

ALEKSANDRA MACIOSZCZYK

Uniwersytet Warszawski

ZRÓŻNICOWANIA TŁA HYDROGEOCHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH EKSPLOATOWANYCH NA TERENIE ŚRODKOWEJ I PÓŁNOCNEJ POLSKI

UKD 556.314(438 – 191.2 + 438 – 17)

Tło hydrogeochemiczne, rozumiane jako charakterystyczny dla badanej jednostki hydrogeologicznej zakres stężeń elementów hydrogeochemicznych, już od kilku lat jest powszechnie wykorzystywaną miarą chemizmu wód podziemnych. Metody badania tła hydrogeochemicznego znane są już z literatury (3 – 5, 8), niemniej wiele szczegółowych zagadnień metodycznych, jak również regionalnych dotyczących możliwości wykorzystywania tej metody badawczej, jest obecnie opracowywane jako zadania Centralnego Programu Badań Podstawowych „Kształtowanie i ochrona środowiska” 04.10 w podprogramie 09 „Strategia ochrony głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce”.

W niniejszym opracowaniu podsumowano wyniki kilku-letnich badań prowadzonych na Uniwersytecie Warszawskim nad zagadnieniami dotyczącymi zakresu tła hydrogeochemicznego i jego regionalnego zróżnicowania w Polsce Północnej i Środkowej.

W hydrogeochemicznych badaniach regionalnych szczególne znaczenie ma możliwość porównywania tła hydrogeochemicznego różnych jednostek hydrogeologicznych oraz ocena zmian tła zachodzących pod wpływem antropopresji. Badania te wymagają znajomości pierwotnego i współczesnego tła hydrogeochemicznego jednostek hydrogeologicznych różnego rzędu, jak również oceny zmian tła zachodzących w wybranych warunkach gospodarczych w określonych interwałach czasowych. W literaturze brak jednak dokładnych informacji podających zakresy tła hydrogeochemicznego, co skłoniło autorkę do opublikowania danych mogących stanowić poziom odniesienia przy badaniach porównawczych.

Głównym celem pracy jest podanie charakterystycznych stężeń poszczególnych składników wód podziem-

nych (tła hydrogeochemicznego) przydatnych zwłaszcza przy ocenie antropogenicznego przekształcenia chemizmu wód podziemnych. Górna granica naturalnego tła hydrogeochemicznego stanowi bowiem poziom, którego przekroczenie wskazuje na stężenia anomalne – w wodach gruntowych najczęściej wywołane antropopresją. Jest to więc podstawowa metoda wykrywania wczesnych stadiów zanieczyszczenia wód podziemnych, zwłaszcza gdy stężenia elementów występujących w wodzie nie przekraczają stężeń normatywnych, przewidywanych jako graniczne dla wód pitnych.

Obszar opracowania ograniczono do terenów Polski Północnej i Środkowej, skąd dysponowano największą ilością materiałów hydrogeochemicznych. W obszarze tym na ogół eksploatuje się wody z utworów czwartorzędowych, częściowo trzeciorzędowych, a lokalnie kredowych i starszych. W celach porównawczych dołączono również dane dotyczące chemizmu wód eksploatowanych z utworów jurajskich i triasowych – już częściowo z obszarów południowej Polski.

Ocena tła hydrogeochemicznego wymaga interpretacji dużych zbiorów analiz. Aby więc materiał wyjściowy był wiarygodny statystycznie, oparto się na licznych zbiorach danych hydrochemicznych, wykorzystywanych wcześniej w opracowaniach głównie typu regionalnego (tab. I – III). Sięgnięto również do publikowanych materiałów hydrochemicznych, podawanych w jednolicie wyselekcjonowanej formie w Objasnieniach do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000 (tab. IV i V).

Pomimo dużej staranności przy zbieraniu materiałów wyjściowych, okazało się, że są one bardzo niejednolite co do zakresu oznaczeń chemizmu wód i są niepełne. Dlatego też przytoczone poniżej wartości tła hydrogeo-

chemicznego należy traktować jako ogólną informację na ten temat. Podane zakresy tła, w miarę dalszych szczegółowych badań, powinny ulec skorygowaniu lub uściśleniu, co niewątpliwie nastąpi przy zakończeniu tematu CPBP 04.10.09.02.06.

