

ŚRODOWISKO HYDROGEOLOGICZNE UTWORÓW BADENU ZACHODNIEJ CZĘŚCI ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO

HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE BADENIAN FORMATION IN THE WESTERN PART OF THE CARPATHIAN FOREDEEP

ANDRZEJ RÓŻKOWSKI¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki badań środowiska hydrogeologicznego utworów badenu występujących w zapadlisku przedkarpackim w SW części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Podsumowano wyniki badań w odniesieniu do budowy geologiczno-strukturalnej, właściwości hydrogeologicznych skał, układu pola hydrodynamicznego oraz środowiska hydrogeochemicznego badenu. Stwierdzono występowanie typowej dla basenów sedimentacyjnych strefowości hydrodynamicznej i hydrochemicznej. Pionowa strefowość hydrochemiczna zaznacza się wzrostem mineralizacji wód od 0,9 do 57 g/dm³ oraz zmianą typów chemicznych wód: HCO₃-Cl-Na → Cl-Na → Cl-Na-Ca. Zaobserwowano występowanie grawitacyjnego systemu przepływu w strukturach zrębowych oraz w głębokich rowach tektonicznych izolowanych systemów hydraulicznych wód synsedymencyjnych. Geneza wód potwierdzona została wynikami badań izotopowych.

Słowa kluczowe: środowisko hydrogeologiczne, baden, zapadlisko przedkarpackie.

Abstract. Hydrogeological environment of the Badenian molasse formation in the south-western part of the Upper Silesian Coal Basin is described in this paper. Groundwater environment was analysed taking into account the geological structure of the sedimentary basin, hydraulic properties of rocks, development of hydrodynamic field and the results of hydrochemical, isotopic and dissolved gases investigations. Hydrodynamic and hydrochemical zonation is typical of sedimentary basins. Hydrochemical zonation of the study area is characterized by the increase of water mineralization with depth from 0.9 to 57 g/dm³, and the water chemical type change: HCO₃-Cl-Na → Cl-Na → Cl-Na-Ca. Within the horst structures where thickness of the Badenian formation is reduced, a gravitational flow system takes place. In the tectonic grabens, at the depth below 500 m, buried synsedimentary waters were discovered.

Key words: hydrogeological environment, the Badenian, Carpathian Foredeep.

WSTĘP

W okresie pierwszego 25-lecia po II wojnie światowej w zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), na obszarze Rybnickiego Okręgu Węglowego, były prowadzone intensywne badania geologiczne. Celem badań było rozpoznanie warunków geologicznych i hydrogeologicznych występujących tu złóż węgla w związku z projektowaniem nowych kopalń. Badaniami była objęta seria złożowa karbonu produkcyjnego oraz utwory nadkładu – badenu. Badania środowiska hydrogeologicznego utworów badenu miały na celu rozpoznanie zagrożeń wodnych i gazowych w stosunku do projektowanych wyrobisk górniczych i eksploatacji górniczej ze strony nadkładu złoża.

Facjalne i stratygraficzne rozpozniowanie przez Aleksandrowicza (1963) utworów badenu na obszarze GZW oraz wyniki badań hydrogeologiczno-złożowych umożliwiły ogólne rozpoznanie ich środowiska hydrogeologicznego w skali zarówno wydzielonych rejonów, jak i całego obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Różkowski, 1963, 1971a, b).

Kontynuowane w zachodniej części GZW w latach 1970–2008 badania hydrogeologiczne utworów badenu miały charakter aplikacyjny i poznawczy. Głównym celem badań aplikacyjnych było prognozowanie dopływów wód do kopalń i ocena zagrożeń wodno-gazowych wyrobisk górniczych (Solik-Heliasz, 1986, 1989; Pluta i in., 1996; Pluta, 2003,

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

2005a, b, 2007; Grmela i in., 2004). Innym praktycznym zadaniem tych badań było określenie możliwości bezwrotnego załaczania słonych wód kopalnianych do gruboklastycznych, spągowych utworów badenu (Buła i in., 1994) oraz ocena możliwości ujmowania występujących w nich wód termalnych (Rózkowski, 1996).

Prowadzone nowymi metodami badania ogólnopoznawcze umożliwiły dalsze poznanie środowiska hydrogeologicznego utworów badenu, a zwłaszcza procesów formowania

się składu chemicznego wód oraz genezy wód i gazów (Rózkowski, Wagner, 1986; Pluta, Zuber, 1995; Kotarba, 1998; Rózkowski, 2002; Pluta, 2003; Labus, Grmela, 2004; Peła, 2005; Rózkowski, Zawadzka, 2009).

Wyniki nowych badań aplikacyjnych i ogólnopoznawczych zostały wykorzystane w artykule do przedstawienia aktualnej charakterystyki środowiska hydrogeochemicznego badenu w południowo-zachodniej części GZW.

