

Ewa SIECIARZ

## Wyniki badań hydrochemicznych na obszarze obniżenia podlaskiego

### WSTĘP

Obiektem kompleksowych badań geologicznych głębokiego podłoża stało się obniżenie podlaskie stosunkowo niedawno, bo w końcu lat pięćdziesiątych. Za początek prac prowadzonych pod tym kątem można uznać odwiercenie otworu Żebrak IG 1, w którym w stropowej części utworów kambriu stwierdzono nasycenie piaskowców ropą naftową (B. Areń, S. Depowski, 1965).

Następne lata przyniosły rozwój badań i poszukiwań nagromadzeń węglowodorów. Odwiercono kilkanaście głębokich otworów, w których wykonywano także badania hydrogeologiczne poziomów skał zbiornikowych paleozoiku i mezozoiku w celu uzyskania pośrednich wskaźników występowania nagromadzeń węglowodorów. Zakres tych badań, z przyczyn technicznych i ekonomicznych, nie umożliwił wprowadzić pełnego poznania warunków hydrogeologicznych w obniżeniu podlaskim, ale pozwolił na uzyskanie podstawowych danych do określenia hydrochemizmu wód podziemnych. Stosunkowo największą ilość badań wykonano w utworach kambriu, które zostały uznane za najbardziej perspektywiczne pod względem możliwości odkrycia nagromadzeń węglowodorów.

Analizę wyników badań hydrochemicznych autorka przeprowadziła głównie na przekroju Pułtusk—Mielnik, w przybliżeniu równoległym do osi obniżenia podlaskiego. Przebiega on przez głębokie otwory wiertnicze: Pułtusk 1, Wyszków IG 1, Łochów IG 2, Wrotnów IG 1, Stądniki IG 1, Mielnik IG 1 (fig. 1). W przedłużeniu tego przekroju ku wschodowi leży radziecki otwór oporowy Kustin 1 (A. M. Siniczka i in., 1970). Charakter wód występujących w poziomach nie opróbowanych w tych wierceniach przedstawiony został na podstawie danych z badań przeprowadzonych w innych otworach odwierconych w obniżeniu podlaskim.

Autorka zajmowała się hydrochemizmem wód podziemnych obniżenia podlaskiego w latach 1970—1973, a w latach 1972—1973 opracowała wyniki badań przeprowadzonych w przekroju Pułtusk 1 — Łochów IG 2 — Mielnik IG 1 — Kustin 1 (fig. 1).

## CHEMIZM WÓD

Utwory eokambru występują tylko na niewielkim obszarze we wschodniej części obniżenia podlaskiego i w omawianym przekroju nawiercone są otworami Kustin 1 i Mielnik IG 1 (fig. 1).

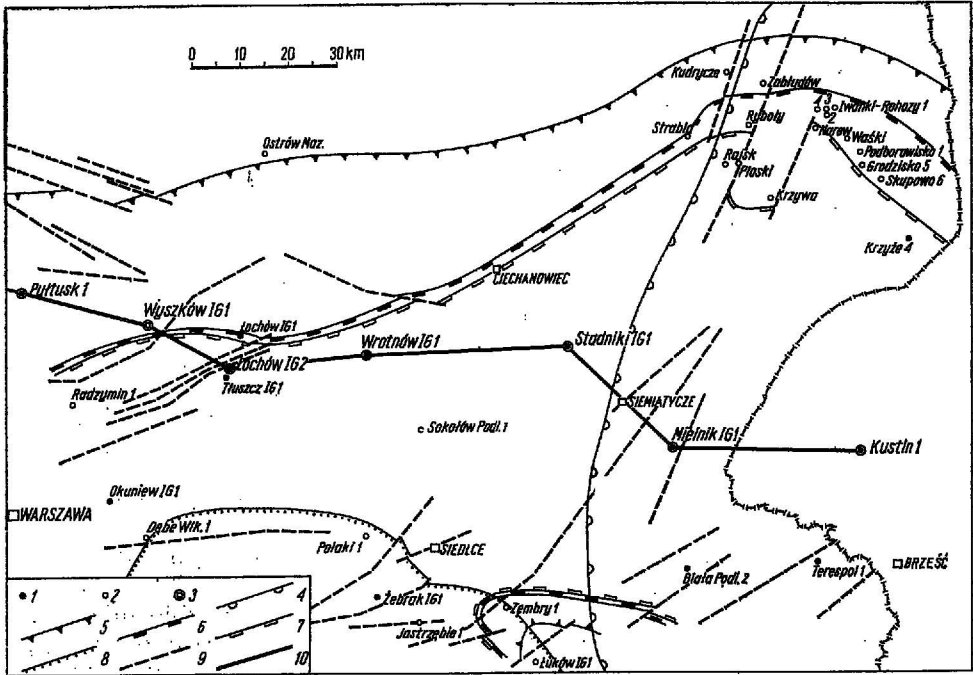


Fig. 1. Mapa geologiczna obniżenia podlaskiego bez utworów permu, mezozoiku i kenozoiku (wg K. Jaworowskiego)

Geological map of the Podlasie Depression without the Permian, Mesozoic and Cainozoic formations (after K. Jaworowski)

1 — otwory wiertnicze opróbowane; 2 — otwory wiertnicze nieopróbowane; 3 — otwory wiertnicze usytuowane na omawianym przekroju; 4—8 — zasięg występowania utworów; 4 — eokambru, 5 — kambru, 6 — ordowiku, 7 — syluru, 8 — karbonu; 9 — ważniejsze uskoki; 10 — linia przekroju

1 — bore-holes sampled; 2 — bore-holes non-sampled; 3 — bore-holes situated along the discussed geological cross section; 4 — extent of the Eocambrian deposits occurrence; 5 — extent of the Cambrian deposits occurrence; 6 — extent of the Ordovician deposits occurrence; 7 — extent of the Silurian deposits occurrence; 8 — extent of the Carboniferous deposits occurrence; 9 — major faults; 10 — cross section line

W otworze Kustin 1 opróbowano jeden poziom piaskowcowy w stropie eokambru. Z poziomu tego pobrano próbkę wody o mineralizacji 2,0 g/l, wskaźnik metamorfizmu ( $r_{Na} : r_{Cl}$ ) równy jest 0,69, co pozwala zaklasyfikować tę wodę do typu Cl-Ca III (L. Bojarski, J. Bojarska, 1969). W próbce tej nie badano zawartości pierwiastków biofilnych.

