическом разрезе этого района можно выделить 4 основных водоносных яруса (комплекса): четвертичный, меловой, юрский и карбонский (фиг. 2, 3). Гидрогеологические параметры этих водоносных комплексов приведены на фиг. 3.

В гидрогеологическом разрезе четвертичного водоносного комплекса залегают горизонты с обычно свободным зеркалом вод.

В водоносный комплекс мела входят горизонты верхнего и нижнего мела. В геологическом разрезе верхнего мела повышенная проницаемость и водоносность наблюдается только в кровельной его части до глубины около 200 м. Нижележащие звенья верхнего мела практически не водоносны. Пластово-трещинный водоносный горизонт нижнего мела представлен песчаниками и конгломератами альба. В этом горизонте, часто обладающем свойствами пльвуна, воды находятся под давлением около 55 атм.

Водоносный комплекс юры представлен 100 метровой толщей известняков, содержащей трещинно-карстовые воды. Воды находятся под давлением около 65 атм.

Водоносность продуктивной серии вестфалья связана с песчаными пропластками. Они образуют изолированные пластово-трещинные горизонты, содержащие воды под давлением 65—85 атм. Песчаники, залегающие в кровельной части вестфалья, отличаются более высокой проницаемостью и водоносностью от нижележащих. Последние практически не обладают фильтрационной способностью.

В подземных водах Люблинского угольного бассейна наблюдается гидрохимическая зональность. Она выражается ростом общей минерализации вод с глубиной и следующей очередностью химических типов вод:  $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3 - \text{Cl} \rightarrow \text{Cl} - \text{HCO}_3 \rightarrow \text{Cl}$  на пути их циркуляции. Рост минерализации и смена ионного состава вод происходит в соответствии с падением пластов и направлением регионального потока вод с востока на запад.

Результатами изучения химического, газового и изотопного состава вод ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ , T,  $^{14}\text{C}$ ) подтвердилось наличие 2 основных гидрохимических сред в гидрогеологическом разрезе Люблинского угольного бассейна. Первая из них распространяется до глубины около 1000 м

и охватывает покровные отложения и продуктивную серию. Она представлена водами типа  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{HCO}_3\text{—Cl}$ ,  $\text{Cl—HCO}_3$  с минерализацией обычно не более 5 г/л. Соотношение стабильных изотопов в границах  $-10,14 \div -8,4\%$  ( $\delta^{18}\text{O}$ ), а также  $-71,79 \div -60,0\%$  ( $\delta\text{D}$ ). Возраст вод водоносных горизонтов юры и карбона, определённый по содержанию  $^{14}\text{C}$ , колеблется в границах от нескольких до около 30 тыс. лет.

Нижерасположенная среда гидрогеохимически связана с нижними звеньями карбона и девона. Здесь залегают вышешиминерализованные воды, изолированные от влияния атмосферных осадков.

Карбонские водоносные горизонты питаются косвенно водами юрского водоносного комплекса. А они в свою очередь водами мела, главным образом в восточной части района (фиг. 2).

Andrzej RÓŹKOWSKI, Teresa RUDZIŃSKA

## HYDROGEOLOGICAL MODEL OF THE CENTRAL AND NORTHERN COAL FIELDS IN THE LUBLIN COAL BASIN

### Summary

The paper presents hydrogeological model of the Central and Northern Coal Fields in the Lublin Coal Basin versus regional hydrogeological conditions (Fig. 1). Four main water-bearing stages distinguishable in the hydrogeological section of this area include Quaternary, Cretaceous, Jurassic and Carboniferous (Figs. 2, 3). Figure 3 shows hydrogeological parameters of these stages.

Layered aquifers with water table usually not under pressure occur in the hydrogeological profile of the Quaternary water stage.

Cretaceous water stage is represented by Upper and Lower Cretaceous aquifers. In the case of the Upper Cretaceous, rock series characterized by increased permeability and water-bearing capacity appear confined to the uppermost parts, down to about 200 m depths, whereas underlying Upper Cretaceous rocks are practically impervious. Fissure-layered Lower Cretaceous aquifer is formed by Albian sandstones and conglomerates. This aquifer, often of the quicksand nature, is carrying out waters at the pressure of about 55 atm.

Jurassic water-bearing stage is formed by limestone complex about 100 m in thickness and carrying out fissure-karst waters at the pressure of about 65 atm.

Water-bearing capacity of Westphalian deposit series is related to sandstone intercalations forming independent fissure-layered aquifers which carry out waters at the pressure of 65—85 atm. Sandstones from uppermost members of the Westphalian are more permeable and water-bearing than the underlying ones.

Hydrochemical zonality of groundwaters of the Lublin Coal Basin is expressed by increase of total mineralization along with depth and the following succession of chemical types of waters marked along the circulation routes:  $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3\text{—Cl} \rightarrow \text{Cl—HCO}_3 \rightarrow \text{Cl}$ . The increase in mineralization and changes in ionic composition of waters are consistent with strike of strata and regional direction of water flow (from east to west).

The studies on chemical, gas and isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ , T,  $^{14}\text{C}$ ) composition of waters showed that there are 2 main hydrogeochemical environments in the Lublin Coal Basin. One environment comprises blanket and deposit series occurring at depths to about 1000 m. It is characterized by waters of the  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{HCO}_3\text{—Cl}$  and  $\text{Cl—HCO}_3$  types and mineralization usually below 5 g/l. Stable isotope ratios range from  $-10.14 \div -8.4\text{‰}$  ( $\delta^{18}\text{O}$ ) and  $-71.79 \div -60.0\text{‰}$  ( $\delta\text{D}$ ). The  $^{14}\text{C}$  age of waters from the Jurassic and Carboniferous aquifers ranges from a few to about 30 000 years.

The other hydrogeochemical environment is related to lower members of the Carboniferous and Devonian. Stronger mineralized waters occurring here are isolated from the influence of atmospheric waters.

Carboniferous aquifers are indirectly supplied by waters coming from Jurassic water-bearing stage which, in turn, is supplied by Cretaceous aquifers mainly in the eastern part of this area (Fig. 2).