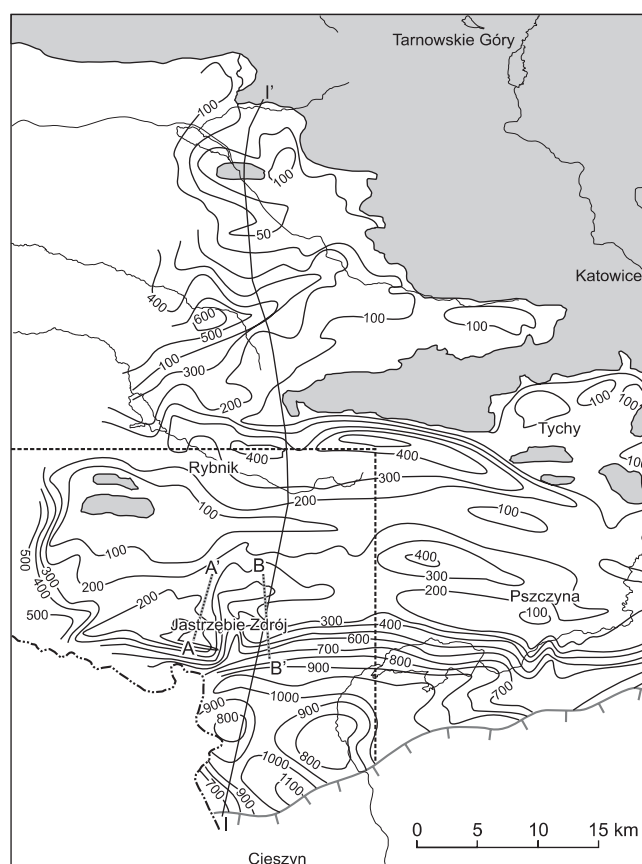
CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNO-STRUKTURALNA ZACHODNIEJ, GÓRNOŚLĄSKIEJ CZĘŚCI ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO

Rozwój geologiczno-strukturalny górnośląskiej części zapadliska przedkarpackiego wiąże się z działalnością górotwórczą Karpat w okresie orogenezy młodopalpejskiej. Ruchy wznoszące powodowały w swym następstwie procesy aktywnej erozji i denudacji wyniesionego górotworu podmiocenijskiego podłoża. Przez cały paleogen i starszy neogen obszar badań tworzył łąd intensywnie erodowany. Na przełomie paleogenu i neogenu nastąpiło fałdowanie i wypiętrzenie Karpat i związane z tym powstanie rowu przedgórskiego. Osiedlenie obszaru zapadliska spowodowało transgresję morza bałeńskiego i związaną z nią sedymentację osadów, głównie na utworach karbonu produktywnego. Skonsolidowane podłoże sprzyjało formowaniu się tektoniki blokowej i odmłodzeniu starych wartyjskich stref dyslokacji.

Oś subsydencji i sedymentacji zbiornika miocenijskiego przesuwała się w okresie badenu i sarmatu w kierunku północnym wraz z postępującym ruchem nasuwczym płaszczowin karpaccich (Oszczypko, 1981, 1999). Struktury obniżeniowe występują w coraz to młodszych ogniwach miocenu. Formuje się początkowo południowy – wewnętrzny basen sedymentacji i następnie na północy zewnętrzne baseny sedymentacji również o charakterze zapadliskowym. W efekcie w profilu miocenu zaznacza się redukcja miąższości utworów badenu w kierunku na północ od nasunięcia karpacciego w granicach od ok. 1200 do 100 m (fig. 1).

W basenie wewnętrznym zapadliska przedkarpackiego, ograniczonym umownie od północy strefą dyslokacji Bzie-Dębina, sedymentuje kompleks ilastych utworów dolnego badenu (morawian). Jest on wykształcony w postaci ilów i ilułowców z wkładkami, przewarstwieniami i laminami sprasowanych mułków, piasków, rzadziej piaskowców, lokalnie tufitów i bentonitów (Rózkowski, 1971a). Spągowe jego ogniwa wykształcone są jako seria osadów gruboklastycznych, reprezentowanych przez zlepnieńce, piaskowce, mułki i ilowce tzw. warstw dębowieckich. Wypełniają one deniwelacje stropu starszego podłoża, osiągając na ogół miąższości od 50 do 100 m (fig. 2).

W północnej części obszaru transgresji, w basenach zewnętrznych, sedymentują osady facji płytkowodnej oraz limniczno-molasowej, reprezentowane przez wapień, margle i ily margliste (wielician). W ich profilu występują osady facji siarczanowej, reprezentowanej przez gipsy i anhydryty



- utwory starsze od badenu
formations older than Badenian
- utwory badenu
Badenian formation
- 700— izopachyty utworów badenu
isopachytes of Badenian formation
- |— granica nasunięcia karpacciego
boundary of the Carpathian overthrust
- I—I' linia przekroju geologicznego
geological cross-section line
- A—A' linie przekrojów hydrogeologicznych
hydrogeological cross-section lines
- obszar badań
investigated area