W otworze Mielnik IG 1 zostały opróbowane dwa poziomy eokambru, w których stwierdzono wody o znacznie większym stopniu metamorfizmu. Z płytszego poziomu uzyskano wodę Cl-Ca III/IV (wskaźnik metamorfiz-

Tabela 1

## Skład chemiczny wód podziemnych w utworach eokambru

| Nazwa otworu | Stratygrafia   | Mineralizacja w g/l | Jednostki miary     | Oznaczenia chemiczne     |                     |                |                               |                               |                  |                         |                      |                                  | Typ wody wg W. A. Sulina z modyfikacją L. Bojarzkiego |
|--------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|---|
|              |  |                     |                     | Cl <sup>-</sup>          | Br <sup>-</sup>     | J <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Ca <sup>2+</sup>        | Mg <sup>2+</sup>     | Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> |   |
| Mielnik IG 1 | Eokambr — seria siemiatycka (piaskowce arkozowe)                                     | 19,3                | mg/l<br>mval/l<br>% | 10000,0<br>282,0<br>93,6 | 10,0<br>0,1<br>0,2  | —<br>—<br>—    | 82,0<br>1,3<br>0,4            | 850,0<br>17,7<br>5,8          | 0,4<br>—<br>—    | 1880,0<br>94,6<br>31,7  | 269,0<br>22,2<br>7,4 | 4201,0<br>181,5<br>60,9          | Cl—Ca III/IV  |
|              | Eokambr — seria sławatycka, podłoże krystaliczne (piaskowce, mułowce, skały wylewne) | 69,3                | mg/l<br>mval/l<br>% | 33900,0<br>931,0<br>99,2 | 110,0<br>1,2<br>0,1 | —<br>—<br>—    | 40,0<br>0,7<br>0,1            | 261,0<br>5,4<br>0,6           | 0,3<br>—<br>—    | 9900,0<br>494,0<br>53,0 | 51,0<br>4,2<br>0,5   | 9934,0<br>433,0<br>46,5          | Cl—Ca V   |
| Kustin 1     | Eokambr — seria lubelska (piaskowce)   | 2,0                 | mg/l<br>mval/l<br>% | 1165,2<br>32,0<br>94,1   | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—    | 124,4<br>2,0<br>5,9           | —<br>—<br>—                   | —<br>—<br>—      | 205,6<br>10,0<br>28,8   | 29,8<br>2,4<br>6,9   | 510,7<br>22,3<br>64,3            | Cl—Ca III   |

mu 0,64) o mineralizacji 19,3 g/l i zawartości bromu 10,0 mg/l (Cl : Br = 1000,0). Ze spągu zaś eokambru otrzymano próbkę wody o znacznie zwiększonej mineralizacji — do 69,3 g/l oraz stopniu metamorfizmu (0,46) pozwalającym zaklasyfikować tę wodę jako Cl—Ca V. Zawartość bromu wynosi 110,0 mg/l, a wskaźnik chlorkowo-bromkowy maleje do 308,1 (tab. 2).

Porównując chemizm wód eokambru (tab. 1, fig. 3) zauważamy wzrost metamorfizmu w kierunku zachodnim — ku głębszym partiom obniżenia podlaskiego, co zdaje się świadczyć o zwiększającej się w tym kierunku stabilności wód. Wskazuje na to zmniejszanie się udziału jonów  $\text{HCO}_3^-$ , przy jednoczesnym wzroście udziału chlorków oraz zwiększanie się ilości jonów  $\text{Ca}^{2+}$  kosztem  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ . Jedynie wskaźnik chlorkowo-bromkowy w płytszym poziomie — w otworze Mielnik IG 1 — równy jest 1000,0, co może być spowodowane wtórnym rozcieńczeniem wody.

W północno-wschodniej części obniżenia podlaskiego, w pobliżu granicy z wyniesieniem mazursko-suwańskim, opróbowano trzy poziomy eokambru w otworze Krzyże 4. Wynikiem tych badań było otrzymanie próbek wód wodorowęglanowo-sodowych o mineralizacji kolejno od góry 0,3; 0,5 i 1,8 g/l, co świadczy o istnieniu intensywnej wymiany wód na tym obszarze. Zasilanie zbiornika następuje więc od strony wyniesienia mazursko-suwańskiego (jak wynika z prac L. Bojarskiego), jest silniejsze na wschodzie, gdzie eokambr występuje płycej i stopniowo wpływ jego zanika ku zachodowi. Tam większa stabilność wód sygnalizuje polepszanie się warunków dla zachowania się złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

We wschodniej części obniżenia podlaskiego w utworach kambru, podobnie jak w eokambrze, stwierdzono głęboki zasięg wód słodkich. W otworze Kustin 1 opróbowano trzy poziomy kambru (A. M. Siniczka i in., 1970). W stropie kambru występowały wody o mineralizacji (od góry) 0,36; 0,24 i 1,17 g/l. W poziomie środkowym mineralizacja jest niższa niż w górnym, co najprawdopodobniej wynika z dopuszczalnego błędu w wykonaniu analizy. Przyczyną może być też skażenie próbki filtrem płuczki, na co zdaje się wskazywać zwiększony w stosunku do wyższego poziomu udział jonów  $\text{HCO}_3^-$  i  $\text{Ca}^{2+}$  (tab. 2). W dwóch poziomach kambru środkowego występują wody wodorowęglanowo-sodowe, w kambrze dolnym natomiast wody klasy Cl—Ca III.

Wody wodorowęglanowo-sodowe uzyskano także z dwóch poziomów kambru środkowego i dolnego w otworze Mielnik IG 1; są to również wody słodkie o mineralizacji 0,46 i 0,83 g/l. Woda z dolnego poziomu wykazuje znacznie mniejszy udział procentowy węglanów, przy zwiększającej się ilości chlorków oraz spadek ilości wapnia i magnezu na korzyść sodu — w stosunku do wody z poziomu wyższego (tab. 2) — co może świadczyć o zmniejszającym się wpływie wód infiltracyjnych.

W otworze wiertniczym Stadniki IG 1 owady wodorowęglanowo-sodowe o wskaźniku  $\frac{r_{\text{Na}} - r_{\text{Cl}}}{r_{\text{SO}_4}}$  bliskim 1, a więc na granicy z wodami siarczanowo-sodowymi, stwierdzono tylko w stropie kambru. Pobrana do analizy woda miała mineralizację 2,97 g/l. Niżej — zarówno w kambrze środkowym jak i dolnym — występują wody chlorkowo-wapniowe klasy III i IV (tab. 2). Mineralizacja tych wód wzrasta od 8,0 do 35,5 g/l. Ze spągu kambru pobrano próbkę wody o niższej mineralizacji wynoszącej