Podkreślmy, że zakresy tła hydrogeochemicznego zarówno w danych jednostkach hydrogeologicznych, jak i dla poszczególnych elementów hydrogeochemicznych, są ustalone z różną dokładnością. Wynika to głównie z dokładności przeprowadzonych badań chemizmu wód, liczebności interpretowanych oznaczeń*, a przede wszystkim jest związane z typem rozkładu statystycznego badanego elementu hydrogeochemicznego. Najmniej dokładne wartości tła hydrogeochemicznego uzyskujemy dla elementów o wyraźnie skośnych rozkładach, zwłaszcza wykazujących zmienności stężeń sięgające paru rzędów wielkości (np. dla wszystkich form azotu, Fe, Mn). W takich sytuacjach – w kilku przypadkach – gdy interpretacja tła hydrogeochemicznego nie była jednoznaczna, zrezygnowano z przytaczania jej wyników. Spowodowało to niepełną porównywalność poszczególnych tabel.

Innym mankamentem posiadanych materiałów jest mała ilość badanych elementów występujących w wodach podziemnych. Badania obejmujące jedynie niektóre makroskładniki i podstawowe cechy jakości wód, upoważniają co najwyżej do opracowania ogólnego tła hydrogeochemicznego. Przeprowadzone powszechnie badania nie obejmują wielu istotnych pod względem sanitarnym mikroskładników, które coraz częściej są wykrywane w znacznych stężeniach w wodach, dyskwalifikując je do celów pitnych.

Zauważmy, że przytoczone przykłady tła hydrogeochemicznego nie obejmują wszystkich, nawet większych i znaczących ze względów eksploatacyjnych, jednostek hydrogeologicznych Polski Północnej i Środkowej. Przytoczono bowiem jedynie wybrane przykłady, ilustrujące zmienność tła hydrogeochemicznego Polski i pozwalające w pewnym zakresie na zinterpretowanie przyczyn tej zmienności.

Specjalnych badań wymaga przekształcenie tła hydrogeochemicznego zachodzącego pod wpływem gospodarki człowieka, a więc antropopresji. Wpływy te zostaną poniżej omówione, jednak dość ogólnie, ze względu na ograniczo-

ną objętość i zakres niniejszego artykułu. Pewne zagadnienia z tym związane, zwłaszcza dotyczące antropogenicznego przekształcania tła hydrogeochemicznego opublikowano już wcześniej (5, 6).

CHARAKTERYSTYKA WSPÓŁCZESNEGO TŁA HYDROGEOCHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH EKSPLOATOWANYCH W POLSCE PÓŁNOCNEJ I ŚRODKOWEJ

Najpowszechniej eksploatowanymi wodami podziemnymi na obszarze Polski Środk. i Płn. są wody występujące w utworach czwartorzędowych. Są to zarówno wody z holocenijskich utworów dolinnych, jak i z piaszczystych utworów plejstocenijskich różnej genezy. W zależności od środowiska występowania i warunków zagospodarowania, wody te wykazują duże zróżnicowania chemizmu, szczególnie wyraźnie czytelne przy porównywaniu tła hydrogeochemicznego poszczególnych jednostek.

Najniższą mineralizację** i stosunkowo wąski zakres tła mineralizacji wykazują wody występujące w piaskach dolin rzecznych (tab. I). Są to wody na ogół miękkie, wykazujące często ponadnormatywne stężenia żelaza i manganu (1, 9). Przytoczony przykład doliny Supraśli nie oddaje jednak całego zróżnicowania chemizmu wód podziemnych różnych dolin rzecznych (2, 6). Pokazuje jednak różnice tła hydrogeochemicznego utworów dolinnych w stosunku do tła wód w utworach fluwioglacjalnych i glacialnych.

Nienaturalnie szeroki zakres tła mineralizacji i wysoką jego górną granicę dla związków azotu, chlorków i siarczanów wykazują wody pochodzące z utworów sandrowych zlewni Omulwi oraz piasków glacialnych i fluwioglacjalnych zlewni Utraty. Świadczy to o antropogenicznym zanieczyszczeniu wód, doprowadzającym do przekształcenia naturalnego tła hydrogeochemicznego (tab. I).

Najbardziej zbliżone do naturalnego jest tło hydrogeochemiczne w wodach z utworów czołowo-morenowych Pojezierza Suwalskiego oraz w wodach z piasków podglinowych (tab. I). Zbliżone jego zakresy obserwujemy w wodach wgłębnych pochodzących z utworów plejstocenijskich na całym obszarze Niżu Polskiego. Wyjątek

* Interpretację przeprowadzono najczęściej dla zbiorów przekraczających 100 oznaczeń, a jedynie w kilku przypadkach liczebność badanych subpopulacji była niższa.

