

UKD 556.332:551.781.53/.732.11.022.4:552.513'521 + 552.513'123.2:556.343] + 551.781.4:519.2(438 – 13 depresja karpacka)

Józef CHOWANIEC, Nestor OSZCZYPKO, Krzysztof WITEK

Hydrogeologiczne cechy warstw krośnieńskich centralnej depresji karpackiej

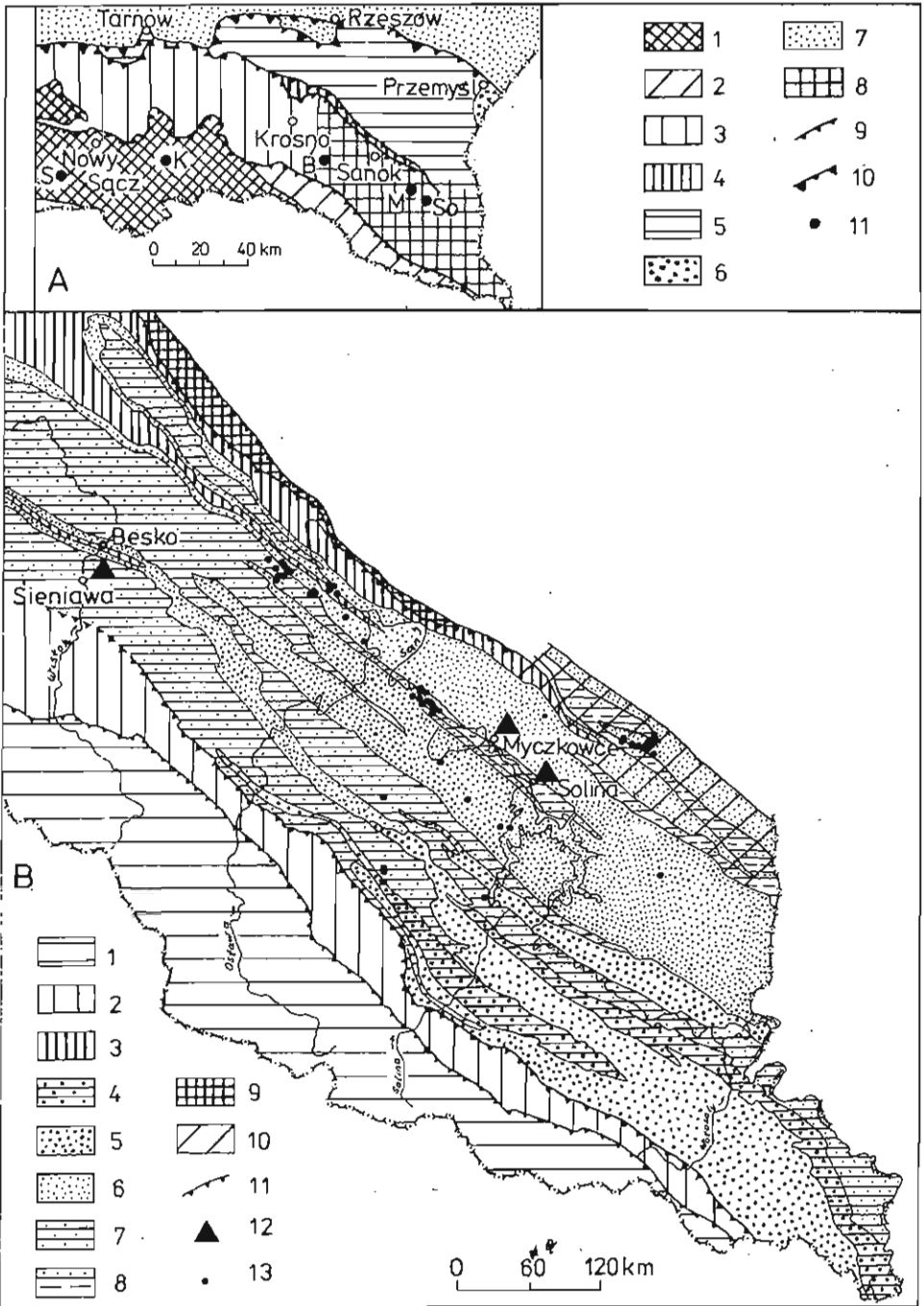
Przeanalizowano wpływ wykształcenia litologicznego dolnych warstw krośnieńskich na ich przepuszczalność i wodonośność. Stwierdzono statystycznie istotne różnice między wodonośnością ogniwa łupkowo-piaskowcowego i ogniwem piaskowców grubolawicowych. Określono potencjalne wydajności studni wierconych w dolnych warstwach krośnieńskich. Uzyskane wyniki porównano z wodonośnością i przepuszczalnością warstw magurskich. Wyniki badań opracowano przy zastosowaniu analizy statystycznej.

WSTĘP

W ostatnich latach ukazało się wiele publikacji omawiających wodonośność i przepuszczalność osadów fliszowych (H. Niedzielski, 1978, 1980a, b; D. Małecka, W. Murzynowski, 1978; N. Oszczytko i in., 1981). Prace te zawierają rozbieżne opinie na temat zróżnicowania wodonośności fliszu. H. Niedzielski (*l.c.*) twierdzi np., iż czynnik litologiczny nie odgrywa większej roli w wodonośności fliszu.

Autorzy przebadali wpływ zróżnicowania litologicznego warstw krośnieńskich centralnej depresji karpackiej na ich wodonośność i przepuszczalność (fig. 1A), wykorzystując doświadczenie uzyskane przy badaniu wodonośności warstw magurskich (N. Oszczytko i in., 1981).