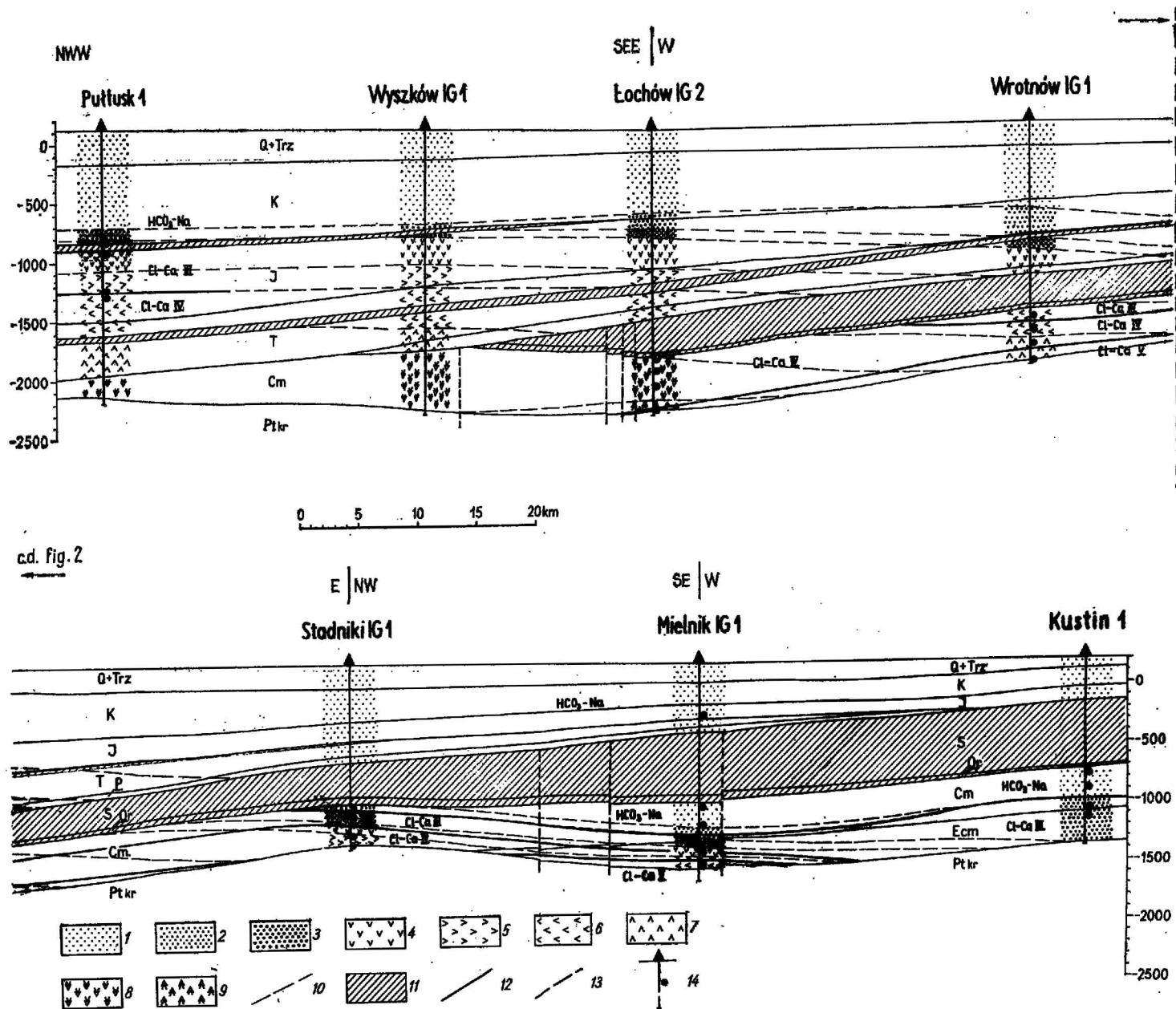


Fig. 2. Przekrój hydrochemiczny Pułtusk — Mielnik — Kustin

Hydrochemical cross section along the line Pułtusk — Mielnik — Kustin

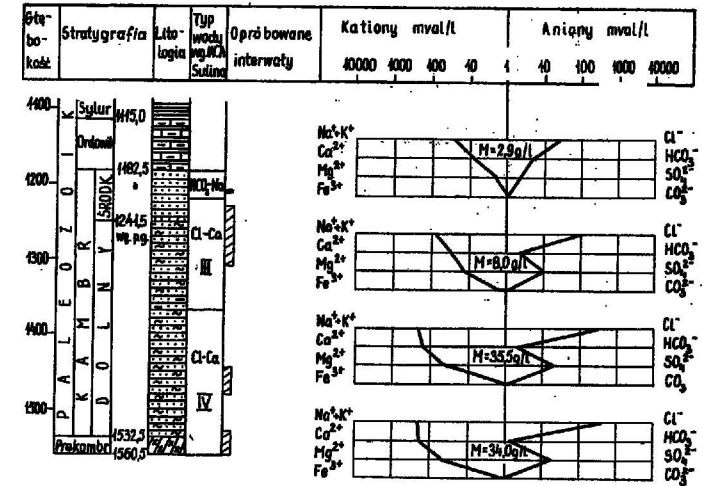
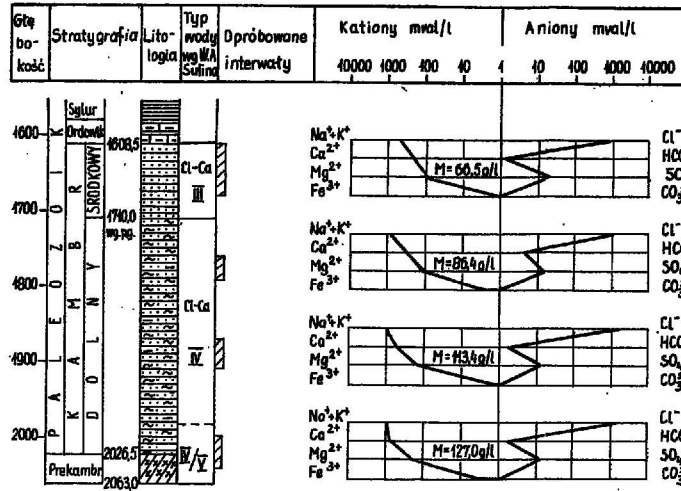
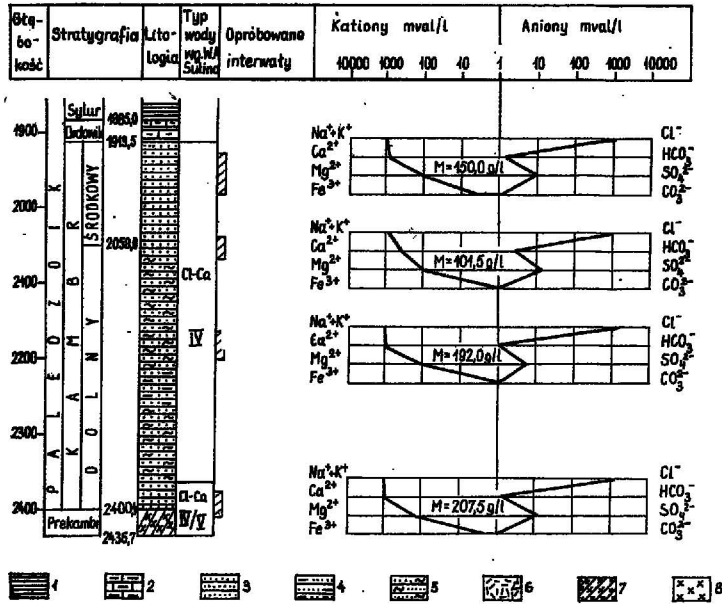
1-9 — strefy występowania wód o różnej mineralizacji (M) w g/l: 1 —  $M < 1,0$ , 2 —  $1,0 < M < 5,0$ , 3 —  $5,0 < M < 10,0$ , 4 —  $10,0 < M < 35,0$ , 5 —  $35,0 < M < 50,0$ , 6 —  $50,0 < M < 100,0$ , 7 —  $100,0 < M < 150,0$ , 8 —  $150,0 < M < 200,0$ , 9 —  $M > 200,0$ ; 10 — granice stref występowania wód o różnej mineralizacji; 11 — kompleksy uszczelniające o charakterze regionalnym; 12 — granice stref występowania różnych typów wód (wg W. A. Sulina i L. Bojarskiego); 13 — uskoki; 14 — otwory wiertnicze i oprobowane w nich poziomy; Pt<sub>kr</sub> — prekambry — podłoże krystaliczne; Ecm — eokambry; Cm — kambry; Or — ordowik; S — sylur; P — perm; T — trias; J — jura; K — kreda; Q+Trz — czwartorzęd i trzeciorzęd

