

Andrzej RÓŹKOWSKI

Wydział Nauki o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

ANOMALIE HYDROCHEMICZNE PIĘTRA WODONOŚNEGO KARBONU PRODUKTYWNEGO

Streszczenie. Obserwowana w Górnos Śląskim Zagłębiu Węglowym strefowość hydrochemiczna jest zaburzona występowaniem geogenicznych i antropogenicznych anomalii. Anomalie naturalne są związane z rozwojem paleohydrogeologicznym górnośląskiego basenu sedymentacyjnego oraz z jego zróżnicowaną budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi. Antropogeniczne anomalie hydrochemiczne są wynikiem działalności górnictwa węglowego. Udrożnienie górotworu robotami górniczymi, sztucznie wytworzona więź hydrauliczna między poziomami wodonośnymi, a przede wszystkim głęboki i intensywny drenaż górniczy sprzyjają ich powstaniu.

HYDROCHEMICAL ANOMALIES OF THE PRODUCTIVE CARBONIFEROUS WATER-BEARING FORMATION

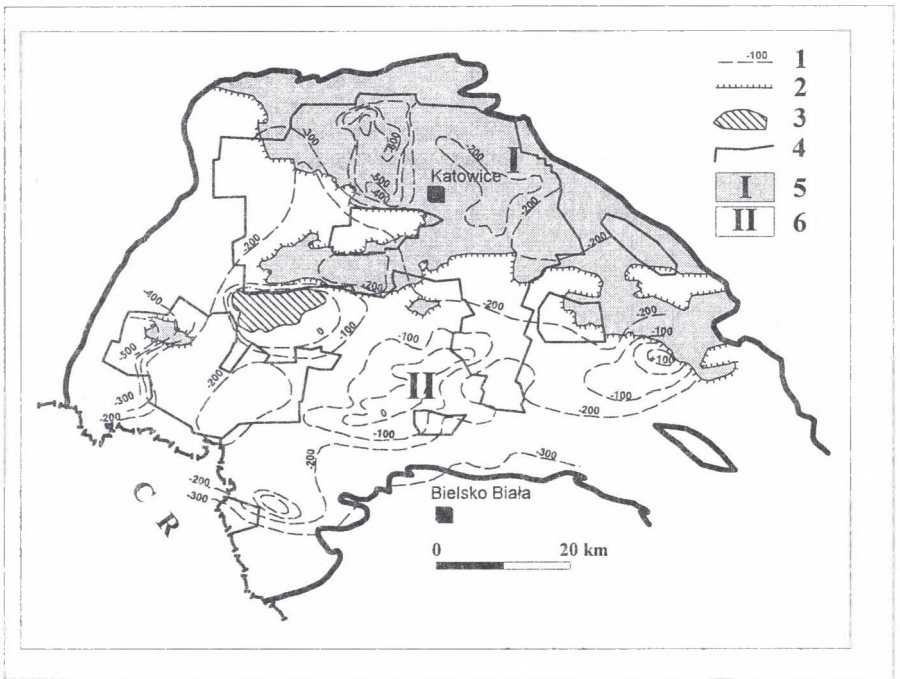
Summary. Hydrochemical zonation observed in the Upper Silesian Coal Basin is disturbed by natural and anthropogenic anomalies. Natural anomalies are connected with paleohydrogeological evolution of the Upper Silesian sedimentation basin and with it diversified geological structure and hydrogeological conditions. Anthropogenic anomalies result from activity of coal mining. Increase of rock permeability caused by exploitation, artificial hydraulic connection between aquifers and before all deep and intensive drainage by mines favour their formation.

Charakterystyka hydrogeologiczna piętra wodonośnego karbonu produktywnego

Górnos Śląskie Zagłębie Węglowe (GZW) o powierzchni 7500 km² mieści się w zasięgu zapadliska międzygórskiego. Zapadlisko górnośląskie jest basenem sedymentacyjnym, w którym miąższość osadów karbonu produktywnego dochodzi do ok. 4,5 km. Dla rozpatrywanej hydrostruktury charakterystyczna jest piętrowość występowania wód podziemnych. Zaznacza się ona obecnością pięter wodonośnych od czwartorzędu do kambru włącznie. W zasięgu GZW wydzielone zostały dwa subregiony hydrogeologiczne: północno-wschodni (I) i poł-

dniowo–zachodni, o wyraźnych założeniach tektonicznych, zróżnicowanej budowie geologicznej i odmiennych warunkach zasilania karbońskiego piętra wodonośnego (rys. 1).