Zastosowana metodyka ma charakter pośredni, ponieważ wpływ wykształcenia litologicznego na wodonośność badano statystycznie. Ten sposób postępowania podyktowany został przede wszystkim tym, iż wyniki opróbowań poziomów wodonośnych w Karpatach nie są w pełni miarodajne. Zdecydowana większość studni odwiercona została metodą udarową do głębokości 30–50 m, wyjątkowo głębiej. Pierwszy poziom wód podziemnych, występujący zazwyczaj w zwietrzelinie utworów fliszowych, zamykano rurami osłonowymi (ϕ 14–16") na głębokości 10–15 m. Do głębokości końcowej wiercono w rurach ϕ 11³/₄–14". Otwór



filtrowano rurami $\phi 8\frac{5}{8} - 11\frac{3}{4}$ ". Część czynną filtra stanowiły rury perforowane, zazwyczaj owinięte siatką. W wielu studniach zastosowano obsypkę żwirową. Przy tym systemie opróbowania miąższość warstwy wodonośnej, ilość poziomów wodonośnych oraz wielkość naporów w poszczególnych poziomach była nieznana. Wobec tego badano cały odsonięty profil. Innym niedostatkami opróbowania jest brak pompowań zespołowych. W związku z powyższym brak jest pewnych danych o zasięgu leja depresyjnego. Promień leja z reguły obliczany jest wzorami nie dostosowanymi do poziomów szczelinowych. Nie rozpoznana jest także dynamika wód podziemnych w strefie przyotworowej. Taki stan rzeczy zachęcił autorów do zastosowania analizy statystycznej.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ CENTRALNEGO SYNKLINORIUM KARPACKIEGO

Centralna depresja karpacka (fig. 1B), zwana także centralnym synklinorium, ograniczona jest od północy czołowym spiętrzeniem jednostek śląskiej i śląsko-podśląskiej, a w części NE należy do niej także wewnętrzne synklinorium jednostki skońskiej. Od południa ograniczają ją fałdy przeddukielskie. Utworzona jest głównie z najmłodszych osadów, tj. warstw krośnieńskich. A. Ślęczka (1980) wyróżnia dwie strefy facjalno-tektoniczne: południowo-zachodnią (otrycką) oraz północno-wschodnią (leską). W strefie otryckiej autor ten dzieli dolne warstwy krośnieńskie na trzy główne ogniwa: dolne – piaskowcowo-lupkowe, środkowe – piaskowcowe (piaskowce otryckie) oraz górne – lupkowo-piaskowcowe.

Ogniwo dolne utworzone jest z szarych, mikowych, średnio- i drobnoziarnistych, frakcjonalnie warstwowanych lub laminowanych piaskowców średnio- i cienkoławicowych. Piaskowce występują na przemian z łupkami i mułowcami wapnistymi, zawierają także podrzędne wkładki piaskowców gruboławicowych typu otryckiego. Miąższość ogniwa wynosi 200 – 1300 m.

Ogniwo środkowe – piaskowce otryckie – to piaskowce gruboławicowe, szare drobno- i średnioziarniste, niekiedy gruboziarniste lub zlepieńcowate. W pod-

Fig. 1. Usytuowanie obszaru badań (A) wraz z uproszczonym szkicem geologicznym (B) centralnej depresji karpackiej (wg S. Gućika i in., 1978 oraz A. Ślęczki i K. Żytki, 1978)

Location of area under study (A) and simplified geological sketch (B) of the Central Carpathian Depression (after S. Gućik et al., 1978; A. Ślęczka, and K. Żytko, 1978)

A: 1 – jednostka magurska; 2 – jednostka dukielska; 3 – jednostka śląska; 4 – jednostka podśląska; 5 – jednostka skońska; 6 – jednostka stebnicka; 7 – baden i sarmat zapadłiska przedkarpackiego oraz płaty miocenijskie na fliszu; 8 – usytuowanie obszaru badań; 9 – ważniejsze nasunięcia; 10 – brzeg Karpat fliszowych; 11 – miejsca badań wodocłonności: S – Sobel, K – Klimkówka, B – Besko, So – Solina, M – Myczkowce; B: 1 – jednostka dukielska; 2 – strefa przeddukielska wraz z łuską Bystrego; jednostka śląska; 3 – twory starsze od warstw krośnieńskich (kreda dolna – oligocen); warstwy krośnieńskie dolne: 4 – ogniwo piaskowcowo-lupkowe z wkładkami piaskowców otryckich w części południowej, 5 – piaskowce otryckie, 6 – ogniwo piaskowców gruboławicowych, 7 – ogniwo lupkowo-piaskowcowe; warstwy krośnieńskie górne (oligocen – miocen dolny): 8 – ogniwo lupkowo-piaskowcowe; 9 – jednostka podśląska; 10 – jednostka skońska; 11 – ważniejsze nasunięcia; 12 – miejsca badań wodocłonności; 13 – analizowane otwory hydrogeologiczne

A: 1 – Magura Unit; 2 – Dukla Unit; 3 – Silesian Unit; 4 – sub-Silesian Unit; 5 – Skole Unit; 6 – Stebnik Unit; 7 – Badenian and Sarmatian within the Carpathian Foredeep and the Miocene cover within the Flysch Carpathians; 8 – location of area under study; 9 – important overthrusts; 10 – boundary of the Flysch Carpathians; 11 – storage capacity testing sites; S – Sobel, K – Klimkówka, B – Besko, So – Solina, M – Myczkowce; B: 1 – Dukla Unit; 2 – Fore-Magura zone (Bystre Scale included); Silesian Unit; 3 – deposits older than the Krosno Beds (Lower Cretaceous – Oligocene); Lower Krosno Beds: 4 – sandstones-shale member intercalated in south with the Otryt sandstone; 5 – Otryt Sandstone; 6 – heavy-bedded sandstone member; 7 – shale-sandstone member; Upper Krosno Beds (Oligocene – Lower Miocene): 8 – shale-sandstone member; 9 – sub-Silesian Unit; 10 – Skole Unit; 11 – important overthrusts; 12 – storage capacity testing sites; 13 – water wells included in the study

rzędnych ilościach towarzyszą im przeławicenia drobnoziarnistych piaskowców cienkoławicowych oraz szare łupki wapniste. Miąższość ogniwa waha się od 1500 m w części południowej do 1000 m w części północnej.

Ogniwo górne tworzą naprzemianległe piaskowce cienko- i średnioławicowe drobnoziarniste oraz łupki szare wapniste. Miąższość tego ogniwa dochodzi do 700 m.

