

## Środowisko hydrogeologiczne utworów podłoża karbonu produktywnego w zapadlisku górnośląskim

Andrzej Rózkowski<sup>1</sup>



**Hydrogeological environment of the Paleozoic formations beneath the Productive Carboniferous in the Upper Silesian Foredeep.** Prz. Geol., 56: 490–494.

*A b s t r a c t.* The investigations carried out in the deep boreholes Goczałkowice IG-1 (3353.5 m) and Sosnowiec IG-1 (3442.6 m) in the Upper Silesian Foredeep allow to recognize the hydrogeological environment of the Paleozoic strata beneath the Productive Carboniferous. The results of investigations show that geological structure controls forming of hydrodynamic and hydrochemical conditions within the Upper Silesian Foredeep and it influences diversification of hydrogeological properties, water-bearing capacity and chemical composition of groundwater of the carbonate Lower Carboniferous-Devonian and siliciclastic Cambrian formations.

**Keywords:** Upper Silesian Foredeep, deep aquifers, hydrogeological environment

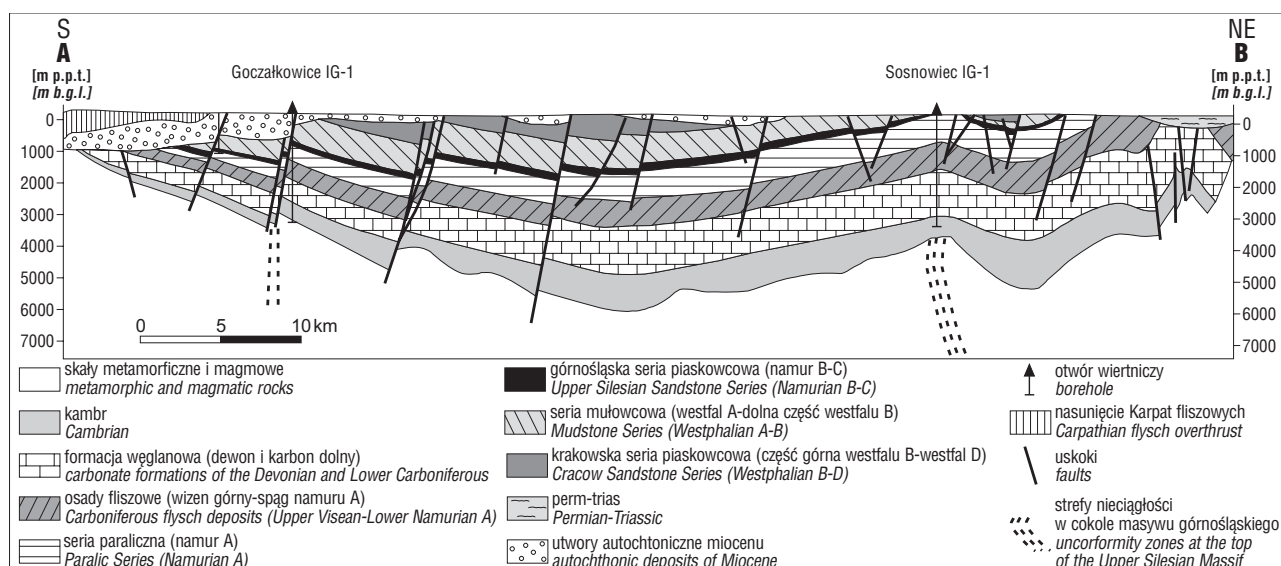
---

Oddział Górnośląski Instytutu Geologicznego w Sosnowcu w latach 70. XX w. realizował, zgodnie z koncepcją Kotasa (1969), *Projekt wierceń parametrycznych dla rozpoznania podłoża utworów produktywnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Celem zadania badawczego, oprócz wyjaśnienia wielu problemów wgłębnej budowy

geologicznej zagłębia, była również weryfikacja hipotez występowania złóż bituminów w podłożu utworów karbonu produktywnego oraz rozpoznanie jego środowiska hydrogeologicznego. W ramach projektu zostały odwiercone dwa najgłębsze w zagłębiu otwory wiertnicze: Sosnowiec IG-1 (3442,6 m) oraz Goczałkowice IG-1 (3353,5 m). Otwory zostały zaprojektowane tak, by osiągnęły podłoże serii terygenicznego dewonu dolnego i w optymalny sposób umożliwiły rozwiązanie zadania badawczego (ryc. 1).