Fig. 1. Mapa miąższości utworów badenu

Map of the thickness of Badenian formation

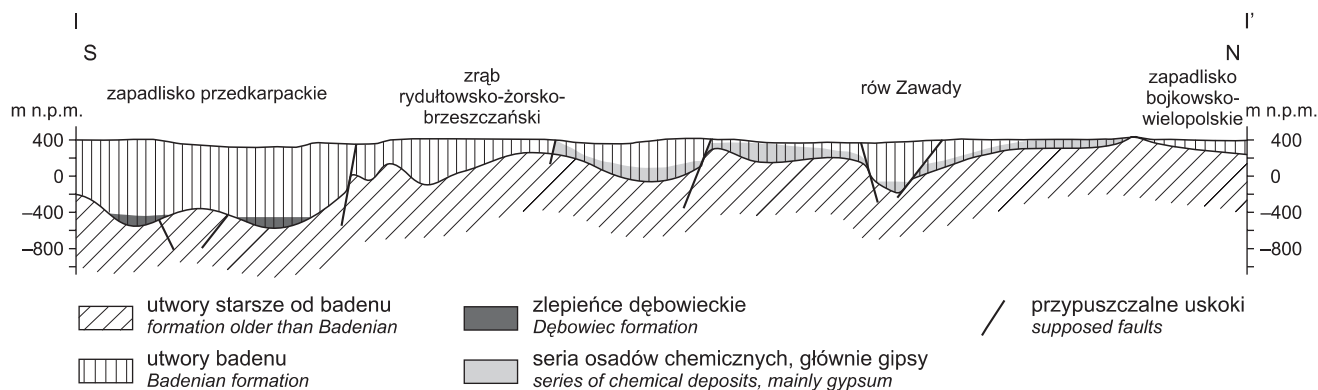


Fig. 2. Schematyczny przekrój geologiczny

Schematic geological cross-section

oraz – w rowie Zawady – sól. Stratygraficznie wyżej sedimentują osady górnego badenu (kossowian), wykształcone w facji ilasto-piaszczystej. Utwory sarmatu, wykształcone w facji piaszczysto-ilastej, stwierdzono fragmentarycznie

w północno-zachodniej części opisywanego obszaru. W skrajnie południowej części Zagłębia na osady autochtonicznego miocenu są nasunięte fliszowe utwory Karpat (fig. 1).

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA BASENU SEDYMENTACYJNEGO BADENU W ZAPADLIKU PRZEDKARPACKIM

Badeński basen sedymentacyjny zapadliska górnośląskiego jest młodą alpejską hydrostrukturą o zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych. Morskie utwory badenu są słabo wodonośne, praktycznie bezwodne. Przyjmuje się, że jest to kompleks warstw izolujących w stosunku do niżej leżących pięter wodonośnych. Nieznaczna wodonośność opisywanych utworów jest związana z nieregularnym występowaniem w kompleksie ilastym wkładek i lamin mułków i piasków, rzadziej piaskowców i zlepieńców oraz gipsów i margli w przypadku serii osadów chemicznych. Przeważającym typem litologicznym wśród utworów badenu dolnego są osady ilaste, praktycznie nieprzepuszczalne. Współczynnik filtracji wspomnianych skał wynosi 10^{-12} – 10^{-9} m/s (Liszkowska, 1990). W profilu hydrogeologicznym serii ilastej nie zaznaczają się wyraźne poziomy wodonośne, lecz kompleksy ilaste o podwyższonym zapieszczeniu, charakteryzujące się zróżnicowaną przepuszczalnością, 10^{-8} – 10^{-6} m/s. Wydajności uzyskiwane z kompleksów ilasto-piaszczystych w pojedynczych otworach nie przekraczają kilku m³/h, przy depresjach rzędu kilkudziesięciu metrów i większych (Rózkowski, 1971a).

Utwory badenu górnego (kossowian) w stosunku do badenu dolnego w strukturach zapadliskowych charakteryzują się wzrostem zapieszczenia dochodzącym do 35%. Zapieszczenie dominuje w górnym profilu tych utworów. Seria gipsonośna reprezentuje typ zbiornika szczelinowego lub szczelinowo-krasowego o zróżnicowanych współczynnikach filtracji. Większa przepuszczalność i wodonośność kompleksu

serii osadów chemicznych została stwierdzona w strefach wychodni.

Utwory badenu dolnego (morawian) występują w zasięgu wewnętrznego basenu sedymentacji zapadliska przedkarpackiego, osiągając miąższość do 1200 m. Korelacja wyników karotazu otworowego wykazała występowanie w serii ilastej tych utworów dwóch, trzech stałych warstw piaskowców, prowadzących wody zgazowane metanem. Współczynniki filtracji wkładek piaszczystych mieszczą się w przedziale od $6,0 \times 10^{-8}$ do $3,4 \times 10^{-6}$ m/s. W centralnej części opisywanego obszaru, w rejonie Dębowca, w warstwach piaskowców występuje złożę gazu.

W spągu utworów badenu, w zapadlisku przedkarpackim, występuje kompleks skał piaskowcowo-zlepieńcowych, noszących nieformalną nazwę warstw dębowieckich (fig. 2). W Zagłębiu Ostrawsko-Karwińskim przez czeskich hydrogeologów zwany jest on „detrytem”. Ułożenie i miąższość osadów warstw dębowieckich nawiązuje do ukształtowania rzeźby powierzchni karbonu produktywnego. Miąższości opisywanych warstw są zmienne, od 25 do 100 m, przeciętnie wynoszą 70 m. Głębokość zalegania stropu warstw na obszarze GZW jest zmienna w granicach od 500 do 1150 m. Właściwości hydrogeologiczne warstw dębowieckich są zróżnicowane, zależne od wykształcenia litologicznego skał i stopnia ich diagenety. Uśredniona wartość współczynnika filtracji wynosi $6,88 \times 10^{-6}$ m/s. Wydajności poziomu określone próbnikiem złoża kształtują się w przedziale od 1,0 do 32,0 m³/h.