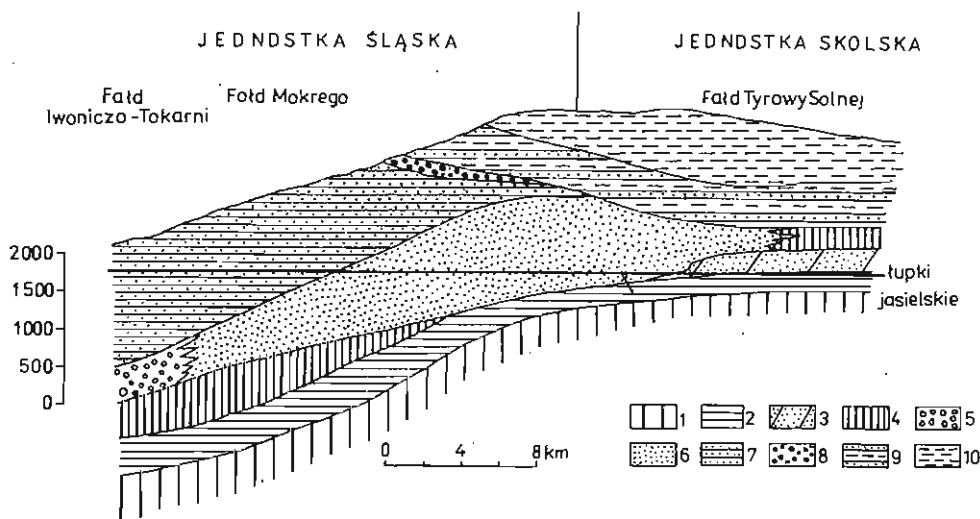


Fig. 2. Schemat litofacialny warstw krośnieńskich w centralnej depresji karpackiej (częściowo wg F. Biedy i in., 1963)

Lithofacial scheme of the Krosno Beds of the Central Carpathian Depression (partly after F. Bieda et al., 1963)

1 – paleocen – eocen (nierozdzielony); 2 – warstwy menilitowe; 3 – piaskowce kliwskie; 4 – warstwy przejściowe; warstwy krośnieńskie dolne; 5 – piaskowce otryckie, 6 – piaskowce gruboławicowe, 7 – ogniwo łupkowo-piaskowcowe, 8 – piaskowce z Ostrego; warstwy krośnieńskie górne; 9 – ogniwo łupkowo-piaskowcowe, 10 – ogniwo łupkowe

1 – Palaeocene – Eocene (undivided); 2 – Menillite Beds; 3 – Kliwa Sandstone; 4 – Transition Beds; Lower Krosno Beds; 5 – Otryt Sandstone, 6 – heavy-bedded sandstone, 7 – shale-sandstone member, 8 – sandstone of Ostre; Upper Krosno Beds; 9 – shale-sandstone member, 10 – shale member

W strefie północno-wschodniej – leskiej – warstwy krośnieńskie dolne reprezentowane są głównie przez ogniwo piaskowców gruboławicowych, średnio- i drobnoziarnistych, niebieskoszarych. Piaskowce gruboławicowe przeławicane są łupkami szarymi, wapnistymi oraz pakietami łupkowo-piaskowcowymi. Miąższość piaskowców gruboławicowych przekracza niekiedy 2000 m. Ponad opisanym ogniwem lokalnie występuje ogniwo piaskowcowo-łupkowe, zbudowane z piaskowców płytowych i skorupowych z przewarstwieniami szarych łupków.

Litostratygrafia warstw krośnieńskich oparta jest na korelacyjnym poziomie laminowanych wapieni, zwanych łupkami jasielskimi (S. Jucha, J. Kotlarczyk, 1961; L. Koszarski, K. Żytko, 1961).

W strefie otryckiej łupki jasielskie występują w ogniwie łupkowo-piaskowcowym, w strefie leskiej w ogniwie piaskowców gruboławicowych, natomiast w jednostce skolskiej – już w obrębie warstw menilitowych. Wynika to z faktu, iż dolna granica warstw krośnieńskich jest diachroniczna (fig. 2).

W strefie leskiej ponad ogniwem piaskowców gruboławicowych lub lokalnie ponad ogniwem łupkowo-piaskowcowym występują piaskowce z Ostrego, stanowiące strop warstw krośnieńskich dolnych. Są to piaskowce gruboławicowe drobno- i średnioziarniste, glaukonitowe. Miąższość tego ogniwa, mającego znaczenie korelacyjne, wynosi 15–40 m.

Nad piaskowcami z Ostrego leżą górne warstwy krośnieńskie, utworzone z piaskowców cienko- i średnioławicowych z wkładkami łupków szarych. Wyższą część warstw tworzą szare łupki margliste z piaskowcami cienkoławicowymi, drobnoziarnistymi. Warstwy krośnieńskie górne występują jedynie w synklinach należących do leskiej części centralnego synklinorium. Szersze rozprzestrzenienie mają one w jednostce skońskiej. Przyjmuje się obecnie, iż dolne warstwy krośnieńskie należą do oligocenu, natomiast górne do oligocenu–miocenu.

Przedmiotem opracowania są: ogniwo łupkowo-piaskowcowe strefy otryckiej, ogniwo piaskowców gruboławicowych strefy leskiej oraz piaskowce z Ostrego.

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA WARSTW KROŚNIENSKICH CENTRALNEJ DEPRESJI KARPACKIEJ

Porowatość i przepuszczalność piaskowców dolnokrośnieńskich pochodzących z rdzeni wierceń górnictwa naftowego badana była przez W. Kulczyckiego (1959). 96% rdzeni miało porowatość efektywną w granicach 1,5 do 8,5, a jedynie 4% w granicach 8,5–19,5%; wartość średnia wynosiła 4,72%. Piaskowce dolnokrośnieńskie, zdaniem tego autora, odznaczają się bardzo niską przepuszczalnością – średnio 4,87 mD. W badanym zbiorze 85,3% stanowiły próbki nieprzepuszczalne. Próbkę z odsłoneń naturalnych badała J. Pinińska (1980). Jej zdaniem porowatość efektywna piaskowców krośnieńskich wynosi 0,27–15,41%. Najmniejszymi wartościami odznaczają się piaskowce skorupowe (średnio 1,12–9,51%), w następnej kolejności plasują się piaskowce cienkoławicowe (średnio 2,54–6,48%). Najwyższą porowatość mają piaskowce gruboławicowe (średnio 4,52–13,48%).

Pod względem przepuszczalności najniższymi wartościami odznaczają się piaskowce górnych warstw krośnieńskich, bez względu na typ ławicy. Natomiast w dolnych warstwach krośnieńskich średnia przepuszczalność wynosi 0,45–14,47 mD. Nie zauważa się jednak wyraźnej zależności między typem i grubością ławicy a przepuszczalnością. Zdaniem J. Pinińskiej (*l.c.*) swobodny przepływ wody w warstwach krośnieńskich może mieć miejsce przy przepuszczalności średniej wyższej od 10 mD.