** Miarą mineralizacji wód, przytoczoną w tabelach, jest oznaczona laboratoryjnie sucha pozostałość.

TŁO HYDROGEOCHEMICZNE WÓD Z UTWORÓW CZWARTORZĘDOWYCH

Tabela I

Badana cecha	Środowisko i rejon				
	piaski czołowo-morenowe Pojezierza Suwalskiego	piaski między-morenowe Polski Płn. i Środk.	piaski pradoliny Supraśli	piaski sandrowe zlewni Omulwi	piaski czwartorzędowe zlewni Utraty
Cl ⁻ mg/dm ³	2–20	2–20	2–20	2–60	2–140
SO ₄ ⁻ mg/dm ³	0–20	0–30	0–15	10–150	10–200
Twardość mval/dm ³	1,8–6,0	1,5–8	2,5–5,3	2–8	2,5–15
Utlenialność mg O ₂ /dm ³	2–6	1–5	1,3–8	2,5–7,8	1–15
NO ₂ ⁻ mg N/dm ³	0–0,03	0–0,05	0–0,015	0–0,08	0–0,01
NO ₃ ⁻ mg N/dm ³	0–3	0–1	0–0,8	0–10	0–10
NH ₄ ⁺ mg N/dm ³	0–0,3	0–1,0	–	0,01–0,3	–
Sucha pozostałość mg/dm ³	250–450	250–500	170–350	150–1000	300–1000

stanowią obszary aglomeracji miejskich i przemysłowych, gdzie powszechne jest przekształcenie tła hydrogeochemicznego wód wgłębnych, nawet na głębokościach przekraczających 40 m. Zmiany te mogą mieć charakter lokalny, przyjmując charakter anomalii hydrogeochemicznych, lub też charakter regionalny – np. w obrębie aglomeracji Warszawy. Zagadnienie to jest szczegółowo badane w ramach wspomnianego problemu CPBP 04.10.09.06.02.

Większe regionalne zróżnicowanie tła hydrogeologicznego niż dla utworów czwartorzędowych wykazują wody pochodzące z utworów trzeciorzędowych. Przytoczono tło hydrogeochemiczne opracowane dla 8 różnych rejonów eksploatacji wód z utworów miocenijskich (tab. II). Regionalne zróżnicowania tła występują tu niemal dla wszystkich elementów hydrogeochemicznych. Tło hydrogeochemiczne w odniesieniu do barwy i utlenialności powszechnie przekracza wartości normatywne. Zakresy tła innych elementów hydrogeochemicznych są też różne od tych w wodach z utworów czwartorzędowych (tab. I i II).

Dla zilustrowania zróżnicowania tła hydrogeochemicznego w wodach z innych formacji trzeciorzędowych przytoczono dane dotyczące niecki mazowieckiej (tab. III). Ogólnie wraz z głębokością następuje tu wzrost mineralizacji wód i charakterystycznie niższy zakres tła wapnia i magnezu w wodach z utworów oligoceńskich, świadczący o innym chemizmie tych wód, decydujący o łatwiejszej migracji wodnej niektórych mikroskładników.

Ilustracją tła hydrogeochemicznego wód eksploatowanych z utworów kredowych są dane dotyczące wód podziemnych z obszaru Wyżyny Miechowskiej i Lubelskiej (tab. IV). W obu regionach występują stosunkowo niewielkie różnice tła hydrogeochemicznego wód gruntowych i wgłębnych, zdecydowanie mniejsze niż dla wód pochodzących z utworów czwartorzędowych. Jedynie azotany mają górną granicę tła nieco wyższą dla wód o zwierciadle napiętym. Żelazo natomiast w obydwu jednostkach wykazuje niższe stężenie niż w utworach czwartorzędowych, a szczególnie niskie w wodach gruntowych pochodzących z utworów kredy lubelskiej. Podkreśliśmy, że statystyczny rozkład azotanów we wszystkich przypadkach wykazuje istnienie bardzo licznych anomalii w zakresie stężeń 1–5 mg N/dm³, czego zupełnie nie obserwowaliśmy w wodach z utworów czwartorzędowych.

Starsze od kredy poziomy wodonośne na terenie Polski Środ. i Płn. nie są na ogół eksploatowane. Dla porównania

podano jednak chemizm eksploatowanych wód w sąsiednich obszarach (tab. V).