---

<sup>1</sup>Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; adrozko@o2.pl



Ryc. 1. Przekrój geologiczny przez Górnośląskie Zagłębie Węglowe (wg Kotas, 1994)  
Fig. 1. Geological cross-section of the Upper Silesian Coal Basin (after Kotas, 1994)

Dokumentacje geologiczne wynikowe obu wierzeń zostały wykonane w Oddziale Górnośląskim IG (Kotas & Rózkowski, 1973a, b; Rózkowski & Chmura, 2001). Podsumowanie wyników opróbowań i badań złożowych oraz hydrogeologicznych zostało przedstawione w *Sprawozdaniu z wyników badań perspektyw występowania bituminów w podłożu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego* (Kotas i in., 1973). Wyniki badań zostały opublikowane jedynie fragmentarycznie, w związku z tym w niniejszym artykule zostały one wykorzystane, z uwzględnieniem wyników nowszych badań, do przedstawienia ogólnej charakterystyki formowania się środowiska hydrogeologicznego głębokich poziomów wodonośnych w zapadlisku górnośląskim.

### Budowa geologiczna

Głębokie podłoże bloku górnośląskiego, na którym jest położone Górnośląskie Zagłębie Węglowe (ryc. 1), tworzy masyw o prekambryjskiej konsolidacji. Stanowi on najniższe — metamorficzne piętro strukturalne (Kotas, 1985, 1994; Buła & Żaba, 2005). Wspomniany masyw jest częściowo przykryty cienkim płaszczem osadów kambryjskich, a w części północno-wschodniej, na kontakcie bloku górnośląskiego z blokiem małopolskim, przypuszczalnie także osadami ordowicko-sylurskimi. Kompleks staropaleozoiczny stanowi pierwsze osadowo-pokrywowe, kaledońskie piętro strukturalne masywu (Rózkowski, 1995).

Cykl waryscyjski w basenie sedimentacyjnym zapadliska górnośląskiego rozpoczyna się lądowymi osadami dewonu o miąższościach od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Osady te są przykryte utworami formacji węglanowej dewonu środkowego i górnego oraz karbonu dolnego. Utwory węglanowe, o miąższościach od kilkuset do 1200 m, występują w całym zagłębiu. Najpłycej zalegają w strefie wychodni podneogeńskich w południowej części zagłębia.

Formacja węglanowa jest oddzielona od utworów karbonu produktywnego serią morskich osadów iłowco-

wo-mułowcowych kulmu, wykształconych w facji fliszopodobnej. Formacja ta, miąższości 400–1500 m, zalega zgodnie na formacji węglanowej. Na formacji kulmu zalegają zgodnie utwory karbonu produktywnego, osiągające w centralnej części zagłębia miąższość 4500 m. Osady młodszych ogni stratygraficznych zalegają niezgodnie na tych utworach, a lokalnie utworach permu i stanowią odrębne, alpejskie piętro strukturalne.