Kierunki zmian porowatości efektywnej badane były przez N. Oszczykę i D. Poprawę¹. W centralnej depresji stwierdzono stopniowy spadek porowatości efektywnej w kierunku SE. Tę zależność dobrze ilustrują przeciętne porowatości wyliczone dla poszczególnych ogni w warstwach dolnokrośnieńskich, które wynoszą: w ogniwie piaskowców otryckich – 4,78%, w ogniwie piaskowców gruboławicowych – 5,0%, a w ogniwie łupkowo-piaskowcowym – 5,53%.

W artykule przeanalizowano wyniki próbnych pompowań z 75 wyselekcjonowanych otworów hydrogeologicznych usytuowanych na dolnych warstwach krośnieńskich. Wyeleminowano wyniki próbnych pompowań budzących wątpliwości z uwagi na stan techniczny otworów oraz sposób opróbowania. Po weryfikacji dysponowano 186 wynikami próbnych pompowań. Powyższy zbiór podzie-

¹ Referat pt. „Własności petrofizyczne piaskowców krośnieńskich z centralnej depresji karpackiej” wygłoszony na posiedzeniu naukowym w OK IG w dniu 4.VI.1981 r.

Tabela 1

Parametry	Warstwy krośnieńskie dolne		Warstwy magurskie
	piaskowce gruboławicowe	kompleks łupkowo-piaskowcowy	
n	$\frac{116,0^*}{116,0^{**}}$	$\frac{42,0}{42,0}$	$\frac{49,0}{46,0}$
min	$\frac{0,19}{0,012}$	$\frac{0,36}{0,02}$	$\frac{0,15}{0,0136}$
max	$\frac{18,4}{2,0}$	$\frac{8,6}{0,75}$	$\frac{21,326}{1,84}$
V[%]	$\frac{93,26}{103,0}$	$\frac{79,76}{89,36}$	$\frac{83,15}{92,6}$
\bar{x}	$\frac{4,16}{0,377}$	$\frac{2,946}{0,235}$	$\frac{6,59}{0,419}$
P ₁ [%]	$\frac{30,0}{32,5}$	$\frac{30,0}{32,5}$	$\frac{32,5}{32,5}$
σ_n	$\frac{3,88}{0,388}$	$\frac{2,35}{0,21}$	$\frac{5,48}{0,388}$
σ_{n-1}	$\frac{3,9}{0,39}$	$\frac{2,38}{0,21}$	$\frac{5,53}{0,392}$
Me[%]	$\frac{2,8}{0,257}$	$\frac{2,33}{0,16}$	$\frac{5,3}{0,3}$
P ₂ [%]	$\frac{55,0}{55,0}$	$\frac{60,0}{60,0}$	$\frac{55,0}{55,0}$
Mo	$\frac{1,0-2,0}{0,0-0,1}$	$\frac{0,0-1,0}{0,0-0,1}$	$\frac{1,0-2,0}{0,0-0,1 \quad 0,2-0,3}$

n – liczba obserwacji; V – wskaźnik zmienności; \bar{x} – wartość średnia; P₁ – prawdopodobieństwo uzyskania wydajności większej od \bar{x} ; σ_n , σ_{n-1} – odchylenie standardowe; Me – mediana; P₂ – prawdopodobieństwo uzyskania wydajności mniejszej od Me; Mo – klasa modalna; * – wszystkie wartości w liczniku dotyczą Q; ** – wszystkie wartości w mianowniku dotyczą q; Q – wydajność studni [m³/h]; q – wydajność jednostkowa studni [m³/h/1 m]

lono na dwie bardziej jednorodne litologiczne grupy: ogniwo piaskowców gruboławicowych oraz ogniwo łupkowo-piaskowcowe. W grupach tych rozkład badanych parametrów zbliżony był do normalnego.

W ogniwie piaskowców gruboławicowych największa wydajność mieści się w przedziale 1–2 m³/h i obejmuje 21% badanych skał (klasa modalna), 80% charakteryzuje się wydajnością niższą od 6 m³/h. Wydajności przekraczające 10 m³/h stanowią tylko niecałe 9%. Średnia arytmetyczna wynosi 4,16 m³/h, przy średniej depresji $s = 15,40$ m. Prawdopodobieństwo uzyskania wartości wyższej od średniej osiąga 30% (fig. 3), a wartości wyższej od mediany (2,8 m³/h) – 45%. Współczynnik zmienności 93,3% (tab. 1).

Ogniwo łupkowo-piaskowcowe dolnych warstw krośnieńskich charakteryzuje się nieco niższymi wydajnościami: klasa modalna 0–1 m³/h (31%), 80% przypada na wartości niższe od 5 m³/h, wydajności powyżej 10 m³/h nie stwierdzono. Średnia arytmetyczna wynosi 2,95 m³/h, przy średniej depresji 16,00 m (tab. 1), a prawdopodobieństwo uzyskania wartości wyższej od średniej osiąga 30% (fig. 3), mediana 2,33 m³/h, a prawdopodobieństwo uzyskania wartości wyższej – 40%. Współczynnik zmienności 79,8%. Przebadano istotność różnic pomiędzy poszczególnymi średnimi przy pomocy testów „u” i „t” (tab. 2, 3), przyjmując istotność z prawdopodobieństwem 99%.

Tabela 2

Test u

Q		Warstwy krośnieńskie dolne		Warstwy magurskie
		piaskowce gruboławicowe	kompleks łupkowo-piaskowcowy	
q	piaskowce gruboławicowe		$\frac{2,95}{2,38}$	$\frac{0,622^*}{2,76^{**}}$
	kompleks łupkowo-piaskowcowy	$\frac{2,95}{2,38}$		$\frac{2,8}{4,23}$
Warstwy magurskie		$\frac{0,622}{2,76}$	$\frac{2,8}{4,23}$	

2,95 – zachodzą istotne różnice w wartościach średnich; Q, q – jak na tab. 1

Dla wydzielonych zespołów badano także wydajności jednostkowe, uzyskując podobne rozkłady jak w przypadku wydajności. Najliczniejszą klasę wydajności jednostkowej w obu grupach stanowi przedział 0–0,1 m³/h/m. Liczba obserwacji w klasie modalnej kształtuje się od 26% w ogniwie piaskowców gruboławicowych do 35% w ogniwie łupkowo-piaskowcowym. Wydajność jednostkową poniżej 0,7 m³/h/m odnosi się w 85% do piaskowców gruboławicowych i w 99% do ogniwa łupkowo-piaskowcowego. Średnia arytmetyczna waha się od 0,235 dla tego ostatniego do 0,377 m³/h/m dla piaskowców gruboławicowych. Prawdopodobieństwo uzyskania wartości wyższej od średniej wynosi około 30% w obu

ogniwach (fig. 3). Wartość mediany jest następująca – od 0,16 dla ogniwa łupkowo-piaskowcowego do 0,257 dla piaskowców gruboławicowych. Prawdopodobieństwo występowania wartości wyższych wynosi 40–45% (tab. 1). Zmienność opisywanego parametru w przybliżeniu jest taka sama we wszystkich zespołach i kształtuje się od 90 do 103%. Z porównania średnich wynika, iż zaznaczają się różnice między poszczególnymi zespołami dolnych warstw krośnieńskich (tab. 2, 3).