1-9 — zones of ground-water occurrences featuring varying mineralization (M) in g/l: 1 —  $M < 1,0$ , 2 —  $1,0 < M < 5,0$ , 3 —  $5,0 < M < 10,0$ , 4 —  $10,0 < M < 35,0$ , 5 —  $35,0 < M < 50,0$ , 6 —  $50,0 < M < 100,0$ , 7 —  $100,0 < M < 150,0$ , 8 —  $150,0 < M < 200,0$ , 9 —  $M > 200,0$ , 10 — boundaries of zones of ground water occurrences with various mineralization; 11 — sealing rock-complexes having the regional character; 12 — boundaries of zones of different types of ground water occurrences (after W. A. Sulin and L. Bojarski); 13 — faults; 14 — bore-holes and horizons samples; Pt<sub>kr</sub> — Pre-Cambrian — crystalline basement; Ecm — Eocambrian; Cm — Cambrian; Or — Ordovician; S — Silurian; P — Permian; T — Triassic; J — Jurassic; K — Cretaceous; Q+Trz — Quaternary and Tertiary

ŁOCHÓW JG 2

WROTNÓW JG 1

STADNIKI JG 1



cd. fig. 3

MIELNIK JG 1

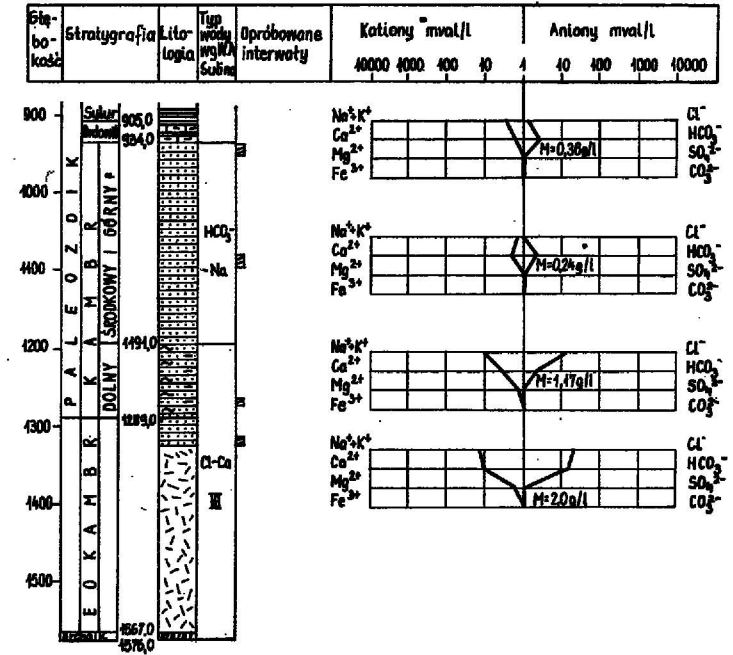
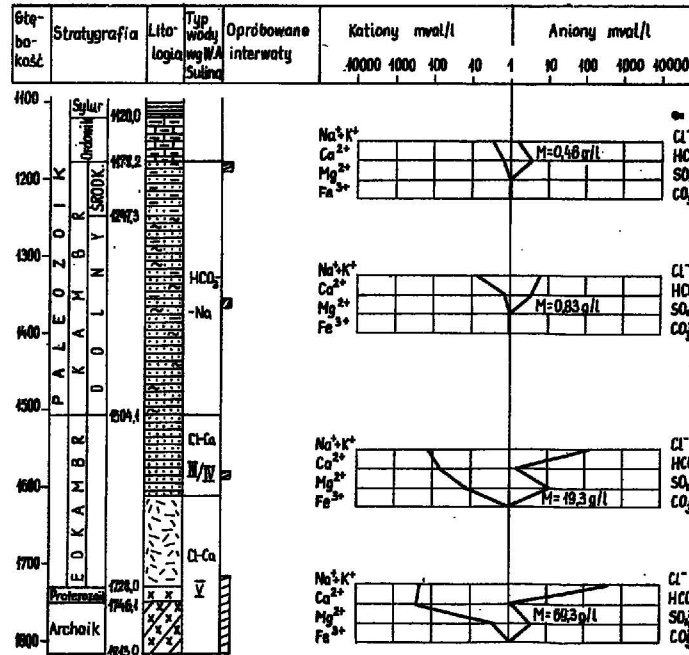
KUSTINI 1

Fig. 3. Profile hydrochemiczne eokambru i kambru w otworach wiertniczych obniżenia podlaskiego

Hydrochemical profiles of the Eocambrian and Cambrian in bore-holes of the Podlasie depression

1 - łowce; 2 - wapienie ilaste, margliste; 3 - piaskowce; 4 - piaskowce i łowce; 5 - piaskowce i mułowce; 6 - tufy, bazalty; 7 - skały metamorficzne; 8 - skały magmowe; M - mineralizacja ogólna

1 - claystones; 2 - clayey limestones, marly limestones; 3 - sandstones; 4 - sandstones and claystones; 5 - sandstones and siltstones; 6 - tufts, basalts; 7 - metamorphic rocks; 8 - magmatic rocks; M - general mineralization



34,0 g/l, co podobnie jak w otworze Kustin 1 wynika, być może, z dopuszczalnego (5%) błędu analizy. W wodach tych obserwuje się stały wzrost zawartości procentowej chlorków do 94,6% przy bardzo niewielkiej (2,7—0,3%) zawartości jonu  $\text{HCO}_3^-$ , wśród kationów dominuje sód, lecz jego udział procentowy wraz z głębokością maleje, wzrasta natomiast zawartość wapnia i magnezu.

Wskaźniki hydrochemiczne wód kambryjskich z otworu wiertniczego Stadniki IG 1 świadczą o rosnącym wraz z głębokością stopniu metamorfizmu wód podziemnych — od wód infiltracyjnych do silnie przeobrażonych. Wskaźnik chlorkowo-bromkowy kształtuje się w granicach 200,5—143,2 dla wód chlorkowo-wapniowych i maleje wraz z głębokością, co zdaje się przemawiać za rozwojem pozytywnych warunków dla zachowania się złożów węglowodorów. Niesprzyjającym jednak faktem jest wysoka wartość wskaźnika siarczanowości  $\frac{r\text{SO}_4^{2-} \times 100}{r\text{Cl}^-}$ , który osiąga tu wartości od 13,07 do 5,16.

W otworze Wrotnów IG 1 opróbowano jeden poziom kambru środkowego i trzy poziomy kambru dolnego. Otrzymano z nich wody typu chlorkowo-wapniowego, przy czym zaobserwowano duży, stały wzrost mineralizacji (66,5—127,0 g/l) wraz z głębokością. W składzie chemicznym tych wód daje się zauważyć wzrost zawartości chlorków kosztem stale zmniejszającego się udziału węglanów i siarczanów. Wśród kationów rośnie udział wapnia i magnezu, maleje natomiast zawartość sodu. Zmiany te powodują zróżnicowanie wskaźnika metamorfizmu od 0,72 (klasa Cl—Ca III) do 0,50, co jest wartością graniczną (L. Bojarski, J. Bojarska, 1969) dla klas Cl—Ca IV i V. Wskaźnik chlorkowo-bromkowy kształtuje się w granicach 111,2—112,4, wskaźnik siarczanowości natomiast od 2,65 do 0,45 i tylko w spągu kambru jest niższy od jedności. Wody kambru dolnego wykazują znacznie większy metamorfizm niż wody kambru środkowego.