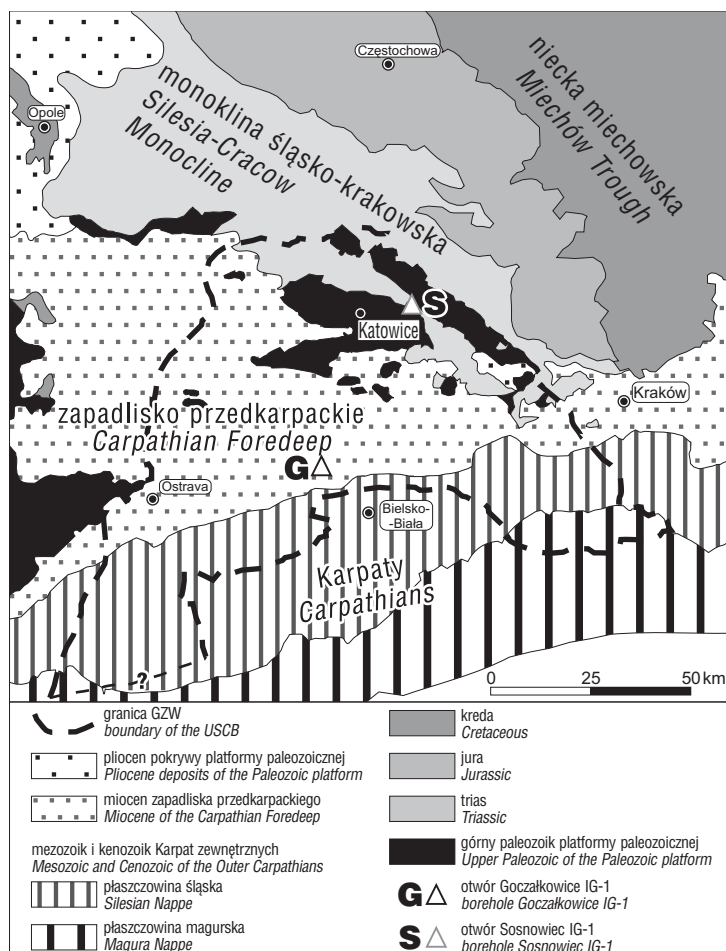
Na skutek przebudowy zagłębia w czasie orogenezy alpejskiej jego przeważająca część znalazła się w zasięgu zapadliska przedkarpackiego, wypełnionego molasowymi utworami neogenu, a fragmentarycznie położona jest nawet pod nasunięciem Karpat fliszowych (ryc. 2). Orogenesa alpejska spowodowała odnowienie i przebudowę struktur waryscyjskich oraz powstanie nowych struktur tektonicznych.

### Charakterystyka hydrogeologiczna

Zapadlisko górnośląskie w historii geologicznej przechodziło typowy dla basenów sedimentacyjnych cykliczny rozwój hydrogeologiczny. W profilu hydrogeologicznym zapadliska występują różnowiekowe piętra i kompleksy wodonośne, od czwartorzędu po kambry włącznie. Piętra wodonośne są poprzedzielane izolującymi utworami, słabo przepuszczalnymi lub praktycznie nieprzepuszczalnymi.

Wyniki dotychczasowych badań autora (Rózkowski, 2003) wykazały, iż do rozpoznanej badaniami hydrogeologicznymi głębokości, tj. do ok. 3000 m, w górnośląskim basenie sedimentacyjnym ruch wody odbywa się głównie pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego i przejściowego do geostatycznego. Na większych głębokościach jest on przypuszczalnie wywołany głównie ciśnieniem geostatycznym. Występujące w zapadlisku górnośląskim wody głębokich systemów przepływu są głównymi nośnikami ciepła i materii wewnątrz tej struktury.

W niniejszym artykule rozważaniami objęto występujący poniżej piętra wodonośnego karbonu produktywnego kompleks wodonośny wapieni i dolomitów serii



Ryc. 2. Pozycja Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle jednostek alpejskiego kompleksu strukturalnego (wg Kotasa, 1994)

Fig. 2. Regional setting of the Upper Silesian Coal Basin within the Alpine structural complex (after Kotas, 1994)

węglanowej karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego, jak również kompleks wodonośny piaskowców i zlepieńców dewonu dolnego i kambru.