W zasięgu subregionu północno – wschodniego występują dwie alpejskie struktury tektoniczne: monoklina śląsko – krakowska oraz cokół platformy paleozoicznej. W rejonie monokliny śląsko – krakowskiej w stropie utworów karbonu występują utwory triasu, natomiast w zasięgu cokołu waryscyjskiego utwory czwartorzędu. Ze względu na elewacyjne położenie subregionu oraz na występujące tu kontakty hydrauliczne między poziomami wodonośnymi czwartorzędu, mezozoiku i paleozoiku obszar ten należy uznać za regionalną strefę zasilania karbońskich poziomów wodonośnych.



Rys. 1 Hydrogeologiczne regiony GZW i głębokość występowania solanek (koncentracja soli $>35 \text{ g/dm}^3$):
 1 – izolinie rzędnych głębokości występowania stropu solanek, 2 – zasięg występowania izolujących utworów trzeciorzędowych, 3 - zasięg złoża soli w utworach trzeciorzędowych, granice obszarów górniczych, 4 - granice obszarów górniczych, 5 – zasięg I subregionu hydrogeologicznego, 6 – zasięg II subregionu hydrogeologicznego

Fig. 1. Hydrogeological regions and depth of brines occurrence ($\text{TDS} >35 \text{ g/dm}^3$):
 1 – depth contour of brines occurrence, 2 – extension of the isolating series of the Tertiary formation, 3 - extension of the Tertiary salt deposits, 4 - extension of the coalfields, 5 – extension of the 1-st hydrogeological subregion, 6 - extension of the 2-nd hydrogeological subregion

Subregion południowo – zachodni (II) leżący w zasięgu alpejskich struktur zapadliskowych jest wypełniony mięszym, izolującym kompleksem ilastych utworów trzeciorzędowych, spoczywających z reguły na utworach karbonu. Zapadlisko przedkarpackie jest obszarem kształtowania się wysokich ciśnień wód w paleozoicznych poziomach wodonośnych.

Piętro wodonośne karbonu produktywnego budują serie skał iłowcowo – mułowcowo – piaskowcowych z pokładami węgla. Dla wydzielonych czterech serii litostratygraficznych karbonu produktywnego wprowadzono nazwę kompleksów wodonośnych. Kompleksy wodonośne stanowią zespoły piętrowo zalegających porowo – szczelinowych warstw wodonośnych o zróżnicowanych parametrach hydrogeologicznych, izolowane wzajemnie praktycznie nieprzepuszczalnymi skałami ilastymi. Uwzględniając zarówno procentowy udział w profilu geologicznym piaskowców, jak i wartości ich właściwości hydrogeologicznych, wyróżnia się w profilu hydrogeologicznym karbonu produktywnego kompleksy wodonośne Krakowskiej Serii Piaskowcowej (KSP) i Górnosląskiej Serii Piaskowcowej (GSP), charakteryzujące się wyższą przepuszczalnością i wodonośnością oraz kompleksy Serii Mułowcowej (SM) i Serii Paralicznej (SP), cechujące się gorszymi parametrami hydrogeologicznymi.

Warunki hydrogeologiczne piętra wodonośnego karbonu produktywnego kształtują czynniki geogeniczne i antropogeniczne. Decydują one o kształtowaniu się reżimu wód podziemnych i określają warunki formowania się strefowości hydrodynamicznej i hydrochemicznej. Do najważniejszych czynników geologicznych należą: budowa strukturalna zapadliska górnośląskiego, zróżnicowanie wykształcenia litologicznego poszczególnych serii litostratygraficznych, zmienność właściwości hydrogeologicznych skał z głębokością oraz wykształcenie i miąższości utworów nadkładu.

Budowa strukturalna GZW jest zróżnicowana. Poszczególne struktury mają wpływ na kształtowanie się lokalnych warunków hydrogeologicznych. Struktury antyklinalne, w północnej części Zagłębia, ze względu na budowę geologiczną i hipsometryczne położenie można uznać za główne strefy zasilania karbońskich systemów hydraulicznych. Ważną rolę w formowaniu się reżimu wód podziemnych spełnia tektonika blokowa. Strefy uskokowe w zależności od ich drożności lub szczelności stanowią mogą zarówno istotne drogi krążenia wód lub ekrany hydrodynamiczne.