Tabela 3

Test t

q		Q		Warstwy magurskie
		Warstwy krośnieńskie dolne		
		piaskowce gruboławicowe	kompleks łupkowo-piaskowcowy	
Warstwy krośnieńskie dolne	piaskowce gruboławicowe		$\frac{5,9}{0,5}$	$\frac{1,68^*}{0,69^{**}}$
	kompleks łupkowo-piaskowcowy	$\frac{5,9}{0,5}$		$\frac{7,83}{0,77}$
Warstwy magurskie		$\frac{1,68}{0,69}$	$\frac{7,83}{0,77}$	

5,9 – zachodzą istotne różnice w wartościach średnich; Q, q – jak na tab. 1

Istnieje także określona zależność między wykształceniem litologicznym warstw krośnieńskich a wydajnościami studni odwierconych w tych utworach. Związek ten wyraźniej zaznacza się przy analizie wydajności jednostkowych, gdzie stwierdzono statystycznie istotne różnice w wartościach średnich.

Piaskowce gruboławicowe dolnych warstw krośnieńskich w porównaniu z ogniwnem łupkowo-piaskowcowym tych warstw odznaczają się większymi wydajnościami średnimi oraz większymi średnimi wydajnościami jednostkowymi. Podobnie mediany wydajności i wydajności jednostkowej są wyższe w piaskowcach gruboławicowych niż w zespole łupkowo-piaskowcowym (tab. 1). Poszczególne zespoły litologiczne warstw krośnieńskich porównano z warstwami magurskimi (fig. 3, 4) Beskidu Sądeckiego i Beskidu Niskiego (N. Oszczypko i in., 1981). Warstwy magurskie charakteryzują się znacznie wyższymi wydajnościami średnimi i jednostkowymi. Różnice te przedstawiono na tab. 1–3. Dotyczą one szczególnie warstw magurskich i ogniwa łupkowo-piaskowcowego dolnych warstw krośnieńskich. Nie znajduje tu potwierdzenia teza H. Niedzielskiego (1980 a, b), że wodonośność utworów fliszowych nie jest zależna od ich litologii. Różnice te nie są zbyt duże, ale bardzo istotne.

Prawdopodobieństwo uzyskania wydajności do 1 m³/h odnosi się w 84% do warstw magurskich, 71% do piaskowców gruboławicowych dolnych warstw krośnieńskich oraz 55% do łupkowo-piaskowcowego zespołu tych warstw. W warstwach krośnieńskich różnice te zanikają przy wydajnościach wyższych od 4 m³/h. Można zatem przypuszczać, iż wydajności wyższe od przeciętnych nie są zależ-

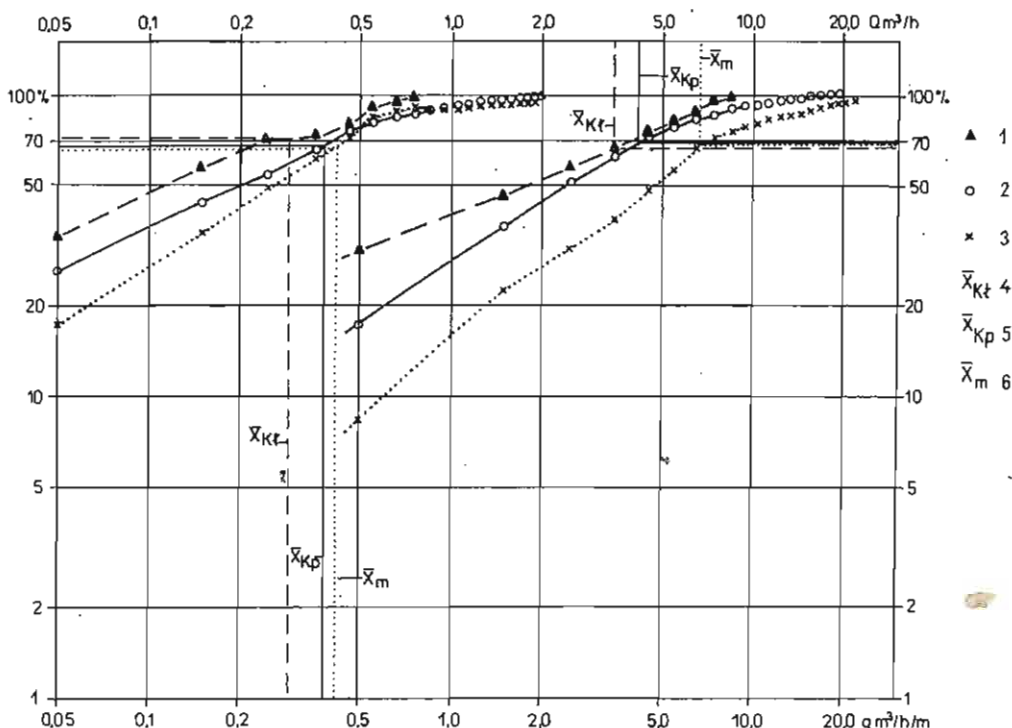


Fig. 3. Krzywe kumulacyjne wydajności studni oraz wydajności jednostkowych
Cumulative curves of capacity and specific capacity for a well

Warstwy krośnieńskie dolne: 1 – ogniwo łupkowo-piaskowcowe, 2 – ogniwo piaskowców grubolawicowych; 3 – warstwy magurskie; średnie arytmetyczne dla: 4 – ogniwa łupkowo-piaskowcowego, 5 – ogniwa piaskowców grubolawicowych, 6 – warstw magurskich

Lower Krosno Beds: 1 – shale-sandstone member, 2 – heavy-bedded sandstone member; 3 – Magura Beds; arithmetic means for: 4 – shale-sandstone member, 5 – heavy-bedded sandstone member, 6 – Magura Beds

nione od wykształcenia litologicznego warstw, lecz od innych czynników, takich jak: podwyższona szczelinowatość, podwyższona miąższość strefy przepuszczalnej, duża miąższość warstwy wodonośnej oraz związek hydrauliczny z blisko położonym ciekim powierzchniowym.