Wapienno-dolomityczny ośrodek skalny kompleksu wodonośnego karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego jest niejednorodny, nieciągły i anizotropowy. Sieć hydrauliczna ośrodka skalnego składa się z trzech systemów hydraulicznych: porowego, szczelinowego i krasowego (Rózkowski A. & Rózkowski J., 2008). Badania prowadzone w otworach Goczałkowice IG-1 i Sosnowiec IG-1 (ryc. 1 i 2) wykazały, że pod miąższym nadkładem młodszych utworów górotwór serii węglanowej jest szczelny i praktycznie nieprzepuszczalny. W sieci hydraulicznej ośrodka skalnego dominuje porowatość matrycy skalnej. Szczeliny i kawerny są z reguły zabliznione kalcytem. System szczelin może jedynie lokalnie przewodzić wodę. Nieznaczne skawernowanie masywu węglanowego zaobserwowano w pobliżu powierzchni niezgodności formacji fliszowej i węglanowej, w zasięgu strefy starej powierzchni denudacji przedpóźnowizeńskiej.

Porowatość otwarta przestrzeni porowej, określona badaniami laboratoryjnymi, wynosi 0,01–5,4%. Jednakże w 85% próbek wapieni wartość tego parametru jest mniejsza niż 1%, a dolomitów niż 2%. Profilowanie karotażowe wykazało, że porowatość otwarta jest ok. 2%.

Badania przepuszczalności skał węglanowych metodą laboratoryjną dowiodły, że, jeśli uwzględnimy wyłącznie przestrzeń porową, są to skały praktycznie nieprzepuszczalne, charakteryzujące się wartością współczynnika filtracji poniżej  $10^{-9}$  m/s, lokalnie dochodzącą do  $1,6 \times 10^{-8}$  m/s. Na występowanie nieznacznego zawodnienia kompleksu skał węglanowych wskazują wyniki badań prowadzonych w otworach Sosnowiec IG-1 i Goczałkowice IG-1. Dopływy solanki do otworu po perforacjach wynosiły do kilkudziesięciu litrów na dobę, by po kwasowaniu górotworu, w trakcie pompowań, wzrosnąć maksymalnie do ok.  $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ , przy depresji 250 m.

Rozwój paleogeograficzny i paleohydrogeologiczny regionu górnośląskiego pozwala wnioskować, że w jego centralnej części karbońsko-dewońska seria osadów węglanowych nie podlegała intensywnym procesom denudacji, w tym krasowieniu skał, po denudacji przedwczesnowizeńskiej. Wydaje się, iż brak tych procesów ma zasadniczy wpływ na bardzo małą przepuszczalność i wodonośność górotworu węglanowego w tej części regionu.

Odmienne przedstawia się rozwój geologiczny basenu górnośląskiego w części południowej, na tektonicznie wyniesionym bloku Cieszyna, gdzie utwory karbonu górnego są silnie zredukowane lub ich brak. Dotyczy to również utworów mezozoicznych. Dobrze rozwinięte są tu jedynie osady neogeńskiej serii molasowej i fliszu nasunięcia karpacciego. Obserwowana w karbońsko-dewońskim kompleksie węglanowym zwiększona porowatość i przepuszczalność górotworu jest tu następstwem starych, kopalnych procesów krasowych i innych procesów wietrzeniowych, które działały w historii geologicznej tego obszaru (Michalik, 1973; Oszczyk, 1981). Objawy krasowienia kompleksu

węglanowego zaobserwowano m.in. w otworach Ustroń-3, Kęty-7, Kozy MT-3. Zjawisko paleokrasu w kompleksie węglanowym miało regionalne rozprzestrzenienie. W późnym karbonie, permie i całym mezozoiku obszar bloku Cieszyna, jako wypiętrzony łań, podlegał erozji, a węglanowy kompleks krasowieniu (Michalik, 1973). Procesy denudacji masywu węglanowego przerwała transgresja morza miocenijskiego. Badania Oszczyki (1981) wykazały, iż przed wczesnym badaniem przedgórze Karpat było obszarem w znacznym stopniu zrównanym. Wody podziemne w górotworze były wysłodzone do głębokości kilkuset metrów.