Istotny wpływ na kształtowanie się dynamiki wód i formowanie się ich hydrochemizmu w profilu utworów karbonu produktywnego ma stwierdzone zróżnicowanie wykształcenia litologicznego i właściwości hydrogeologicznych skał w czterech głównych karbońskich seriach litostratygraficznych. Na skutek procesów diagenety obserwuje się ogólny trend obniżania się właściwości hydrogeologicznych skał wodonośnych z głębokością w przedziale od 10^4 do

10^{-10} m/s. Na dużych głębokościach piaskowce karbońskie są praktycznie nieprzepuszczalne i niewodonośne [1, 9, 17].

Miękkości i wykształcenie utworów nadkładu wpływają decydująco na warunki zasilania karbońskich poziomów wodonośnych oraz formowanie się strefowości hydrodynamicznej. Zasilanie karbońskich kompleksów wodonośnych następuje w I subregionie hydrogeologicznym, gdzie utwory karbonu przykryte są przepuszczalnymi utworami czwartorzędu i triasu oraz lokalnie w II subregionie w zasięgu okien hydrogeologicznych.

Działalność górnicza jest fundamentalnym czynnikiem modyfikującym warunki hydrogeologiczne w Zagłębiu. Eksploatacja złóż węgla prowadzona jest na skalę przemysłową od połowy XVIII wieku. Obszary górnicze obejmują powierzchnię ok. 2000 km² (rys.1). Maksymalna głębokość eksploatacji dochodzi do ok. 1200 m. Intensywny drenaż wód przez kopalnie węgla spowodował utworzenie się olbrzymich obszarów obniżonych ciśnień piezometrycznych w utworach karbonu o powierzchni ok. 1700 km². Zasadniczy wpływ na reżim wód podziemnych w utworach karbonu ma właśnie drenaż górniczy i związane z nim pompowanie 692 m³/min wód kopalnianych.

Eksploatacji górniczej towarzyszą zawały i odprężenie skal. Procesy te udrażniają górotwór i umożliwiają połączenie hydrauliczne między naturalnie izolowanymi poziomami wodonośnymi. Doprowadza to do aktywnego mieszania się wód z różnych poziomów wodonośnych i zmian ich składu chemicznego i jakości.

Strefowość chemiczna wód i anomalie hydrochemiczne

W zasięgu GZW, jak to wynika z obrazu zmienności stopnia mineralizacji i składu chemicznego wód podziemnych, obserwuje się występowanie wyraźnej pionowej strefowości hydrochemicznej w utworach karbonu produktywnego [5, 9, 11, 15, 16]. Występowanie strefowości hydrochemicznej w basenach sedimentacyjnych jest prawidłowością ogólnie znaną. Wspomniana strefowość charakteryzuje się zmianami mineralizacji i składu chemicznego wód wzdłuż dróg ich krążenia. Obserwuje się ogólną tendencję wzrostu mineralizacji wód w utworach karbonu w interwale od 0,5 do 372 g/dm³ wraz z głębokością występowania, niezależnie od wieku utworów. Skład jonowy wód ulega zmianom zgodnie z sekwencją HCO₃ – SO₄ – Cl.

Zasadą występowania stref hydrochemicznych w GZW jest istnienie dwóch typów wód o różnym pochodzeniu, co zostało udokumentowane badaniami ich składu izotopowego [9]. Obok współczesnych wód infiltracyjnych występują wody paleoinfiltracyjne różnych cykli hydrogeologicznych. Strefę przejściową między tymi genetycznie różnymi wodami tworzy strefa wód mieszanych, powstała na skutek mieszania się wód wspomnianych dwóch typów.

Pionowa strefowość hydrochemiczna kształtuje się odmiennie w pierwszym (I) i drugim subregionie (II) hydrogeologicznym, co ma związek z różnymi warunkami zasilania karbońskich poziomów wodonośnych i działalnością górnictw. Obserwuje się powiązanie strefowości hydrochemicznej ze strefowością hydrodynamiczną, co szczególnie wyraźnie zaznacza się w zasięgu obszarów podległych drenażowi górnictwu (rys.1).

Ogólny trend wzrostu mineralizacji wód z głębokością, charakterystyczny dla pionowej strefowości hydrochemicznej jest zaburzony przez naturalne i antropogeniczne anomalie hydrochemiczne. W artykule przyjęto umownie, iż w przypadku wzrostu mineralizacji wód ponad tło hydrochemiczne są to anomalie dodatnie, w odwrotnej sytuacji będą to anomalie ujemne.