Różnice w wodonośności warstw magurskich oraz warstw krośnieńskich próbowano wytłumaczyć analizując wyniki badań wodochłonności.

W centralnej depresji karpackiej wodochłonność warstw krośnieńskich badano w Myczkowcach, Solinie oraz w Sieniawie koło Beska (J. Dziewański, 1962, 1969; W. Jawański, 1977). Dolina Sanu między Myczkowcami i Soliną została dotychczas najlepiej zbadana na obszarze centralnego synklinorium (fig. 1B).

Podczas prac w Myczkowcach rozpoznano ogniwa łupkowo-piaskowcowe dolnych warstw krośnieńskich, ogniwo piaskowców z Ostrego oraz łupkowo-piaskowcowe ogniwo warstw krośnieńskich górnych. Ogniwo łupkowo-piaskowcowe i ogniwo piaskowca z Ostrego, na których posadowiono prawy przyczółek zapory, są przepuszczalne do głębokości 30 m, natomiast kompleks łupkowo-piaskowcowy warstw krośnieńskich górnych (lewy przyczółek) do 35–37 m (J. Dziewański, 1962).

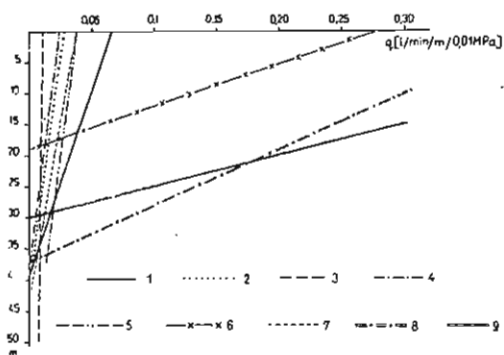


Fig. 4

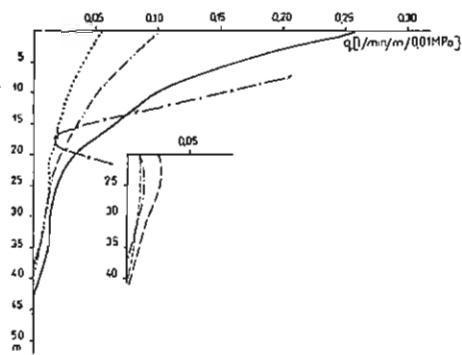


Fig. 5

Fig. 4. Zależność wodochłonności jednostkowej od głębokości dla ogniwa łupkowo-piaskowcowego dolnych warstw krośnieńskich w Besku

Dependence of specific water-storage capacity and depth for shale-sandstone member of the Lower Krosno Beds at Besko

Badania przy ciśnieniu 0,3 MPa: 1 – lewe zbocze – wierzchołowa, 2 – dolina, 3 – lewe zbocze – stok; prawe zbocze: 4 – stok, 5 – wierzchołowa; 6 – badania przy 0,2 MPa – całość, 7 – badania przy 0,3 MPa – całość; Myczkowce: 8 – lewy przyczółek, 9 – prawy przyczółek

Tests at pressure of 0.3 MPa exerted: 1 – left side – summit part, 2 – valley, 3 – left side – slope; right side: 4 – slope, 5 – summit part; 6 – all tests at 0.2 MPa exerted; 7 – all tests at 0.3 MPa exerted; Myczkowce: 8 – left abutment, 9 – right abutment

Fig. 5. Zależność wodochłonności jednostkowej od głębokości – aproksymacja wielomianem stopnia 3
Dependence of specific water-storage capacity and depth – approximation by polynomial of the 3rd degree

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as given in Fig. 4

Rejon zapory w Solinie obejmuje część asymetrycznej synkliny Czulnia – Jawor, której skrzydła wyznacza piaskowiec gruboławicowy z Ostrego. Badania J. Dziewańskiego wykazały, iż w strefie przypowierzchniowej przepuszczalność piaskowców z Ostrego jest o cały rząd wyższa od kompleksu łupkowo-piaskowcowego.

Wodochłonność dolnych warstw krośnieńskich w Besku była przedmiotem szczegółowych studiów W. Jawańskiego (1977). Zaporę w Besku usytuowano (fig. 1B) na północnym skrzydle synkliny Sieniawy, w kompleksie łupkowo-piaskowcowym. Przyczółki zapory utworzone są z piaskowców średnio- i gruboławicowych z wkładkami łupków, podścielonych pakietem łupkowym (25 m) odsłaniającym się w dnie doliny Wisłoka. Według J. Jawańskiego piaskowce w kompleksie piaskowców gruboławicowych stanowią 95% osadu, w kompleksie piaskowcowo-łupkowym 50–70%, natomiast w pakiecie łupkowym zaledwie 5%. W pakiecie łupkowym dominują szare łupki margliste z przełwiczeniami piaskowców cienkoławicowych. Strefa silnie zwietrzała, której miąższość na wierzchołwie nie przekracza 10 m, w dnie doliny osiąga 1–2 m. Niżej leży strefa słabiej spękana, której spąg wyznacza wodochłonność jednostkowa mniejsza od 0,03 l/min/m. Głębokość tej strefy wynosi na zboczach 35–40 m, natomiast w dnie doliny 20–25 m.

Zmiany wodochłonności jednostkowej wraz z głębokością na obszarze Beska próbowali autorzy opisać analitycznie. Materiał, jakim dysponowano, był bardzo

niejednorodny. Dla ciśnienia 0,2 MPa dane pochodziły z głęb. 7,5–23,5 m, natomiast dla ciśnienia 0,3 MPa – 15,5–41 m. W związku z tym obliczenia mają wartość tylko orientacyjną. W zbiorze pierwszym zależność między wodochłonnością i głębokością jest statystycznie istotna. Świadczy o tym wysoka wartość współczynnika determinacji (91%) bez względu na rodzaj aproksymacji. W zbiorze drugim, charakterystycznym dla głębokości 20–40 m, związek wodochłonności z głębokością jest statystycznie nieistotny (współczynnik determinacji poniżej 3,5%). Z przeprowadzonych obliczeń (fig. 4, 5) można ostrożnie wnioskować, iż w Besku strefa dobrze przepuszczalna sięga zaledwie do głębokości 17–20 m, natomiast poniżej 35–40 m warstwy krośnieńskie są praktycznie nieprzepuszczalne. Można także wnosić o stosunkowo wyższej przepuszczalności strefy przy powierzchniowej na wierzchołkach niż na stokach. Pośrednie wartości notuje się w dnie doliny. Zależności te zgodne są z modelem zaprezentowanym przez N. Oszczypkę i in. (1981). W porównaniu z piaskowcami magurskimi przepuszczalność warstw krośnieńskich z Beska jest znacznie niższa, a strefa przepuszczalna jest dwukrotnie płytsza (fig. 6).