Właściwości hydrogeologiczne i wodonośność kompleksu węglanowego bloku cieszyńskiego zostały rozpoznane w kilkunastu otworach badawczych. Szczególnie znaczenie mają jednak kompleksowe wyniki badań prowadzonych w otworach Krasna IG-1 (Niemczyk i in., 1994) oraz Kozy-TM3 (Chowaniec i in., 1997). Badania te wykazały, że w obrębie bloku Cieszyna górotwór węglanowy charakteryzuje się strefową, podwyższoną przepuszczalnością i wodonośnością, na skutek występowania wtórnej porowatości związanej ze spękaniem i skawernowaniem skał.

Wyniki badań laboratoryjnych próbek rdzeni świadczą, że matryca skały węglanowej jest praktycznie nieprzepuszczalna. Porowatość efektywna skał kształtuje się w prze-

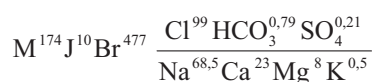
dziale od poniżej 0,1% do 4,2%. Przepuszczalność skał, w świetle badań laboratoryjnych, wynosi poniżej  $10^{-9}$  m/s, a lokalnie dochodzi do  $1,5 \times 10^{-8}$  m/s. Współczynnik filtracji uzyskany w trakcie próbnych pompowań, po zabiegu kwasowania, wzrastał do  $4 \times 10^{-7}$  m/s, co wskazuje na podstawową rolę szczelin i kawern w przewodzeniu wody. Próbnymi pompowniami uzyskano wydajności strefowe rzędu 41,4 m<sup>3</sup>/h.

Kompleks piaskowcowo-mułowcowy dewonu i kambru charakteryzuje się małą i średnią porowatością — 4–16%. Punktowo rozpoznana przepuszczalność ośrodka skalnego wynosi od  $9,8 \times 10^{-9}$  do  $4,1 \times 10^{-7}$  m/s. Zwiększone właściwości hydrogeologiczne górotworu notuje się wyłącznie w bloku Cieszyna. Nieliczne bezpośrednie badania hydrogeologiczne wykazały małą wodoność tego kompleksu.

### Środowisko hydrogeochemiczne

W kompleksach wodonośnych serii węglanowej dolnego karbonu i dewonu oraz dolnego dewonu i kambru w południowej części regionu górnośląskiego występują pogrzebane solanki typu Cl-Na-Ca (Rózkowski, 2002). Mineralizacja wynosi 116,1–223,6 g/dm<sup>3</sup>. Obserwuje się wzrost mineralizacji wód i stężeń głównych jonów z głębokością. Nie dotyczy to jonów wodorowęglanowych i siarczanów. Odczyn pH solanek mieści się w przedziale 5,2–7,2. Twardość ogólna jest rzędu 728 mval/dm<sup>3</sup>.

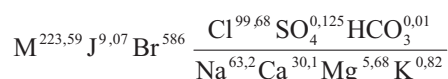
Reprezentatywny skład chemiczny solanek określono na podstawie analizy chemicznej wód pobranych z otworu Goczałkowice IG-1, z głębokości 2035–2060 m (wg wzoru Kurlowa):



Wartości wskaźników hydrochemicznych  $rNa^+/rCl^-$  kształtują się w badanym kompleksie w przedziale 0,64–0,8, natomiast  $(rSO_4^{2-} \times 100)/rCl^-$  są zmienne w granicach 0,14–1,14. Wartości wskaźników hydrochemicznych i skład gazowy wód świadczą o zaawansowanej diagenecie, izolacji oraz występowaniu solanek w środowisku redukcyjnym, w strefie stagnacji hydrodynamicznej. Solanki charakteryzują się podwyższoną zawartością jodu, bromu i żelaza. Zawartości bromków wynoszą 127–586 mg/dm<sup>3</sup>, a ich stężenie wzrasta z głębokością. Jodki występują w solankach w ilości 3–586 mg/dm<sup>3</sup>. Na uwagę zasługuje podwyższone stężenie radionuklidu <sup>226</sup>Ra w solance badanej w otworze Kozy MT-3, wynoszące 34,663 kBq/m<sup>3</sup>.