Spośród otworów opróbowanych w kambrze najbardziej wysunięty na zachód w przekroju Pułtusk—Mielnik jest otwór Łochów IG 2. Zbadano w nim 4 poziomy kambru: dwa w kambrze dolnym, jeden na granicy kambru dolnego i środkowego i jeden w kambrze środkowym. Stwierdzono w nich obecność wód o najwyższej mineralizacji 150,0—207,5 g/l. Jedynie z drugiego od góry poziomu otrzymano wodę o mineralizacji 101,5 g/l, prawdopodobnie na skutek rozcieńczenia filtratem płuczki, za czym zdaje się przemawiać zwiększona kosztem chlorków ilość jonu  $\text{HCO}_3^-$  (tab. 2). Wody te wykazują wysoki stopień metamorfizmu, pozwalający je zaliczyć do klasy Cl—Ca IV, a wody ze spągu kambru nawet do Cl—Ca IV/V (fig. 2, 3).

Strefowość wód kambru w przekroju Pułtusk—Mielnik przebiega analogicznie jak w eokambrze. We wschodniej części obniżenia podlaskiego zaznacza się głęboki wpływ wód infiltracyjnych, malejący w kierunku zachodnim, gdzie w głębszych partiach obniżenia napotyka się już wody silnie zmetamorfizowane. Należy odrzucić raczej możliwość występowania jakichkolwiek anomalii hydrochemicznych, przypisując odstępstwa niektórych wyników od reguły trudnościom w pobraniu czystych próbek lub błędem w wykonywaniu analizy, które, jak już podkreślono, nie przekraczałyby błędu dopuszczalnego.

Osady ordowiku i syluru wykształcone w facji ilastej i węglanowej mają bardzo słabe własności zbiornikowe. Należy je wobec tego traktować

Tabela 2

## Skład chemiczny wód podziemnych w utworach kambru

| Nazwa otworu | Stratygrafia  | Minezalizacja w g/l | Jednostki miary     | Oznaczenia chemiczne       |                       |                   |                               |                               |                     |                           |                        |                                 | Typ wody wg W. A. Sulina z modyfikacją L. Bojarskiego |
|--------------|---|---------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|---|
|              |   |                     |                     | Cl <sup>-</sup>            | Br <sup>-</sup>       | J <sup>-</sup>    | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup>    | Ca <sup>2+</sup>          | Mg <sup>2+</sup>       | Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> |   |
| Lochów IG 2  | Kambr środkowy (piaskowce)                                    | 150,0               | mg/l<br>mval/l<br>% | 95244,4<br>2686,8<br>99,1  | 869,6<br>10,9<br>0,4  | 3,40<br>0,03<br>— | 48,3<br>0,8<br>—              | 670,9<br>13,9<br>0,5          | 112,5<br>6,0<br>0,2 | 20073,8<br>1001,7<br>39,4 | 2491,8<br>204,9<br>8,1 | 30950,0<br>1330,0<br>52,3       | Cl—Ca IV  |
|              | Kambr środkowy i dolny (piaskowce)                            | 101,5               | mg/l<br>mval/l<br>% | 58558,2<br>1651,9<br>98,4  | 578,4<br>7,2<br>0,4   | 2,65<br>0,02<br>— | 235,5<br>3,9<br>0,2           | 745,0<br>15,5<br>1,0          | 2,4<br>0,1<br>—     | 13104,3<br>653,9<br>36,3  | 1348,8<br>110,9<br>6,2 | 25400,0<br>1034,9<br>57,5       | Cl—Ca IV  |
|              | Kambr dolny (piaskowce, mułowce)                              | 192,0               | mg/l<br>mval/l<br>% | 113059,6<br>3189,4<br>99,3 | 1079,7<br>13,5<br>0,4 | 3,10<br>0,02<br>— | 48,3<br>0,8<br>—              | 341,6<br>7,1<br>0,3           | 83,3<br>1,8<br>0,1  | 26109,3<br>1302,9<br>38,0 | 3392,9<br>279,1<br>8,1 | 42150,0<br>1763,6<br>53,8       | Cl—Ca IV  |
|              | Kambr dolny i podłoże krystaliczne (piaskowce i skały kryst.) | 207,5               | mg/l<br>mval/l<br>% | 123642,4<br>3488,0<br>99,0 | 1298,2<br>16,2<br>0,5 | 2,79<br>0,02<br>— | 102,6<br>1,7<br>—             | 839,7<br>17,5<br>0,5          | 69,2<br>3,7<br>0,1  | 30576,7<br>1525,8<br>41,6 | 3916,9<br>322,2<br>8,8 | 44800,0<br>1817,9<br>50,5       | Cl—Ca IV/V  |
| Wrotnów IG 1 | Kambr środkowy (piaskowce)                                    | 66,5                | mg/l<br>mval/l<br>% | 38241,5<br>1078,8<br>96,9  | 343,9<br>4,3<br>0,4   | 0,95<br>0,01<br>— | 84,5<br>1,4<br>0,1            | 1374,7<br>28,6<br>2,6         | 16,7<br>0,9<br>0,1  | 6816,6<br>340,2<br>29,8   | 1128,6<br>92,8<br>8,1  | 16390,0<br>775,9<br>62,0        | Cl—Ca III   |
|              | Kambr dolny (piaskowce, ilowce)                               | 86,4                | mg/l<br>mval/l<br>% | 52112,7<br>1470,1<br>97,8  | 514,8<br>6,4<br>0,4   | 3,57<br>0,03<br>— | 338,1<br>5,5<br>0,4           | 991,9<br>20,7<br>1,4          | 72,2<br>3,9<br>0,3  | 9894,4<br>493,7<br>32,0   | 1576,7<br>129,7<br>8,4 | 21250,0<br>915,4<br>59,3        | Cl—Ca IV  |
|              | Kambr dolny (piaskowce)                                       | 113,4               | mg/l<br>mval/l<br>% | 66401,2<br>1873,2<br>98,4  | 590,7<br>7,4<br>0,4   | 2,74<br>0,02<br>— | 120,8<br>1,9<br>0,1           | 971,4<br>20,2<br>1,1          | 29,4<br>1,6<br>0,1  | 13706,0<br>683,9<br>32,7  | 2327,8<br>191,5<br>9,2 | 28120,0<br>1212,1<br>58,0       | Cl—Ca IV  |