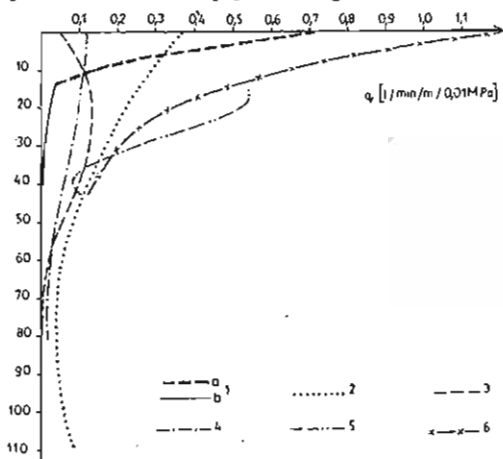


Fig. 6

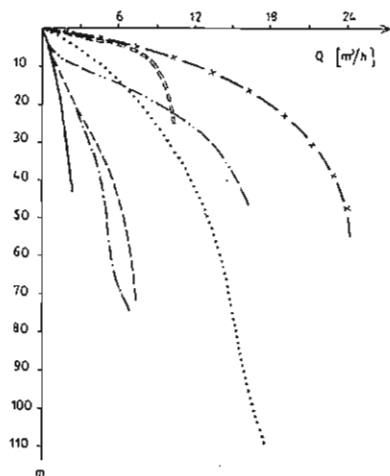


Fig. 7

Fig. 6. Zależność wodochłonności jednostkowej od głębokości – aproksymacja wielomianem stopnia 3

Dependence of specific water-storage capacity and depth – approximation by polynomial of the 3rd degree

1 – Besko: a – przy ciśnieniu 0,2 MPa (całość), b – przy ciśnieniu 0,3 MPa (całość); 2 – Sobel (0,2 MPa); Klimkówka: 3 – prawe zbocze (0,2 MPa), 4 – lewe zbocze (0,2 MPa); 5 – Jazowisko I (0,2 MPa); 6 – Jazowisko II (0,2 MPa)

1 – Besko site: a – all tests at pressure of 0.2 MPa exerted, b – all tests at 0.3 MPa exerted; 2 – Sobel site (0.2 MPa exerted); Klimkówka site: 3 – right side (0.2 MPa exerted), 4 – left side (0.2 MPa exerted); 5 – Jazowisko I site (0.2 MPa exerted); 6 – Jazowisko II site (0.2 MPa exerted)

Fig. 7. Zależność potencjalnej wydajności studni wierconej od głębokości, przy $2r = 112$ mm
Dependence of potential capacity of water well versus depth; at $2r = 112$ mm

Objaśnienia jak na fig. 6

Explanations as given in Fig.

Próbowano także obliczyć wydajności potencjalne z krzywych zmian wodochłonności z głębokością przy ciśnieniu 0,2 i 0,3 MPa. Do obliczeń tych należy podejść bardzo krytycznie, zważywszy, iż strefa przypowierzchniowa (do głębokości 7,5 m) nie była badana.

W strefie przypowierzchniowej (20 m), utworzonej głównie z piaskowców gruboławicowych, potencjalna wydajność przy pełnym nasyceniu strefy przepuszczalnej wynosi $10 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji 20 m (fig. 7). Natomiast dla kompleksu łupkowego wydajność studni o głębokości do 40 m wynosi $2,4 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji 30 m i zachowaniu wyżej podanego założenia. Wyniki te mieszczą się w przedziale wydajności studni wierconych w warstwach krośnieńskich centralnej depresji karpackiej. W porównaniu z warstwami magurskimi Beskidu Sądeckiego potencjalna wydajność warstw krośnieńskich jest znacznie niższa (fig. 7).

WNIOSKI

Mięższość strefy przepuszczalnej w warstwach krośnieńskich centralnej depresji karpackiej dochodzi do 40 m i jest dwukrotnie niższa od mięższości tej strefy w warstwach magurskich. Przepuszczalność warstw krośnieńskich do głębokości 20 m wynosi przeciętnie $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sek}$, natomiast w przedziale głębokości 20–40 m – $2,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}/\text{sek}$. W obu strefach przepuszczalność ta jest o cały rząd niższa od przepuszczalności warstw magurskich.

Stwierdzono zależność między przepuszczalnością i wodonośnością warstw krośnieńskich dolnych a ich wykształceniem litologicznym. Związek ten był dawniej przyjmowany w wielu opracowaniach hydrogeologicznych. Z uwagi jednak na znaczne zróżnicowanie wodonośności fliszu część autorów kwestionowało tę zależność. Piaskowce gruboławicowe odznaczają się wyższymi wydajnościami niż kompleks łupkowo-piaskowcowy. Przeciętna wydajność piaskowców gruboławicowych wynosi $4,16 \text{ m}^3/\text{h}$, natomiast kompleksu łupkowo-piaskowcowego $2,95 \text{ m}^3/\text{h}$. Mediany kształtują się odpowiednio 2,8 i $2,33 \text{ m}^3/\text{h}$. Średnia wydajność jednostkowa $0,377 \text{ m}^3/\text{h}$ i $0,235 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Mediany wynoszą 0,257 i $0,16 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Różnice te potwierdzają testy wartości średnich.

Potencjalne wydajności obliczone z badań wodochłonności w Besku wynoszą od 2,4 do $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Podobnie jak w piaskowcach magurskich przepuszczalność piaskowców krośnieńskich jest największa na wierzchowinach, najmniejsza na stokach, pośrednia w dnie doliny.