Przytoczone w tabelach przykłady tła hydrogeochemicznego wód podziemnych eksploatowanych w Polsce wskazują, że chemizm tych wód jest regionalnie zróżnicowany, jakkolwiek zakresy tła w różnych środowiskach są do siebie zbliżone. Na podstawie pojedynczej analizy nie można więc na ogół ocenić, z jakiego środowiska pochodzi badana woda. Potrzebny jest do tego zbiór analiz. Szczególnie istotny jest natomiast fakt, że dysponując nawet pojedynczą analizą (a tym bardziej zbiorem analiz) można poprzez porównanie stężeń z zakresu naturalnego tła hydrogeochemicznego ustosunkować się do stopnia za-

Tabela III
TŁO HYDROGEOCHEMICZNE WÓD
Z UTWORÓW TRZECIORZĘDOWYCH
ŚRODKOWEJ I ZACHODNIEJ CZĘŚCI
NIECKI MAZOWIECKIEJ

Badana cecha	Stratygrafia warstwy wodonośnej		
	pliocen	miocen	oligocen
Cl ⁻ mg/dm ³	2–60	2–60	5–160
SO ₄ ²⁻ mg/dm ³	1–40	1–40	1–50
Fe ²⁺ mg/dm ³	0,1–5,0	0,1–10	0,1–5,0
Mn ²⁺ mg/dm ³	0,1–0,4	0–0,6	0–0,4
NH ₄ ⁺ mg N/dm ³	0,01–5,0	0,01–5,0	0,1–5,0
NO ₂ ⁻ mg N/dm ³	0–0,05	0–0,05	0–0,05
NO ₃ ⁻ mg N/dm ³	0–0,5	0–1,0	0–0,5
Twardość mval/dm ³	2–8	2–10	2–7
Sucha pozostałość mg/dm ³	200–400	250–700	300–700
Barwa mg Pt/dm ³	1–60	1–90	1–90
Utlenialność mg O ₂ /dm ³	1–5	1–10	1–7
Ca ²⁺ mg/dm ³	40–120	20–120	20–80
Mg ²⁺ mg/dm ³	1–50	1–50	1–30

Tabela II
ZRÓŻNICOWANIE TŁA HYDROGEOCHEMICZNEGO WÓD Z UTWORÓW MIOCENU NIŻOWEGO POLSKI

Badana cecha	Rejon							
	śląsko-słoweński	gdański	bytowski-szczeciński	poznański-sierakowski	śródko-źniński	lubuski	wrocławski	warszawsko-łukowski
Cl ⁻ mg/dm ³	2–40	2–40	2–60	2–80	2–40	2–80	2–240	2–60
SO ₄ ²⁻ mg/dm ³	1–80	1–90	1–80	1–60	1–60	2–150	2–200	1–40
Fe ²⁺ mg/dm ³	0–2,0	0–2,5	0–3,5	0–5,0	0–5,0	0–4,0	0–6,0	0–4,0
Mn ²⁺ mg/dm ²	0–0,3	0–0,3	0–0,5	0–0,5	0–0,5	0–1,2	0–1,0	0–0,5
Twardość mval/dm ³	1–8,5	2–7	2–9	0,5–10,5	3,5–10,5	0,5–8,5	5,0–10,5	1,5–7,5
Sucha pozostałość mg/dm ³	100–400	150–450	150–500	150–600	200–500	150–600	250–800	100–400
Barwa mg Pt/dm ³	1–80	1–40	1–60	1–80	1–50	1–60	1–40	1–80
Utlenialność mg O ₂ /dm ³	1–8	0,8–4	1–8	2–12	1–12	1–12	1–6	1–8

nieczyszczenia wód, nawet gdy wartości poszczególnych oznaczeń nie przekraczają wartości normatywnych dla wód pitnych.

PRZYCZYNY REGIONALNYCH ZRÓŻNICOWAŃ TŁA HYDROGEOCHEMICZNEGO

Zróźnicowania tła hydrogeochemicznego, mającego charakter oceny statystycznej, wskazują na różny wpływ czynników kształtujących chemizm wód podziemnych w poszczególnych jednostkach hydrogeologicznych a nawet ich fragmentach.