Warstwy dębowieckie tworzą największy zbiornik wód podziemnych w profilu utworów badenu. Ze względu na swe generalnie wysokie parametry hydrogeologiczne i położenie w stropie karbonu stanowią poważne zagrożenie wodno-gazowe dla eksploatacji złóż węgla i podstawowe źródło dopływów wód do wyrobisk górniczych. Warunki występowania warstw dębowieckich i ich parametry hydrogeologiczne w rejonie Rybnickiego Okręgu Węglowego (ROW) były podstawą badań hydrogeologicznych Solik-Heliasz (1986, 1989). Wyniki jej badań wykazały znaczne zróżnicowanie właściwości hydrogeologicznych ośrodka skalnego tej formacji. Współczynniki filtracji są zmienne w zakresie od $1,0 \times 10^{-12}$ do $2,1 \times 10^{-5}$ m, natomiast współczynniki porowatości efektywnej zmieniają się w granicach od 4,40 do 32,11%. Obserwuje się horyzontalną zmienność właściwości hydrogeologicznych skał, zgodnie z kierunkiem sedymentacji utworów z południa na północ.

Na uwagę zasługuje najnowsza monografia hydrogeologiczna Zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego, w której czescy geolodzy ujęli swe długoletnie szczegółowe badania spagowych gruboklastycznych utworów badenu – „detrytu” (Dvorsky i in., 2006).

Uwzględniając fakt, że kompleks wodonośny warstw dębowieckich stanowi nieodnawialny zbiornik słonych wód podziemnych, charakteryzujący się dobrymi parametrami hydrogeologicznymi, analizowano możliwości wtłaczania do tego zbiornika słonych wód kopalnianych (Buła i in., 1994). Wstępne obliczenia autorów cytowanej pracy wskazują na zróżnicowaną chłonność zbiornika, zależną od zmiennej miąższości warstw dębowieckich i ich wykształcenia litologicznego. Szacunkowe ilości wody wtłaczanej otworem mieszczą się w przedziale od 16,8–66,0 m³/h, przy nadciśnieniach w przedziale 1,5–5,0 MPa. Rozpatrując prawidłowości wtłaczania słonych wód kopalnianych do zbiornika warstw dębowieckich w rejonie obszaru badań przyjęto, że jest on nieperspektywny, gdyż znajduje się w zasięgu oddziaływania drenażu górniczego. W związku z tym należy się tu spodziewać występowania procesu recyrkulacji.

Wstępnie analizowano również warunki występowania wód termalnych i możliwości ich ujmowania w opisywanym

rejonie (Rózkowski, 1996). Przeprowadzona ocena wskazuje na występowanie w warstwach dębowieckich solanek o mineralizacji ok. 70 g/dm³ i temperaturze ok. 50°C. Charakterystyczne wydajności studni są rzędu od kilku do kilkunastu m³/h, przy depresjach kilkudziesięciu metrów i większych. Obszar jest mało perspektywny, m.in. ze względu na prowadzoną na jego terenie eksploatację górnictwem.

Zasilanie badeńskich kompleksów wodonośnych następuje przez przepuszczalne utwory czwartorzędowe. W strukturach tektonicznych basenu sedymentacji utworów badenu, w zależności od miąższości osadów i kształtowania się pola ciśnień wód podziemnych, może mieć miejsce zasilanie kompleksów wodonośnych tej formacji przez karbońskie poziomy wodonośne lub też ich drenaż. Eksploatacja górnictwem z reguły sprzyja drenażowi wód z dolnych ogniw badenu. Dotyczy to przede wszystkim kompleksu wodonośnego warstw dębowieckich.

Krażenie wód w utworach badenu jest utrudnione wskutek niewielkiej przepuszczalności tych utworów i dzięki płytkiej podstawie drenażu lokalnego systemu przepływu, jaką stanowią doliny rzeczne. W zależności od głębokości ułożenia i warunków przykrycia utworów badenu ciśnienia hydrostatyczne wód w profilu hydrogeologicznym tej formacji kształtują się w granicach od 0,1 do 10,4 MPa.

Wyniki badań prowadzonych w otworach złożowych i badawczych wskazują na występowanie w miąższej serii osadów badenu trzech stref hydrodynamicznych, charakterystycznych dla basenów sedymentacyjnych. Są to strefy aktywnej i utrudnionej wymiany wód oraz strefa stagnacji hydrodynamicznej (Rózkowski, 1971b; Rózkowski, Wagner, 1986; Rózkowski, Zawadzka, 2009). W strefach aktywnej i utrudnionej wymiany występuje grawitacyjny przepływ wód. W strefie stagnacji hydrodynamicznej, w rowach tektonicznych, na głębokości poniżej 500 m, występuje niezależny system hydrauliczny, co potwierdzają opisywane w dalszej części wyniki badań środowiska hydrogeochemicznego. W strefach tych obserwuje się anomalnie wysokie ciśnienia wód statycznych, formujące się pod wpływem kompaktacji ilastych osadów basenu oraz ciśnień dynamicznych.

ŚRODOWISKO HYDROGEOCHEMICZNE BADENU DOLNEGO W SW CZĘŚCI ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO

Wyniki badań prowadzonych przy zastosowaniu nowych metod badawczych umożliwiły uściślenie danych dotyczących wieku i genezy wód i gazów oraz procesów formowania się strefowości hydrogeochemicznej w utworach dolnego badenu w SW części zapadlika przedkarpackiego (Dowgiałło, 1973; Rózkowski, Przewłocki, 1974, 1987; Pluta, Zuber, 1995; Kotarba, 1998; Labus, 2003; Rózkowski red., 2004; Pluta, 2005b; Rózkowski, Zawadzka, 2009). Szczególnie cenne są tu wyniki badań izotopowych wód w utworach badenu prowadzone w wyrobiskach górniczych (Pluta, 2003, 2005b).