Poszukiwania wód pitnych we fliszu dały dużą ilość otworów negatywnych (wydajność poniżej $1 \text{ m}^3/\text{h}$) wynoszącą od 25% w ogniwie piaskowców gruboławicowych do 31% w ogniwie łupkowo-piaskowcowym. W warstwach magurskich otwory negatywne stanowią 8%. Dla zwiększenia efektywności poszukiwań należy je poprzedzić szczegółowymi badaniami – geologiczno-geofizyczno-hydrogeologicznymi na wybranych strukturach. Kompleks badań hydrogeologicznych powinien przewidywać odwiercenie hydrowęzłów oraz pompowanie ich w warunkach ruchu nieustalonego.

PIŚMIENICTWO

- BIEDA F., GEROCH S., KOSZARSKI L., KSIĄŻKIEWICZ M., ŻYTKO K. (1963) – Stratigraphie des Karpates externes Polonaises. *Biul. Inst. Geol.*, **181**, p. 5–174.
- DZIEWAŃSKI J. (1962) – Próbną cementacją przesłony przeciwfiltracyjnej zapory Myczkowce na Sanie. *Geotechn. i Hydrogeol.*, z. 2a, p. 33–69.
- DZIEWAŃSKI J. (1969) – Przesłona przeciwfiltracyjna jednej z zapór wodnych zlokalizowanych w skałach facji fliszowej Karpat. *Odwadn. Kopalń i Geotechn.*, z. 2, p. 137–160.
- JAWAŃSKI W. (1977) – Charakterystyka i modelowanie hydrauliczne masywów skalnych w podłożu budowli hydrotechnicznych. Rozprawa doktorska. IBW PAN. Kraków.
- JUCHA S., KOTLARZYK J. (1961) – Seria menilitowo-krośnieńska w Karpatach fliszowych. *Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie*, nr 4.
- KOSZARSKI L., ŻYTKO K. (1961) – Łupki jasielskie w serii menilitowo-krośnieńskiej w Karpatach Środkowych. *Biul. Inst. Geol.*, **166**, p. 87–232.
- KULCZYCKI W. (1959) – Zagadnienie porowatości, szczelinowości i przepuszczalności pokładów ropnych i gazowych w Karpatach Środkowych. *Nafta*, **15**, p. 102–108, nr 4.
- MAŁECKA D., MURZYŃOWSKI W. (1978) – Rejonizacja hydrogeologiczna Karpat fliszowych. *Bibl. Wiad. IMUZ*, nr 56, p. 44–46.
- NIEDZIELSKI H. (1978) – Warunki hydrogeologiczne fliszu karpackiego w świetle badań geologiczno-inżynierskich. *Zesz. Nauk. PAN Krak.*, nr 4. *Bud. Wod. i Inż. Sanit.*, z. 27, p. 95–104.
- NIEDZIELSKI H. (1980a) – Charakterystyka wodonośności fliszu karpackiego na podstawie wydatku studzien. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **50**, p. 139–159, z. 1.
- NIEDZIELSKI H. (1980b) – Flisz karpacki jako złożę wodne. *Symposium: Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej*, p. 243–252. Warszawa.
- OSZCZYPKO N., CHOWANIEC J., KONCEWICZ A. (1981) – Wodonośność piaskowców magurskich w świetle badań wodochłonności. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **51**, p. 273–302, z. 1/2.
- PINIŃSKA J. (1980) – Wpływ wysokich temperatur na własności fizyczno-mechaniczne piaskowców krośnieńskich. *Biul. Inst. Geol.*, **324**, p. 168.
- ŚLĄCZKA A. (1980) – Objasnienia do Mapy Geologicznej Polski 1:200 000, ark. Łupków, Wyd. Geol. Warszawa.

Юзеф ХОВАНЕЦ, Нестор ОЩИПКО, Кжиштоф ВИТЕК

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОСНЕНСКИХ СЛОЕВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРПАТСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Резюме

В статье рассматривается влияние литологического строения нижних кросненских слоев на их проницаемость и водоносность. Установлено, что такая зависимость существует. Кросненские слои асену разрезу и по отдельным его звеньям явно менее водоносны, чем магурские песчаники.

Анализировалась также изменчивость водоносности с глубиной в Беске, где мощность проницаемой зоны в кросненских слоях составляет 40 м, что вдвое меньше мощности такой зоны в магурских слоях. Самая высокая проницаемость кросненских песчаников, так же как и магурских, отмечается на вершинах, самая низкая — на склонах, а средняя на дне долины. Проницаемость кросненских слоев до глубины 20 м в среднем составляет $1,4 \cdot 10^{-6}$ м/сек, а в интервале 20–40 м — $2,4 \cdot 10^{-7}$ м/сек. В обоих случаях эта проницаемость на целый порядок ниже, чем в магурских слоях.

На основе данных о влагоемкости, рассчитан дебит отдельного колодца. Для поверхностной зоны (до 20 м) он составляет 10 м³/час при депрессии 20 м, а для сланцево-песчаного комплекса, дебит колодца глубиной 40 м составляет 2,4 м³/час, при депрессии 30 м, при условии, что проницаемая зона полностью насыщена водой.

Józef CHOWANIEC, Nestor OSZCZYPKO, Krzysztof WITEK

THE HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE KROSNO BEDS IN THE CENTRAL CARPATHIAN DEPRESSION

Summary

Analysis of the Lower Krosno Beds, presented in the paper, allowed for revealing a certain relation between their lithologic features and both their permeability and water storage capacity. Furthermore, the water storage capacity of the Krosno Beds occurred to be visibly lesser if compared with that of the Magura sandstone unit. This refers to both the Krosno Beds considered as a whole and their particular members as well.

Variability in the storage capacity was also analysed in terms of depth. Thickness of permeable zone within the Krosno Beds, reaching 40 m at Besko, occurred to be diminished twice in comparison with the Magura Sandstones. Permeability of the Krosno Beds is analogous to that of the Magura Sandstones; it reaches its extreme value at the summit parts, the medium one at the sides, and the lowest in the valley bottoms. Value of 1.4×10^{-6} m/sec is a medium permeability of the Krosno Beds in the zone from land surface to depth of 20 m, and 2.4×10^{-7} m/sec is a representative one for the depth interval from 20 m to 40 m. In both the cases the Krosno Beds reach permeability by one order lower than that of the Magura Unit.

Based on the study of water storage capacity the potential well yields were calculated. When considering the water saturation in total thickness of both permeable zones mentioned above, then the potential yield of individual well installed to the depth of 20 m and pumped at potential drawdown of 20 m can reach 10 cu mph; another well installed in shale-and-sandstone complex to depth of 40 m is expected to yield 2.4 cu mph at 30 m drawdown respectively.