|                  |  |       |                     |                           |                     |                   |                      |                       |                    |                          |                        |                           |   |
|------------------|--|-------|---------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|---|
|                  | Kambr dolny i podłoże krystaliczne (piaskowce i skały kryst.)  | 127,0 | mg/l<br>mval/l<br>% | 80307,2<br>2265,5<br>99,1 | 748,9<br>9,4<br>0,4 | 2,95<br>0,02<br>— | 120,8<br>1,9<br>0,1  | 493,9<br>10,3<br>0,4  | 60,0<br>3,2<br>0,1 | 18162,4<br>906,3<br>40,0 | 2503,1<br>205,9<br>9,1 | 26700,0<br>1148,9<br>50,8 | Cl—Ca<br>IV/V   |
|                  | Kambr środkowy (piaskowce, mułowce)                            | 2,97  | mg/l<br>mval/l<br>% | 1360,9<br>38,4<br>77,6    | 1,9<br>0,02<br>0,05 | 0,0<br>—<br>—     | 422,6<br>6,9<br>14,0 | 198,8<br>4,1<br>8,4   | 3,0<br>0,2<br>0,3  | 180,1<br>8,9<br>17,2     | 36,4<br>2,9<br>5,7     | 934,0<br>40,0<br>76,8     | HCO <sub>3</sub> —Na<br>na granicy<br>z SO <sub>4</sub> —Na |
|                  | Kambr środkowy i dolny (piaskowce, mułowce)                    | 8,0   | mg/l<br>mval/l<br>% | 4310,9<br>121,6<br>85,9   | 21,5<br>0,3<br>0,2  | 7,4<br>0,06<br>—  | 229,4<br>3,8<br>2,7  | 763,1<br>15,9<br>11,2 | 5,3<br>0,3<br>0,2  | 812,9<br>40,6<br>28,8    | 137,1<br>11,3<br>8,0   | 2073,0<br>88,9<br>63,0    | Cl—Ca III   |
| Stadniki<br>IG 1 | Kambr dolny (piaskowce)  | 35,5  | mg/l<br>mval/l<br>% | 19850,8<br>559,9<br>93,3  | 138,6<br>1,7<br>0,3 | 5,3<br>0,04<br>—  | 193,2<br>3,2<br>0,5  | 1691,7<br>35,2<br>5,9 | 30,0<br>1,6<br>0,3 | 3927,0<br>196,0<br>33,4  | 701,9<br>57,7<br>9,8   | 7730,0<br>332,1<br>56,5   | Cl—Ca IV  |
|                  | Kambr dolny i podłoże krystaliczne (piaskowce i skały wylewne) | 34,0  | mg/l<br>mval/l<br>% | 20318,6<br>573,2<br>94,6  | 140,5<br>1,8<br>0,3 | 0,0<br>—<br>—     | 97,4<br>1,6<br>0,3   | 1420,0<br>29,6<br>4,8 | 12,0<br>0,6<br>0,1 | 4135,3<br>206,4<br>34,1  | 790,9<br>65,0<br>10,8  | 7735,0<br>332,2<br>55,0   | Cl—Ca IV  |
|                  | Kambr środkowy (piaskowce)                                     | 0,46  | mg/l<br>mval/l<br>% | 89,0<br>2,5<br>31,2       | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—       | 328,0<br>5,4<br>67,5 | 6,0<br>0,1<br>1,3     | 0,6<br>—<br>—      | 55,0<br>2,7<br>33,7      | 10,0<br>0,8<br>10,0    | 106,0<br>4,5<br>56,3      | HCO <sub>3</sub> —Na  |
| Mielnik<br>IG 1  | Kambr dolny (piaskowce, mułowce)                               | 0,83  | mg/l<br>mval/l<br>% | 287,0<br>8,1<br>58,3      | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—       | 334,0<br>5,5<br>39,6 | 17,0<br>0,3<br>2,2    | 0,9<br>—<br>—      | 48,0<br>2,5<br>18,6      | 9,0<br>0,8<br>5,8      | 243,0<br>10,2<br>75,6     | HCO <sub>3</sub> —Na  |
|                  | Kambr środkowy (piaskowce)                                     | 0,36  | mg/l<br>mval/l<br>% | 65,3<br>1,8<br>27,0       | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—       | 292,8<br>4,8<br>71,6 | 4,9<br>0,1<br>1,4     | —<br>—<br>—        | 52,1<br>2,6<br>37,1      | 7,7<br>0,6<br>8,6      | 81,3<br>3,8<br>54,3       | HCO <sub>3</sub> —Na  |
|                  |  | 0,24  | mg/l<br>mval/l<br>% | 25,3<br>0,7<br>15,6       | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—       | 237,9<br>3,8<br>84,4 | —<br>—<br>—           | —<br>—<br>—        | 60,5<br>2,9<br>60,4      | 5,1<br>0,4<br>8,4      | 27,5<br>1,5<br>31,2       | HCO <sub>3</sub> —Na  |
| Kustini I        | Kambr dolny (piaskowce)  | 1,17  | mg/l<br>mval/l<br>% | 617,9<br>17,3<br>85,6     | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—       | 183,0<br>2,9<br>14,4 | 0,8<br>—<br>—         | —<br>—<br>—        | 133,7<br>6,6<br>31,7     | 21,5<br>1,8<br>8,7     | 276,6<br>12,4<br>59,6     | Cl—Ca III   |

jako regionalny kompleks uszczelniający o bardzo znacznej miąższości. W opisywanym przekroju utwory ordowiku zbadano w otworach Lochów IG 2, Wrotnów IG 1, Mielnik IG 1 i Kustin 1, nie otrzymując przypiływów. Jedynym dotychczas przypadkiem uzyskania przypiływu wód z ordowiku i syluru w całym obniżeniu podlaskim było otrzymanie wód tpu Cl—Ca IV o mineralizacji 83,4—101,0 g/l w otworze Tłuszcz IG 1, położonym na południe od Lochowa IG 2.

Utworów dewonu w obniżeniu podlaskim nie napotkano wcale, natomiast występujące w południowej części obniżenia utwory karbonu nie są objęte przekrojem. Zbadano je jedynie w otworze Żebrak IG 1, gdzie otrzymano wody klasy Cl—Ca I o mineralizacji 23,3 g/l.

Osady permu w omawianym profilu badane były tylko próbnikami kablowymi w otworach Wrotnów IG 1, Stadniki IG 1 i Mielnik IG 1. Na ogół z badań tych nie uzyskiwano przypiływu lub otrzymywano filtrat płuczki. W otworze Lochów IG 1 i Tłuszcz IG 1 wody permskie wykazują odpowiednie mineralizacje 58,1 g/l i 80,0 g/l i są w znacznym stopniu przeobrażone. Zawierają duże ilości siarczanów, co należy wiązać z wymianą jonów między wodą a skałą (gipsy i anhydryty cechsztynu) w trakcie długotrwałych przemian chemicznych.

Trias w omawianej strefie był opróbowany także tylko próbnikami kablowymi, z wyjątkiem otworu Pułtusk 1. Wykonane w otworach badania nie przyniosły przypiływu lub przypiływu płuczki albo jej filtratu. Niektóre piętra triasu zawierają w znacznej przewadze skały o słabych własnościach kolektorskich. Za kompleks uszczelniający można uznać węglanowo-ilaste utwory wapienia muszlowego, które występują w otworze Pułtusk 1 i w kierunku na wschód wyklinowują się między otworami Stadniki IG 1 i Mielnik IG 1. Utwory triasu w obniżeniu podlaskim są raczej słabo i nierównomiernie rozpoznane pod kątem badań hydrogeologicznych. Można przypuszczać, że wzrost mineralizacji i metamorfizmu wód przebiega ze wschodu na zachód oraz z południa i północy ku osi obniżenia podlaskiego (fig. 2).

Osady jury w omawianym przekroju zbadane zostały w otworach wiertniczych Mielnik IG 1 i Pułtusk 1 metodą łyżkowania, a w otworach Wrotnów IG 1 i Stadniki IG 1 próbnikami kablowymi. Te ostatnie badania zakończone były otrzymaniem filtratu płuczki, płuczki lub brakiem przypiływu. Z otworu Mielnik IG 1 pobrano próbkę wody słodkiej o mineralizacji 0,5 g/l, typu wodorowęglanowo-sodowego, co świadczy o jej infiltracyjnym pochodzeniu. Wzrost mineralizacji i metamorfizmu obserwuje się w kierunku zachodnim. W otworze Pułtusk 1 wody wodorowęglanowo-sodowe o mineralizacji 5,2 g/l napotkano tylko na granicy jury i kredy — pod uszczelnieniem marglistych, ilastych, mułowcowo-ilastych i węglanowo-marglistych utworów kimerydu — występują już tylko wody chlorkowo-wapniowe. Wody te otrzymano z trzech poziomów, mineralizacja ich rośnie z głębokością i wynosi 25,4; 45,6 i 53,4 g/l, a stopień metamorfizmu odpowiednio: 0,68; 0,83 i 0,57. Stosunkowo duży stopień przeobrażenia wód wyliczony dla poziomu górnego przypisać można prawdopodobnie rozcieńczeniu próbki filtratem płuczki, na co zdaje się wskazywać zwiększony udział procentowy wapnia i węglanów (tab. 3).