Wyniki badań izotopowych wykazały, że w utworach badenu występują wody o składzie izotopowym $\delta^2\text{H}$ od -69 do $-1,0\text{‰}$ oraz $\delta^{18}\text{O}$ od $-9,8$ do $0,3\text{‰}$. Położenie punktów na diagramie linii opadowej i ich skierowanie ku SMOW wskazuje, że są to współczesne wody infiltracyjne, przechodzące w wody mieszane oraz wody synsedymencyjne (fig. 3). Diagram zależności wartości δD od głębokości opróbowania wód potwierdza zróżnicowanie ich składu izotopowego w zależności od ich położenia w strefie aktywnej lub utrudnionej wymiany czy też w strefie stagnacji hydrodynamicznej (fig. 4).

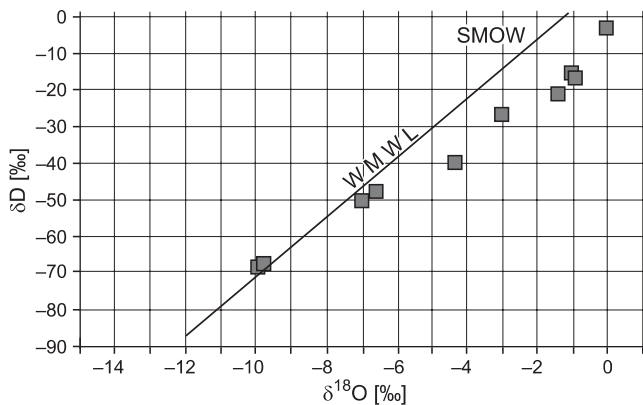


Fig. 3. Zależność $\delta^{18}\text{O}$ od δD dla wód badenu

$\delta^{18}\text{O}$ plotted against δD for Badenian groundwaters

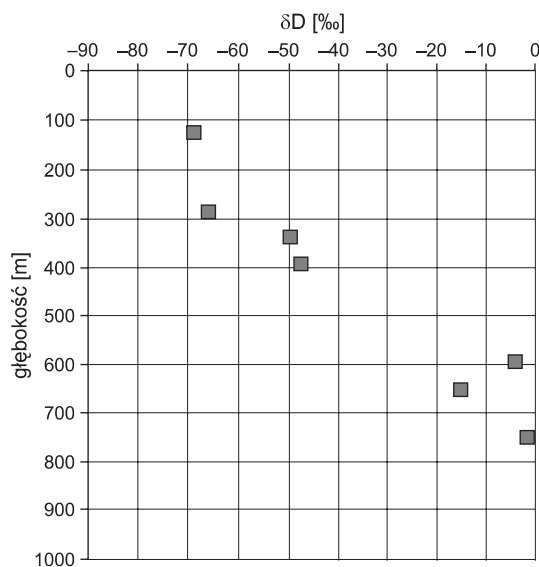


Fig. 4. Zależność wartości δD w wodach badenu od głębokości opróbowania

δD values of Badenian waters versus depth of sampling

W profilu hydrogeologicznym badenu w strefie aktywnej wymiany występują wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ oraz Cl-Na o ogólnej mineralizacji dochodzącej do kilku g/dm^3 . W strefie utrudnionej wymiany występują wody typu Cl-Na oraz Cl-Na z podwyższoną zawartością jonu SO_4 . Mineralizacja wód kształtuje się w przedziale od kilkunastu do kilkadziesiąt g/dm^3 . Synsedymantacyjne wody strefy stagnacji, stwierdzone wyłącznie w zakrytych strukturach zapadliska przedkarpackiego, są solankami typu Cl-Na i Cl-Na-Ca .

Bardziej szczegółowa interpretacja środowiska hydrogeochemicznego badenu opisywanego obszaru badań została dokonana przy uwzględnieniu jego budowy geologiczno-strukturalnej, kształtowania się pola hydrodynamicznego

oraz wyników badań składu chemicznego, izotopowego i gazowego wód.

Interpretację kształtowania się i różnicowania środowiska hydrogeochemicznego badenu w rejonie badań przedstawiono na dwóch przekrojach hydrogeologicznych. Uwzględniają one odmienne warunki hydrogeologiczne występujące w zasięgu struktur zrębowych oraz rowów tektonicznych (fig. 5). Przekroje hydrogeologiczne wraz z wskazanym polem hydrodynamicznym zostały zestawione na podstawie wyników wiercen i pomiarów ciśnień hydrostatycznych wód w otworach badawczych w trakcie rozpoznawania złóż węgla i głębienia szybów (Rózkowski, 1971b). Dane dotyczące składu izotopowego wód zaczerpnięto z diagramów (fig. 3, 4), natomiast do określenia składu chemicznego i gazowego wód wykorzystano wyniki zarówno starszych, jak i nowych badań hydrogeochemicznych.

W strukturach zrębowych, jak to wynika z układu pola ciśnień wód podziemnych, występuje grawitacyjny system przepływu wód (fig. 5). W interwale głębokości do ok. 200 m obserwuje się w utworach badenu pionowy, infiltracyjny przepływ wód. Natomiast w utworach karbonu ma miejsce przepływ lateralny. W spągowych ogniwach badenu występuje strefa mieszania się ascenzyjnych wód z utworów karbonu z przesączającymi się wodami z utworów badenu. W rowie tektonicznym układ pola ciśnień w stropowych ogniwach badenu jest podobny. Natomiast w interwale głębokości ok. 400–600 m we wspomnianych utworach występuje niezależny, niegravitacyjny system hydrodynamiczny.