Analizując wpływ czynnika geogenicznego na formowanie się anomalii hydrochemicznych w utworach karbonu należy brać pod uwagę przede wszystkim rozwój paleohydrogeologiczny basenu sedymentacyjnego, jego budowę strukturalną, zróżnicowaną przepuszczalność utworów karbonu i jego nadkładu oraz drogi krążenia wód.

Znana ujemna regionalna anomalia hydrochemiczna w utworach karbonu produktywnego występuje w południowej części Zagłębia w zasięgu zapadliska przedkarpackiego. Zaznacza się wyraźnym obniżeniem mineralizacji wód w stropowych ogniwach karbonu w stosunku do tła hydrochemicznego charakterystycznego dla obszaru niecki głównej. W południowej części niecki głównej, w zasięgu zapadliska przedkarpackiego, ogólna mineralizacja wód w utworach karbonu w interwale głębokości od 700 – 1500 m na ogół kształtuje się w granicach od 40 do 150 g/dm³, zaś gradient hydrogeochemiczny kształtuje się w granicach 12,0 g/dm³/100 m. W północnej części niecki głównej, na obszarze położonym na północ od strefy rozłamowej Ruptawy, mineralizacja wód w rozpatrywanym interwale głębokości kształtuje się na ogół w granicach 100 do 250 g/dm³, zaś gradient hydrogeochemiczny wynosi 18,7 g/dm³/100 m [14]. Genezę anomalii wiąże się z głębokim wysłodzeniem podłoża karbońskiego przed transgresją Morza Badańskiego [4]. Obserwacje hydrochemiczne poczynione przez autora na skłonie kulminacji karwińsko – ostrawskiej oraz w rejonie Kaczyc sugerują możliwość lokalnego wysładzania się tu wód w utworach karbonu produktywnego na skutek wiekowej eksploatacji górnictwa prowadzonej w zagłębiu ostrawskim.

Ogólnie znana inwersja hydrochemiczna o charakterze regionalnym występuje w północnej części niecki głównej w rejonie rowu Zawady w zasięgu występowania złoża trzeciorzędowej soli (rys.1). Strop złoża jest położony na głębokości od 110 do 349 m ppt. Uwzględniając wyniki wiercenia Woszczyce IG-1 mineralizacja wód w utworach trzeciorzędowych, poniżej występowania złoża soli na głębokości od 548 do 705 m wynosi $252,5 \text{ g/dm}^3$, zaś w stropie utworów karbonu, w interwale głębokości od 787 do 940 m - 112 g/dm^3 . Obliczenia hipotetycznej mineralizacji wód oparte na oznaczeniach całkowitej koncentracji jonów w wyciągach wodnych skał wskazują, iż w bezpośrednim sąsiedztwie złoża soli w piaskowcach trzeciorzędowych mineralizacja wód może być rzędu 400 g/dm^3 . Natomiast w stropowych ogniwach karbonu, bezpośrednio poniżej spągu utworów trzeciorzędowych mineralizacja wód winna być rzędu 212 g/dm^3 z tendencją początkowo obniżania się z głębokością, następnie wzrostu. Obliczenia te mają jednak charakter orientacyjny.

Obserwowane anomalne podwyższenie mineralizacji wód w utworach karbonu w rejonie występowania rozpatrywanego złoża soli dochodzi lokalnie do $220 - 350 \text{ g/dm}^3$. Wartość gradientu hydrogeochemicznego obliczonego dla interwału 700 m wynosi $18 \text{ g/dm}^3/100 \text{ m}$. Obszar stwierdzonego wpływu złoża na chemizm wód podziemnych w utworach karbonu ocenia się na ok. 200 km^2 .

Złoże soli jest otoczone "aureolą" wód o wysokiej mineralizacji, w których koncentracja wód o wysokich mineralizacjach zmniejsza się w miarę oddalenia od złoża (rys.1). Genezę opisywanej pozytywnej anomalii należy przypuszczalnie wiązać z procesami kompacyjnego wyciskania słonych wód z utworów trzeciorzędowych do karbonu oraz, jak to podaje E. Liszkowska [3], z procesami dyfuzji soli z pakietów ilastych utworów trzeciorzędowych.