Skład chemiczny solanek z kompleksu wodonośnego dewonu dolnego i kambru określono na podstawie wyników badań przeprowadzonych w otworach Kęty-3, Andrychów-4, Bielsko-5 i Goczałkowice IG-1. Badane wody należą do typu hydrochemicznego Cl-Na-Ca. Mineralizacja wód mieści się w przedziale 132,2–223,5 g/dm<sup>3</sup>.

Skład chemiczny wód występujących w utworach kambru w otworze Goczałkowice IG-1 na głębokości 3063–3078 m został przedstawiony wzorem Kurlowa:



Odczyn pH wód badanego kompleksu wynosi 5,6–6,2. Zawartość soli CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub> w wodach z utworów kambru stanowi 37% ogólnego składu solnego. Wartości wskaźników hydrochemicznych  $rNa^+/rCl^- = 0,64$  i  $(rSO_4^{2-} \times 100)/rCl^- = 0,13$  oraz obecność w składzie gazowym węglowodorów wskazują na wody stagnujące, izolację kompleksu wodonośnego oraz redukcyjność środowiska.

Badania Karwasieckiej (1996) wykazały podwyższony średni stopień geotermiczny w zapadlisku górnośląskim (3,15°C/100 m) w stosunku do notowanego na platformie waryscyjskiej (2,8°C/100 m). Wyniki tych badań wskazują równocześnie, że poszczególne jednostki geotektoniczne zapadliska górnośląskiego mają różne pola geotermiczne, w których gradienty temperatury i strumień ciepły są zróżnicowane. Na mapach średnich gradientów geotermicznych najniższe wartości są we wschodniej części zagłębia, natomiast wysokie w południowej części niecki głównej. Temperatura stropowej części górotworu serii węglanowej dolnego karbonu oraz górnego i środkowego dewonu, na głębokości ok. 2000 m, wynosi 58–76°C. Bezpośrednie pomiary temperatury górotworu w otworze Sosnowiec IG-1 wykazały, iż w górotworze węglanowym na głębokości poniżej 2000 m temperatura wzrasta od ok. 78 do 98°C (Kotas & Rózkowski, 1973a; Rózkowski, 1996). W otworze Goczałkowice IG-1, gdzie seria węglanowa zalega płycej, temperatura górotworu węglanowego wynosiła od 76,5°C na głębokości 1652,5 m do ponad 85°C na głębokości ok. 2900 m. W bloku Cieszyna, gdzie seria węglanowa leży jeszcze wyżej, temperatura górotworu jest niższa: przykładowo w otworze Ustroń IG-1 na głębokości 855,2 m wody mają 43,6°C.

W kompleksie serii terygenicznej dewonu dolnego i kambru temperatura górotworu jest wyższa. Najwyższą zmierzono w poziomie wodonośnym kambru w otworze Goczałkowice IG-1. Temperatura wód w interwale 3113–3133,2 m wynosiła 100,5°C (Rózkowski & Chmura, 2001).

Jeśli się uwzględni zróżnicowaną budowę geologiczną i rozwój paleohydrogeologiczny zagłębia, to można przyjąć, że w obszarze badań wiek wód paleoinfiltracyjnych w utworach kompleksu wodonośnego karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego może być zróżnicowany. W zasięgu niecki głównej występują wody paleoinfiltracyjne z okresu permsko-wczesnotriasowego. Natomiast w zasięgu wyniesionego bloku Cieszyna są to wody tego samego wieku oraz wody pochodzące z etapów infiltracyjnych wczesnojurajskiego i paleogeńskiego.

Najstarsze pogrzebane paleoinfiltracyjne solanki permsko-wczesnotriasowego etapu infiltracyjnego, wg Pluty i Zubera (1995), mają wartości  $\delta^{18}O$  od –2,9 do –0,9‰ i  $\delta D$  od –28 do –12‰. Wody pobrane z serii węglanowej, badane w otworze Goczałkowice IG-1, charakteryzowały wartości  $\delta^{18}O = -1,98$  oraz  $\delta D = -15,9$ ; natomiast wody z utworów kambru —  $\delta^{18}O = -1,48$  oraz  $\delta D = -19,9$  (Rózkowski & Przewłocki, 1974).