Wyniki przeprowadzonych badań hydrogeochemicznych umożliwiają przedstawienie warunków formowania się pionowej strefowości hydrochemicznej oraz odniesienie się do genezy wód występujących w tych strukturach. Przeprowadzone badania wykazały występowanie w rejonie badań korelacji między strefowością hydrodynamiczną i strefowością hydrochemiczną w utworach badenu, co ułatwia interpretację środowiska hydrogeochemicznego.

Wody strefy infiltracyjnej charakteryzują się ogólną mineralizacją rzędu kilku g/dm^3 . Są to wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ oraz Cl-Na . Wskaźnik genetyczny $r_{\text{Na/Cl}} > 1$. Skład gazowy wód, typu N_2, O_2 , jest charakterystyczny dla wód atmosferycznych. Skład izotopowy wód, $\delta^2\text{H} = -69,0\text{‰}$ oraz $\delta^{18}\text{O} = -9,8\text{‰}$, wskazuje na współczesne wody infiltracyjne. Skład chemiczny wód kształtuje się w warunkach ługowania soli zawartych w ośrodku skalnym.

Wody strefy mieszania charakteryzują się ogólną mineralizacją 10–35 g/dm^3 . Są to wody typu Cl-Na . Wskaźnik hydrochemiczny $r_{\text{Cl/rNa}}$ kształtuje się w granicach od 0,87 do > 1 . Wody występują w strefie gazowej azotowo-metanowej (N_2, CH_4), przechodzącej w strefę metanowo-azotową (CH_4, N_2). Skład izotopowy wód $\delta^2\text{H} = -48$ do -26‰ oraz $\delta^{18}\text{O} = -6,9$ do $-4,2\text{‰}$. Dane hydrogeochemiczne wskazują, że wody strefy mieszania są genetycznie zróżnicowane. W strukturach zrębowych, w warunkach zredukowanej miąższości badenu, mogą to być stare wody ostatniego etapu infiltracyjnego lub wody mieszane. Te ostatnie są mieszaniną wód ostatniego etapu infiltracyjnego z wodami przedbadańskimi etapu infiltracyjnego, występującymi w stropowych utworach karbonu

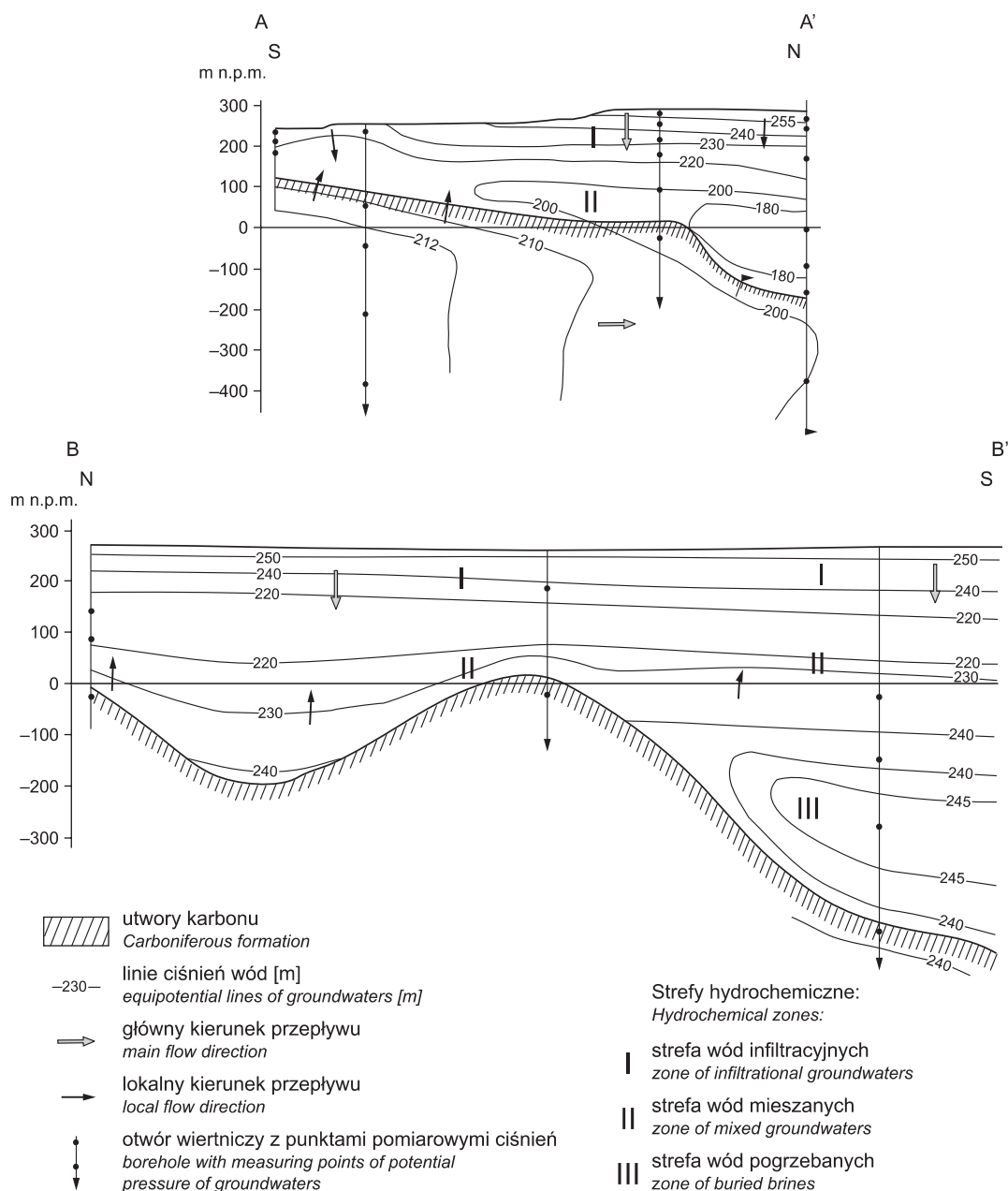


Fig. 5. Przekroje hydrogeologiczne (lokalizacja na fig. 1)