Dodatnie liniowe anomalie mineralizacji wód zaobserwowano wzdłuż regionalnych stref uskokowych: kłodnickiego, rowu Zawady, jawiszowickiego, Bzie – Dębina, nasunięcia mi-chałkowickiego [2, 5, 12, 13]. Wspomniane anomalie wiążą się z regionalnymi strefami drenażu, wzdłuż których następuje ascenzja wód podziemnych z głębszego podłoża.

Antropogeniczne anomalie hydrochemiczne są wynikiem działalności górnictwa [9, 11, 16]. Udrożnienie górotworu robotami górniczymi, sztucznie wytworzona więź hydrauliczna między poziomami wodonośnymi, a przede wszystkim głęboki i intensywny drenaż powodują powstawanie anomalii zarówno dodatnich, jak i ujemnych. Dodatkowo anomalie manifestują się lokalnym ascenzyjnym przepływem, wzdłuż stref dyslokacji, wysoko zmineralizowanych solanek z podłoża.

Zasadnicze znaczenie posiadają jednakże anomalie ujemne. Obniżenie naturalnej podstawy odwadniania górotworu głębokim drenażem górniczym prowadzi do stopniowego wysła-

dzania się wód w głęboko położonych poziomach wodonośnych karbonu produktywnego. Zjawisko to wiąże się zarówno z procesami wypierania wysoko zmineralizowanych wód głębokich poziomów wodonośnych przez wody atmosferyczne, jak i mieszania się tych wód. Znaczącą rolę mogą również odgrywać wprowadzane do wyrobisk wody technologiczne. Powyższe procesy, zwielokrotnione występowaniem przepuszczalnego nadkładu, spowodowały ukształtowanie się głębokiej strefy wód o niskiej mineralizacji w I subregionie hydrogeologicznym oraz w zasięgu okien erozyjnych w II subregionie [9, 10] (rys.1). W subregionie II w warunkach izolacji karbońskich poziomów wodonośnych, w zasięgu obszarów górniczych, zaobserwowano również stopniowe wydłużanie się wód w utworach karbonu.

Głębokość występowania wód strefy wymiany w I subregionie jest zróżnicowana, rzędu 400 – 500 m, lokalnie przekraczając głębokość 600 m. Gradient hydrogeochemiczny dla interwału głębokości do 500 m kształtuje się w granicach $2 \text{ g/dm}^3/100 \text{ m}$. Wody rozpatrywanej strefy są na ogół wodami wielojonowymi, których mineralizacja jest rzędu $2\text{-}7 \text{ g/dm}^3$. Infiltracyjne pochodzenie wód jest udokumentowane wynikami analiz chemicznych oraz oznaczeniami stosunków izotopów trwałych i trytu w wodach [8, 9]. Oznaczenia trytu wskazują, iż w wodach kopalnianych obecność współczesnych infiltracyjnych wód wieku do ok. 40 lat notuje się nawet na głębokościach do 300 – 570 m [6, 8, 10].

Oznaczenia trytem wód kopalnianych w północno – wschodniej części Zagłębia (I subregion) wykazały pogłębienie się zasięgu występowania zwykłych współczesnych wód infiltracyjnych w górotworze w stosunku do warunków naturalnych o ok. 100 – 150 m [7, 8]. W tym samym czasie mineralizacja wód kopalnianych w kilku badanych kopalniach na głębokości 300 m spadła z $11,0 \text{ g/dm}^3$ (1961 r.) do $1,9 \text{ g/dm}^3$ (1988 r.), potwierdzając aktywny proces przesiąkania wód infiltracyjnych do wyrobisk górniczych. Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują, iż skład chemiczny i izotopowy wód kopalnianych ulega stałej ewolucji, uzależnionej od rozwoju eksploatacji [7, 8, 9]. Zarysowuje się wyraźna tendencja do pogłębienia się strefy ujemnej anomalii hydrochemicznej.

LITERATURA

1. Kłeczowski A. S., Motyka J., Wilk Z., Witczak S.: Zmiany niektórych ocen hydrogeologicznych skał związanych z głębokością. *Prz.Geol.*, R. 24, nr 5, 2000, s. 263-268.