### Objawy ropo- i gazoności

Wyniki badań perspektyw ropo- i gazoności górotworu, prowadzonych w Oddziale Górnośląskim IG w Sosnowcu w ramach projektu wierceń parametrycznych



służących rozpoznaniu podłoża karbonu produktywnego w GZW, zostały przedstawione w niepublikowanych opracowaniach Kotasa i in. (1973) oraz Depowskiego i in. (1974). W trakcie wierceń i pobierania próbek z otworów wiertniczych nie stwierdzono większych nagromadzeń bituminów, lecz zaobserwowano wyłącznie ich objawy w postaci zgazowania płuczki węglowodorami oraz występowanie mikroobjawów bituminów stałych i płynnych lokalnie w rdzeniach.

Zróżnicowanie zawartości wyższych węglowodorów w składzie gazowym solanek w profilu hydrogeologicznym otworów Sosnowiec IG-1 oraz Goczałkowice IG-1 wskazuje na obecność różnych genetycznie typów gazów. Mała koncentracja wyższych węglowodorów w czystym składzie gazowym solanek występujących w utworach kulmu sugeruje ich pochodzenie głównie z degazacji uwęglonych szczątków organicznych i pozwala zaliczyć do gazów ziemnych bezgazolinowych.

W serii terygenicznej dewonu dolnego stwierdzono występowanie gazu ziemnego bezgazolinowego. Zawartość metanu jest zmienna i wynosi 88,1–98,7%.

Zarejestrowana w otworze Goczałkowice IG-1 duża koncentracja CO<sub>2</sub> (52%) w składzie gazowym solanki w trakcie przewiercania utworów kambru dowodzi obecności procesów utleniania węglowodorów. Te procesy występują z procesami redukcji siarczanów, co wskazuje na występowanie w przeszłości nagromadzeń bituminów.

Szczególnie intensywne nasycenie bituminami rdzeni zaobserwowano w trakcie przewiercania utworów kulmu. Mniejsze nasycenie bituminami zaobserwowano w serii węglanowej oraz terygenicznej.

Badania bituminów metodą absorpcji w podczerwieni, wykonane w rdzeniach z otworów Goczałkowice IG-1 i Sosnowiec IG-1, wykazały ich silne zmetamorfizowanie w utworach kulmu. Natomiast w skałach formacji węglanowej i osadach kambryjskich są silnie zmienione i zawierają małe ilości węglowodorów. Świadczy to, że skały oddały główną masę węglowodorów we wcześniejszych okresach geologicznych.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że wody podziemne w utworach paleozoiku występują w hydrodynamicznie powiązanych systemach przepływu, przy czym w układ krążenia wód jest włączony proces migracji bituminów. Rozwój hydrogeologiczny zapadliska górnośląskiego pozwala wnioskować, że ruchy górotwórcze i związane z nimi etapy paleoinfiltracyjne doprowadzały do wymiany wód oraz przemieszczania, a także niszczenia nagromadzeń bituminów. Podobną rolę odegrały rozwój paleotemperatury i współczesne pole geotermiczne. Z badań metamorfizmu węgla w GZW wiadomo, że na znacznych obszarach zagłębia mamy do czynienia z wielokrotnym przegrzaniem całego górotworu, które doprowadziło do zmetamorfizowania substancji organicznej. Ogólnie przyjmuje się, że strop węgla koksujących stanowi dolną granicę występowania złóż bituminów ciekłych.

Jeśli uwzględnimy rozkład stopnia geotermicznego oraz wyniki pomiarów termicznych, przeprowadzonych w otworach Sosnowiec IG-1 oraz Goczałkowice IG-1, jak również budowę geologiczno-strukturalną, to można

założyć, że w zachodniej i we fragmencie środkowej części struktury niecki głównej wysoka temperatura — powyżej 120°C — i ciśnienie oraz niskie parametry zbiornikowe nie stwarzają na większych głębokościach warunków do akumulacji złóż gazów w skałach zbiornikowych utworów paleozoicznych starszych od karbonu produktywnego.