Hydrogeological cross-sections (location in Fig. 1)

(fig. 5). W obszarach zapadliskowych należy uwzględnić również możliwość procesów mieszania się wód infiltracyjnych z wodami sedymentacyjnymi badenu.

Mineralizacja wód w strefie wód pogrzebanych kształtuje się w przedziale od 30 do 57 g/dm³. Są to wody typu Cl-Na i Cl-Na-Ca. Wartości wskaźnika rNa/rCl = 0,73–0,85 wskazują na pełną izolację wód. Skład gazowy wód wykazuje

ich występowanie w izolowanej strefie metanowej. Badania składu izotopowego gazu prowadzone przez Kotarbę (1998) wykazują autochtoniczne pochodzenie gazu. Został on wytworzony w procesie mikrobialnej redukcji CO₂. Wartości składu izotopowego wód δ²H = -4,0 do -1,0‰ oraz δ¹⁸O = -0,7 do +0,3‰ potwierdzają ich pochodzenie synelementacyjne.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., 1963 – Stratygrafia osadów miocen-
skich w Zagłębiu Górnośląskim. *Pr. Inst. Geol.*, **39**.
- BUŁA Z., CHMURA A., JURECZKA J., RÓŹKOWSKI A., WAG-
NER J., 1994 – Ocena możliwości wtlaczania słonych wód ko-
palnianych do zbiornika warstw dębowieckich (trzeciorzęd)
w południowej części regionu górnośląskiego. *W: Problemy geo-
logii i ekologii w górnictwie podziemnym: 229–241*. Katowice.
- DOWGIAŁŁO J., 1973 – Wyniki badań składu izotopowego tlenu
i wodoru w wodach podziemnych Polski południowej. *Biul.
Inst. Geol.*, **277**: 319–338.
- DVORSKY J., GRMELA A., MALUCHA P., RAPANTOVA N.,
2006 – Ostravsko-Karvinsky Detrit. Spodnobadenska bazalni
klastika ceske casti hornoslezke panvie. Monografie. Nadklda-
dateltvi Montanex, Ostrava.
- GRMELA A., RAPANTOVA N., LABUS K., 2004 – Chemizm
wód podziemnych w gruboklastycznych utworach dolnego ba-
deny na terenie Ostrawsko-Karwińskiego Zagłębia Węglowe-
go. *Zesz. Nauk. PŚL., Górnictwo*, 260: 131–142.
- KOTARBA M., 1998 – Composition and origin of gaseous hydro-
carbons in the Miocene strata of the Polish part of the Carpa-
thian Foredeep. *Prz. Geol.*, **46**, 8/2: 751–758.
- LABUS K., 2003 – Chemizm i pochodzenie wód kopalnianych
w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Wę-
głowego. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią PAN, Kraków.
- LABUS K., GRMELA A., 2004 – Groundwaters isotopic composi-
tion of groundwaters in the SW part of the Upper Silesian Coal
Basin on the territories of Poland and Czech Republic. *Sbornik
vedeckych praci VSB TU Ostrava*, c. 1: 57–58.
- LISZKOWSKA E., 1990 – Próba zastosowania teorii transportu mas
do odtwarzania ewolucji paleohydrogeochemicznej na przy-
kładzie trzeciorzędu GZW. *Pr. Nauk. UŚL., Geologia*, **10/11**:
130–173.
- OSZCZYPKON., 1981 – Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgó-
rza Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne za-
padliska przedkarpackiego. *Biul. Inst. Geol.*, **325**: 5–87.
- OSZCZYPKON., 1999 – Przebieg miocenkiej subsydencji w polskiej
części zapadliska przedkarpackiego. Analiza basenu trzeciorzędo-
wego Przedkarpacia. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 209–230.
- PEŁA A., 2005 – Trendy zmian mineralizacji i składu chemicznego
wód podziemnych w utworach trzeciorzędowych w zachodniej
części GZW. Arch. KHiGI, UŚL., Sosnowiec.
- PLUTA I., 2003 – Badania izotopowe i hydrochemiczne wód dopły-
wających do kopalń z utworów trzeciorzędu i stropu karbonu.
Prz. Górn., **2**: 25–32.
- PLUTA I., 2005a – Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowe-
go – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania. *Pr.
Nauk. Gł. Inst. Górn.*, **865**.
- PLUTA I., 2005b – Geneza wód KWK Morcinek. *W: Współczesne
problemy hydrogeologii*, t. 12: 547–552. Wyd. UMK, Toruń.
- PLUTA I., 2007 – Uwarunkowania zagrożeń geogenicznych i gazo-
wych w kopalniach południowo-zachodniej części Górnośląs-
kiego Zagłębia Węglowego w aspekcie badań genetycznych
wód dopływających do kopalń „Pniówek” i „Zofiówka”.
W: Współczesne problemy hydrogeologii, t. 13, cz. 3: 843–849.
AGH, Kraków.
- PLUTA I., WĄTOR L., ZUBER A., 1996 – Pochodzenie solanek
kopalni „Silesia” w świetle badań izotopowych i hydroche-
micznych. *W: Problemy hydrogeologiczne południowo-zacho-
dniej Polski: 305–312*. Instytut Geotechniki i Hydrotechniki
Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- PLUTA I., ZUBER A., 1995 – Origin of brines in the Upper Silesian
Coal Basin (Poland) inferred from stable isotope and chemical
data. *Applied Geochem.*, **10**: 447–460.
- RÓŹKOWSKI A., 1963 – Charakterystyka hydrogeologiczna utwo-
rów trzeciorzędowych zachodniej części Górnośląskiego Za-
głębia Węglowego. Praca doktorska. Arch. Wydz. Geol. UW,
Warszawa.
- RÓŹKOWSKI A., 1971a – Chemizm wód w utworach trzeciorzędo-
wych Zagłębia Górnośląskiego. *Biul. Inst. Geol.*, 7–63.
- RÓŹKOWSKI A., 1971b – Badania środowiska hydrochemicznego
utworów dolnotortońskich południowo-zachodniej części Za-
głębia Górnośląskiego. *Biul. Inst. Geol.*, 135–177.
- RÓŹKOWSKI A., 1996 – Warunki występowania wód termalnych
w masywie górnośląskim. *Techn. Poszuk. Geol., Geosynopt.
i Geotermia*, 3–4: 9–12.
- RÓŹKOWSKI A., 2002 – Solanki GZW. *Biul. Państw. Inst. Geol.*,
404: 191–214.
- RÓŹKOWSKI A. (red.), 2004 – Środowisko hydrogeochemiczne
karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.
Wyd. UŚL. Sosnowiec.
- RÓŹKOWSKI A., PRZEWŁOCKI K., 1974 – Application of stable
environmental isotopes in mine hydrogeology taking Polish
coal basins as an example. *W: Isotope techniques in groundwa-
ter hydrology*, t. 1: 481–502. Intern. Atomic Energy Agency
(IAEA), Vienna.
- RÓŹKOWSKI A., PRZEWŁOCKI K., 1987 – The origin of ground-
waters in the Upper Silesian Coal Basin (Poland). *W: Hydrogeo-
logy of coal basins: 155–170*. Wyd. AGH, Kraków.
- RÓŹKOWSKI A., WAGNER J., 1986 – Reżim hydrogeologiczny
głębokich poziomów wodonośnych w południowo-zachodniej
części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. Inst.
Geotechniki PWrocł.*, **49**, s. Konferencje, 21: 153–158.
- RÓŹKOWSKI A., ZAWADZKA E., 2009 – Geneza i chemizm
składu gazowego wód podziemnych w bloku górnośląskim.
Biul. Państw. Inst. Geol. (ten tom).
- SOLIK-HELIASZ E., 1986 – Warstwy dębowieckie jako źródło za-
grożenia wodnego wyrobisk górniczych. *Zesz. Nauk. PŚL.*, **900**,
Górn., 149: 435–447.
- SOLIK-HELIASZ E., 1989 – Analiza odwadniania warstw dębo-
wieckich w rejonie nowych pól górniczych KWK „Morcinek”.
Gł. Inst. Górn., Katowice.