Utwory kredy w omawianej strefie są właściwie nie zbadane. W obniżeniu podlaskim pobrano próbki wody tylko z otworu Lochów IG 1.

Tabela 3

## Skład chemiczny wód podziemnych w utworach jury

| Nazwa otworu | Stratygrafia  | Minezalizacja w g/l | Jednostki miary     | Oznaczenia chemiczne     |                 |                |                               |                               |                     |                         |                         |                                 | Typ wody wg W. A. Sulina z modyfikacją L. Bojarskiego |
|--------------|---|---------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|---|
|              |   |                     |                     | Cl <sup>-</sup>          | Br <sup>-</sup> | J <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Fe <sup>3+</sup>    | Ca <sup>2+</sup>        | Mg <sup>2-</sup>        | Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> |   |
| Pułtusk 1    | Jura górna — kimeryd (wapienie)                     | 5,2                 | mg/l<br>mval/l<br>% | 3191,4<br>90,0<br>95,8   | —<br>—<br>—     | —<br>—<br>—    | 12,2<br>0,2<br>0,2            | 185,2<br>3,9<br>4,0           | 42,0<br>0,03<br>—   | ślady<br>—<br>—         | ślady<br>—<br>—         | 2180,7<br>94,8<br>100,0         | HCO <sub>3</sub> —Na                                  |
|              | Jura górna — oksford (wapienie)                     | 25,4                | mg/l<br>mval/l<br>% | 14538,6<br>410,0<br>95,0 | —<br>—<br>—     | —<br>—<br>—    | 244,0<br>4,0<br>0,9           | 856,0<br>17,8<br>4,1          | 36,0<br>—<br>—      | 2043,6<br>102,0<br>23,7 | 569,4<br>46,8<br>10,9   | 6463,4<br>281,0<br>65,4         | Cl—Ca III   |
|              | Jura środkowa — baton (wapienie)                    | 45,6                | mg/l<br>mval/l<br>% | 26240,4<br>740,0<br>96,5 | —<br>—<br>—     | —<br>—<br>—    | 158,6<br>2,6<br>0,3           | 1168,8<br>24,3<br>3,2         | —<br>—<br>—         | 2043,6<br>102,0<br>13,3 | 569,4<br>46,8<br>6,1    | 14214,7<br>618,1<br>80,6        | Cl—Ca II  |
|              | Jura środkowa — aalen i kujaw (mułowce piaszczyste) | 53,04               | mg/l<br>mval/l<br>% | 30850,2<br>869,9<br>96,2 | —<br>—<br>—     | —<br>—<br>—    | 183,0<br>3,0<br>0,3           | 1493,9<br>31,1<br>3,5         | 167,8<br>9,0<br>1,0 | 3071,4<br>153,3<br>16,9 | 3015,5<br>248,0<br>27,4 | 11373,7<br>494,5<br>54,7        | Cl—Ca IV  |
| Mielnik IG 1 | Jura górna (wapienie margliste)                     | 0,54                | mg/l<br>mval/l<br>% | —<br>—<br>—              | —<br>—<br>—     | —<br>—<br>—    | —<br>—<br>—                   | —<br>—<br>—                   | —<br>—<br>—         | —<br>—<br>—             | —<br>—<br>—             | —<br>—<br>—                     | HCO <sub>3</sub> —Na                                  |

Tabela 4

## Skład chemiczny gazów rozpuszczonych w wodach podziemnych

| Nazwa otworu  | Stratygrafia           | Skład gazu w % objętościowych     |                 |                |       |      |                | Ilość gazu w próbce w ml/l |
|---------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|-------|------|----------------|----------------------------|
|               |                        | Węglowodory w tym CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | He    | Ar   | H <sub>2</sub> |                            |
| Lochów IG 2   | Kambr środkowy         | 0,34<br>0,33                      | 3,67            | 62,84          | ślady | 0,12 | 33,03          | —                          |
|               | Kambr środkowy i dolny | 0,58<br>0,40                      | 48,70           | 42,29          | ślady | 0,75 | 0,68           | —                          |
|               | Kambr dolny            | 3,15<br>3,03                      | 16,04           | 78,79          | ślady | 2,02 | —              | 10,00                      |
|               |                        | 3,06<br>3,03                      | 9,47            | 85,98          | 0,59  | 0,90 | ślady          | 64,0                       |
| Wrotnów IG 1  | Kambr środkowy         | 0,53<br>0,14                      | 4,21            | 94,09          | 0,05  | 1,08 | 0,04           | 167,3                      |
|               | Kambr dolny            | 0,90<br>0,43                      | 7,45            | 90,03          | 0,01  | 1,51 | 0,10           | 31,9                       |
|               |                        | 0,80<br>0,65                      | 5,27            | 91,97          | 0,07  | 1,80 | 0,09           | 14,6                       |
| Stadniki IG 1 | Kambr środkowy i dolny | 3,23<br>3,20                      | 23,07           | 72,11          | 0,01  | 0,97 | 0,61           | 145,6                      |
|               | Kambr dolny            | 0,21<br>0,17                      | 4,63            | 92,98          | 0,19  | 1,35 | 0,64           | 27,9                       |
| Kustin 1      | Kambr środkowy         | 12,72<br>4,44                     | 7,75            | 71,35          | —     | 8,16 | —              | 7,54                       |
|               |                        | 14,00<br>3,26                     | 1,12            | 83,0           | —     | 2,04 | —              | 5,88                       |
|               | Kambr dolny            | 2,97<br>1,41                      | 0,70            | 94,7           | —     | 1,94 | —              | 43,74                      |
|               | Eokambr                | 1,74<br>0,37                      | 0,37            | 91,5           | —     | 6,34 | —              | 24,59                      |

Na podstawie analiz tych wód oraz informacji z obszarów przyległych można przypuszczać, że w poziomach wodonośnych kredy występują wody słodkie, co najwyżej słonawe, ale tylko w części zachodniej, na granicy z synklinorium warszawskim. Są to wody wodorowęglanowo-sodowe pochodzenia infiltracyjnego. Wody słodkie, infiltracyjne występują również w utworach trzeciorzędu i czwartorzędu.

Równoległe z badaniami chemizmu wód podziemnych eokambru i kambru wykonano analizy składu rozpuszczalnych w nich gazów dla uzyskania bezpośrednich wskaźników możliwości występowania nagromadzeń węglowodorów. W poziomach wodonośnych pokrywy osadowej

najczęściej występują następujące składniki gazów:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ , cięższe węglowodory i gazy szlachetne. Obecność w wodach podziemnych gazów zawierających znacznie większe ilości metanu oraz przede wszystkim cięższych węglowodorów, można traktować bezwzględnie jako pozytywny wskaźnik prognoz ropo- i gazonośności (S. Depowski, 1973).