2. Kleczkowski A. S., Wilk Z.: Wpływ warunków strukturalnych na wody podziemne na przykładzie południowo-wschodnich peryferii Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Rocz. PTG*, vol. XXXII, z.2-3, Kraków 1968, s. 183-202.
3. Liszkowska E.: Udział procesów dyfuzji i konwekcji w formowaniu składu chemicznego wód podziemnych z utworów badenu północnej części GZW. Praca doktorska. Arch. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1981, s. 95.
4. Oszczytko N.: Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórze Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadiska przedkarpackiego. *Biul. Inst. Geol.* 325. T. 5: Wyd. Geol., Warszawa 1981, s. 5-87.
5. Pałys J.: O genezie solanek w górnym karbonie na Górnym Śląsku. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* T. 36 z. 2, 1966, s. 121-154.
6. Probiez K., Lewandowska M.: Strefowość mineralizacji wód karbońskich w północno-zachodniej części GZW. [W:] *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Seria: Konferencje*, No 35, 2000, s. 173-182.
7. Rózkowski A.: The influence of mining on the groundwater mineralization in the Upper Silesian Coal Basin. *Mine Water. Proceedings of the Second Intern. Mine Water Congress*. Granada, Spain, September 1985: 1015-1026.
8. Rózkowski A.: Impact of mining on the isotope composition of groundwaters in the Upper Silesian Coal Basin (USCB). *Isotopen kolloquium*. TU Bergakademie Freiberg 1994, p. 223-232.
9. Rózkowski A.: Factors controlling the groundwater conditions of the Carboniferous strata in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *An.Soc.Geol.Pol.*, vol. 64, 1995: 53-66.
10. Rózkowski A.: Hydrogeologia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. [W:] *Hydrogeologia polskich złóż kopalni i rejonów górniczych*. Red. Z. Wilk. Wyd. AGH, Kraków (w druku).
11. Rózkowski A., Chmura A., Gajowiec B., Wagner J.: Chemizm wód podziemnych GZW w warunkach eksploatacji górniczej. 3 *Konf. Postęp naukowy i techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego*. Prace GIG, s.d., 1990, s. 383-395.
12. Rózkowski A., Chmura A., Gajowiec B., Wagner J.: Czynniki geologiczne i antropogeniczne formujące chemizm wód w utworach karbonu produktywnego zapadiska górnośląskiego. [W:] *Współczesne problemy hydrogeologii*. 5 *Ogólnopolskie Sympozjum*. Warszawa-Jachranka 1991. Warszawa: Wyd. SGGW-AR 48: 74-79.

13. Rózkowski A., Gajowiec B., Wagner J.: Strefowość mineralizacji wód w zapadlisku górnośląskim. Pr.Nauk.Inst.Geotech.Pol.Wroc. nr 58 Konferencje nr 29, 1989, s. 131-137.
14. Rózkowski A., Wagner J.: Badania hydrogeologiczne głębokich poziomów wodonośnych karbonu GZW. Zesz. Nauk. Pol.Śl. nr 960 Gór. z. 172, 1988, s. 359-370.
15. Vu Ngoc-Ky: Strefowość hydrochemiczna w karbonie i jego nadkładzie na obszarze Babice-Spytkowice. Pr. Geol. Komis. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie, 1973, nr 74: s.88.
16. Wagner J.: Charakterystyka hydrogeologiczna karbonu produktywnego niecki głównej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Biul. PIG, 383, 1998, s. 55-96.
17. Witkowski A.: Zmienność porowatości, odsączalności i przepuszczalności utworów karbonu produktywnego rejonu Pszczyna-Strumień (GZW), w świetle badań laboratoryjnych. Praca doktorska. Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1982, s. 172.

Recenzent: Prof. dr hab. Aleksandra Macioszczyk

Abstract

Hydrochemical zonation observed in the Upper Silesian Coal Basin (USCB) is disturbed by natural and anthropogenic anomalies. Natural anomalies are connected with paleohydrogeological evolution of the Upper Silesian sedimentation basin and with its diversified geological structure and hydrogeological conditions. The most significant negative anomaly of this type was ascertained within the Carboniferous formation in the southern part of the USCB. It is connected with "freshening" of the surficial, Carboniferous sediments, prior to Badenian transgression. A regional, positive anomaly in the Zawada graben is a result influence of salt deposit. Some other, linear anomalies are connected with groundwater ascents through fault zones. Anthropogenic anomalies result from activity of coal mining. Increase of rock permeability caused by exploitation, artificial hydraulic connection between aquifers and before all deep and intensive drainage by mines favour their formation. Negative anthropogenic anomalies are of the greatest importance as the tendency of their extent deepening become apparent in last few decades.