SUMMARY

The results of hydrogeological environment investigations of the Badenian molasse formation are described in this paper. The study area is located within the Carpathian Fore-deep in the south-western part of the Upper Silesian Coal Basin (Fig. 1). The thickness of the Badenian formation, which overlays Carboniferous deposits, ranges from several to about 1200 metres. The Badenian formation is represented by clay-silt deposits of very low permeability.

Groundwater environment is described taking into account the geological structure of the sedimentary basin, hydraulic properties of rocks, development of hydrodynamic field and the results of chemical, isotopic and dissolved gases investigations of waters. The Badenian deposits are practically impermeable. The water – bearing capacity of these rocks is related to silt and sand intercalations found to occur in clay series. The permeability of the water – bearing series varies from about 10^{-8} m/s to 10^{-6} m/s. The bottom coarse formation of the Lower Badenian, the so called “Dębowiecke strata”, is characterized by increased permeability (Fig. 2).

The schematic diagram of flow systems in the Badenian formation is shown on the cross-sections (Figs. 5). The course of the pressure lines points to the occurrence of two indepen-

dent groundwater flow systems. Within the horst structures where thickness of the Badenian formation is reduced, the gravitational flow system is the only one observed (Fig. 5). There is a hydraulic connection between the groundwaters in the Badenian and Carboniferous formations. In the tectonic grabens, at the depth below 500 m, a buried synsedimentary water flow system was also discovered.

The groundwaters in the Badenian strata vary in their chemical composition and total mineralization. Mineralization of the groundwaters ranges from 0.9 to 57 g/dm³.

Hydrodynamic and hydrochemical zonation is typical of sedimentary basins. Hydrochemical zones of infiltrational and mixed waters as well as synsedimentary relict waters have been distinguished. The vertical zonation is characteristic of the increase in water mineralization with depth and the water chemical type change: $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na} \rightarrow \text{Cl-Na} \rightarrow \text{Cl-Na-Ca}$. Stable isotope data allowed to assign the groundwaters to the three main groups of origin: (1) meteoric waters of the last infiltration period, (2) mixed infiltration and synsedimentary waters, and (3) Neogene synsedimentary waters (Fig. 3).