Gazy rozpuszczone w wodach podziemnych (tab. 4) charakteryzują się niską zawartością węglowodorów, na ogół z przewagą metanu, którego geneza może być różna, gdyż może on tworzyć się zarówno w trakcie pozostawiania rop naftowych i gazów ziemnych, jak i wydzielać się dość obficie w wyniku rozmaitych procesów rozkładu substancji organicznych. Spotykany jest także w gazach pochodzenia nieorganicznego (S. Depowski, 1973). Wyników tych badań nie można więc traktować jako pozytywny wskaźnik oceny prognoz ropo- i gazonośnych.

### WNIOSKI

W obniżeniu podlaskim zaznacza się wyraźna strefowość występowania wód podziemnych. Wody wodorowęglanowo-sodowe występują tu w strefie górnej, sięgającej na wschodzie do utworów kambru włącznie, co świadczy o głębokim wpływie wód infiltracyjnych. W części środkowej profilu wody te obserwuje się już jedynie w permie, mezozoiku i kenozoiku, a na zachodzie obszaru powyżej leżących w stropowych partiach jury marglistych utworów kimerydu, stanowiących serię uszczelniającą (fig. 2). Strefę występowania wód wodorowęglanowo-sodowych należy uznać raczej za nieperspektywiczną pod względem ropo- i gazonośności.

Poniżej tej strefy obserwuje się już tylko występowanie wód chlorkowo-wapniowych o różnym stopniu metamorfizmu i różnej mineralizacji. Wody klasy Cl—Ca III, prawie słodkie, występujące we wschodniej części obszaru wypełniły osady kambru przypuszczalnie w mezozoiku i od tego czasu pozostawały we względnej stagnacji, czemu zawdzięczają dość zaawansowany proces przemian chemicznych. W kierunku ze wschodu na zachód mineralizacja i metamorfizm wód wyraźnie rośnie wraz z pogłębieniem się zbiornika. W części zachodniej przekroju solanki silnie zmetamorfizowane (Cl—Ca IV) pojawiają się już w jurze (fig. 2).

Analizując zasięgi poszczególnych stref można wnioskować, że zasilenie zbiornika następuje z północy — od wyniesienia mazursko-suwalskiego i z południa — od wyniesienia łukowsko-wisznickiego, gdzie poszczególne serie wodonośne występują płycej. Wpływ wód infiltracyjnych silniej zaznacza się w części wschodniej przekroju i zanika ku zachodowi, gdzie serie wodonośne występują na większych głębokościach.

Duży stopień metamorfizmu i wysokie wartości mineralizacji wód w środkowej i zachodniej części profilu zdają się przemawiać za uznaniem tej strefy na perspektywiczną pod względem ropo- i gazonośności. W otworach położonych na przekroju Pułtusk—Mielnik nie uzyskano wyraźnych wskaźników bezpośrednich, jakimi są makroobjawy ropy naftowej i gazu ziemnego oraz znaczna zawartość ciężkich węglowodorów w gazach rozpuszczonych w wodach podziemnych. Obszar ten jest raczej mało perspektywiczny.

## PIŚMIENNICTWO

- AREŃ B., DEPOWSKI S. (1965) — Przejawy gazu w eokambrze obniżenia podlaskiego. *Kwart. geol.*, 9, p. 18—25, nr 1. Warszawa.
- BOJARSKI L.; BOJARSKA J. (1969) — Klasyfikacja solanek towarzyszących złożom ropy naftowej i gazu ziemnego. *Geof. i Geol. naft.*, nr 2—4, p. 41—45. Kraków.
- DEPOWSKI S. (1973) — Gazy wód podziemnych jako wskaźnik ropo- i gazoności. *Prz. geol.*, 21, p. 205—209, nr 4. Warszawa.
- СИНИЧКА А. М. и др. (1970) — Опорные скважины СССР. Кустињская опорная скважина Брестской впадины. Изд. Недр. Москва.

Эва СЕТЯЖ

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОДЛЯССКОЙ ВПАДИНЕ

## Резюме

Подлясская впадина сравнительно недавно, а именно с конца пятидесятых годов, стала объектом комплексных геологических исследований. Они главным образом проводились в аспекте определения перспектив нефтегазоносности, причем было пробурено более десяти глубоких скважин, в которых, наряду с другими, были проведены гидрогеологические исследования палеозойских и мезозойских коллекторских горизонтов. Объем этих работ, несколько ограниченный по техническим и экономическим причинам, хотя и не дал возможности полностью изучить гидрогеологические условия в Подлясской впадине, все таки позволил получить достаточное количество данных для установления гидрохимии подземных вод. Больше всего исследований проведено в отложениях кембрия, которые были признаны наиболее перспективными для поисков месторождений углеводородов.

Анализ результатов гидрохимических исследований автором проведен в основном на профиле Пултуск—Мельник, на продолжении которого на востоке расположена советская опорная скважина Кустин I. Этот профиль проходит приблизительно параллельно оси Подлясской впадины.

В Подлясской впадине отмечается четкая зональность в залегании подземных вод. В восточной ее части установлено глубокое проникновение инфильтрационных вод, достигающих отложений кембрия. В западном направлении минерализация и степень метаморфизма вод отчетливо увеличивается с глубиной. На западе Подлясской впадины сильно метаморфизованные минерализованные воды появляются уже в юре. Анализ распространения отдельных зон залегания вод различного характера позволяет сделать вывод о направлении инфильтрации вод с Мазурско-Сувальского и Луковско-Вишницкого поднятий, а также выделить территорию с несколько высшими перспективами для открытия месторождений углеводородов.

Ewa SIECIARZ

**RESULTS OF HYDROCHEMICAL RESEARCHS CONDUCTED ON THE AREA  
OF THE PODLASIE DEPRESSION**

Summary

The Podlasie Depression has recently become the main subject of complex geological researches. The research program took its origin in the last decade of 1950's. The preponderant emphasis was put on this side of researches which concerned the determinations on perspectives related to occurrences of hydrocarbon agglomerations. The total number of the penetrated deep bore-holes was roughly estimated as several. All these bore-holes were also used for hydrogeological examinations of the horizons belonging to the agglomerated rocks of the Palaeozoic and Mesozoic age. This research scope somewhat narrowed for the technical and economic reasons gave no chances, however, to a full recognition of the hydrogeological conditions occurring in the Podlasie Depression, but provided the appropriate data for determining hydrochemical properties pertained to ground water percolation. A considerable part of the researches has been made on the Cambrian deposits being estimated as the most perspective for prospecting of hydrocarbon agglomerations.

The analysis of the investigation results has been prepared by the author herself while mainly concentrating upon the Pułtusk—Mielnik geological cross section. Moving along eastward when tracing the cross section one may encounter the Russian resistive bore-hole — Kustin 1. Roughly speaking it is the cross section which is nearly parallel in its course to the main axis of the Podlasie Depression Unit.

Within the area of the Podlasie Depression one may easily notice the clear-cut zoning of the ground-water occurrences. The deep boundary of the infiltrating waters reaching the Cambrian deposits has been ascertained in the eastern part of that area. Moving westward one may encounter the tremendously significant increase in mineralization and metamorphism of the adjacent waters. This increase in mineralization and metamorphism is proportional to the depth of the infiltration. Strongly metamorphosed brines appearing in the Jurassic formations are ascertained in the western part of the Podlasie Depression. The analysis of the extent of each water-bearing zone occurrence featuring varying properties may allow for drawing conclusions on directions water infiltration derived from the Mazury—Suwałki and Łuków—Wisznice uplands, and moreover, on isolating the area having better perspectives for real discovery of hydrocarbon agglomerations.