## Literatura

- BUŁA Z. & ŻABA J. 2005 — Pozycja tektoniczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle prekambryjskiego i dolnopaleozoicznego podłoża. [W:] Mat. 76. Zjazdu PTG: Geologia i zagadnienia ochrony środowiska w regionie górnośląskim. PIG, Warszawa: 14–42.
- CHOWANIEC J., MACUDA J., NAGY S., ZAWISZA L. & WAȚOR L. 1997 — Dokumentacja hydrogeologiczna otworu badawczo-tłocznoego Kozy MT-3. Arch. Kopalni Silesia, Czechowice
- DEPOWSKI S., KOTAS A. & RÓŻKOWSKI A. 1974 — Perspektywy ropo- i gazonośności utworów paleozoiku w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- KARWASIECKA M. 1996 — Atlas geotermiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydaw. Kartograf. Polskiej Agencji Ekologicznej SA, Warszawa.
- KOTAS A. 1969 — Projekt wierceń parametrycznych dla rozpoznania podłoża utworów produktywnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- KOTAS A. 1985 — Structural evolution of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). [In:] X Congress Int. Stat. Geol. Carb. Compt. Rend. 3 Madrid: 459–469.
- KOTAS A. (ed.) 1994 — Coal-Bed Methane Potential of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). Pr. Państw. Inst. Geol., 142.
- KOTAS A. & RÓŻKOWSKI A. 1973a — Dokumentacja geologiczna wyników otworu strukturalno-parametrycznego Sosnowiec IG-1. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- KOTAS A. & RÓŻKOWSKI A. 1973b — Dokumentacja geologiczna wyników otworu strukturalno-parametrycznego Goczałkowice IG-1. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- KOTAS A., RÓŻKOWSKI A. & KARWASIECKA M. 1973 — Sprawozdanie z wyników badań perspektyw występowania bituminów w podłożu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- MICHALIK A. 1973 — Hydrogeologiczne wyniki kwasowania otworu Ustroń IG-2. [W:] Z badań hydrogeologicznych w Polsce, 3. Biul. Inst. Geol.: 211–216.
- NIEMCZYK B., TALIK J. & WRÓBEL R. 1994 — Nowe spojrzenie na chłonność utworów dewonu w świetle badań uzyskanych w otworze Krasna 1. Pr. Geol., 9: 777.
- OSZCZYPKO N. 1981 — Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórz Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadliska przedkarpackiego. Biul. Inst. Geol., 325, 3: 5–87.
- PLUTA I. & ZUBER A. 1995 — Origin of brines in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) inferred from stable isotope and chemical data. Applied Geochemistry, 10: 447–460.
- RÓŻKOWSKI A. 1995 — Factors controlling the groundwater conditions of the Carboniferous strata in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. Ann. Soc. Geol. Pol., 24: 53–66.
- RÓŻKOWSKI A. 1996 — Warunki występowania wód termalnych w masywie górnośląskim. Tech. Poszuk. Geol., 3-4: 9–12.
- RÓŻKOWSKI A. 2002 — Solanki Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Biul. Państw. Inst. Geol., z. 4: Hydrogeologia: 191–213.
- RÓŻKOWSKI A. 2003 — Warunki hydrogeologiczne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. [W:] Wilk Z. (red.) Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa, cz. 1. Wyd. AGH, Kraków: 57–145.
- RÓŻKOWSKI A. & CHMURA A. 2001 — Wyniki badań poziomu zbiornikowego otworu Goczałkowice IG-1. Arch. OG Państwowego Instytutu Geologicznego, Sosnowiec.
- RÓŻKOWSKI A. & PRZEWŁOCKI K. 1974 — Application of stable environmental isotopes in mine hydrogeology taking Polish coal basins as an example. Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, vol. 1. International Atomic Energy Agency, Vienna: 481–502.
- RÓŻKOWSKI A. & RÓŻKOWSKI J. 2008 — Hydrogeology of the Carboniferous-Devonian formation within the Upper Silesian Block. Kras i Speleologia, t. 12 (21): 77–92.