Wody podziemne eksploatowane na terenie Polski są pochodzenia atmosferycznego. Infiltrują one bezpośrednio bądź pośrednio do warstw wodonośnych. Ich skład chemiczny jest więc wynikiem zarówno procesów przebiegających w atmosferze, jak też w strefie glebowej i strefie aeracji, a przy złożonych systemach zasilania – także w strefie saturacji. Nie wnikając w istotę tych złożonych procesów stwierdzamy, że działają one w różny sposób, lecz na ogół prowadzą do podwyższenia mineralizacji wody. W naturalnych warunkach naszej strefy klimatycznej mineralizacje wód podziemnych zasilanych infiltracyjnie wynoszą 150–300 mg/dm³, a wód wglębnych zasilanych pośrednio – 200–500 mg/dm³. Ten zakres mineralizacji (tło mineralizacji), charakterystyczny dla naturalnych warunków, może lokalnie ulec pewnemu wzrostowi przez wpływ czynnika litologicznego, jak to zauważono w wodach z utworów triasowych (tab. V).

Podstawowym czynnikiem wpływającym na przekształcenie naturalnego chemizmu wód atmosferycznych i opadowych, infiltrujących do wód podziemnych, jest czynnik antropogeniczny: zanieczyszczenie atmosfery, powierzchni terenu i gleb. Antropogeniczne przekształcenia tła hydrogeochemicznego są powszechne w wodach gruntowych i płytko występujących wodach wglębnych w aglomeracjach miejskich oraz na terenach podmiejskich i obszarach intensywnie zagospodarowanych przemysłowo, a nawet rolniczo. Na tych obszarach obserwuje się lokalnie bardzo wysokie, anomalne stężenia, przekraczające niekiedy nawet wartości normatywne. Dane w tab. I wskazują na zupełnie niewielkie antropogeniczne przekształcenia tła hydrogeochemicznego trzech pierwszych czwartorzędowych środowisk występowania wód podziemnych. Są to bowiem głównie wody wglębne, ujmowane studniami wierconymi lub badane ze źródeł zasilanych przez wody wglębne. Natomiast wyraźne antropogeniczne przekształcenia tego tła występują w dwóch dalszych badanych środowiskach, gdzie są ujmowane wody gruntowe, głównie za pomocą studni kopanych. Ten typ ujęć, ze względu na łatwość zanieczyszczenia wód, często może być przyczyną podwyższenia wyników badań (5, 10).

Tło hydrogeochemiczne wód gruntowych z piasków sandrowych zlewni Omulwi uległo przekształceniu pod wpływem gospodarki rolniczej i hodowlanej. Większe przekształcenia tła wód gruntowych zlewni Utraty są natomiast związane ze znacznie intensywniejszą gospodarką ogrodniczą i przemysłową, charakterystyczną dla gęsto zaludnionych, żywiłowo rozbudowujących się obszarów podmiejskich o nie uporządkowanym systemie utylizacji odpadów bytowych, co bezpośrednio wpływa na zanieczyszczenia wód podziemnych.

Innym zagadnieniem jest wpływ lokalnych czynników geogenicznych na mineralizację wód z utworów miocenijskiej formacji brunatnowęglowej (tab. II). W kilku rejonach (poznańsko-sierakowskim, lubuskim, wrocławskim) występuje wyraźnie przesunięcie górnego zakresu tła minerali-

zacji, związane z ascenzyjnym dopływem wód zasolonych. Mineralizacja tych wód ma głównie charakter siarczanowo-chlorkowy.

Dane w tab. II wskazują również na wyraźne zróźnicowania regionalne tła hydrogeochemicznego barwy i utlenialności – a więc cech uwarunkowanych przebiegiem procesów uwęglania węgla brunatnych oraz wymiany i krążenia wód podziemnych. Tło barwy i utlenialności, z reguły przekraczające zakresy normatywne tych cech, ogranicza możliwość eksploatacji do celów pitnych wód pochodzących z utworów miocenu niżowego Polski.

Wpływ czynnika litologicznego na chemizm wód z utworów trzeciorzędowych potwierdzają również inne zakresy tła hydrogeochemicznego w wodach z utworów miocenijskich i oligocenijskich tab. III. Szczególnie ciekawe są obserwowane, wyraźnie niższe zakresy tła wapnia i magnezu w wodach z oligocenu. Oznacza to, że piaski oligocenijskie, mające charakterystyczny dla osadów morskich kompleks sorpcyjny, bogaty w jony Na⁺, przez wymianę jo-

Tabela IV
TŁO HYDROGEOCHEMICZNE WÓD Z WAPIENI KREDY
WYŻYNY MIECHOWSKIEJ I LUBELSKIEJ

Badana cecha	Rejon i środowisko			
	Wyżyna Miechowska		Wyżyna Lubelska	
	wody gruntowe	wody wglębne	wody gruntowe	wody wglębne
Cl ⁻ mg/dm ³	5–50	2–20	2–20	2–20
SO ₄ ²⁻ mg/dm ³	5–50	2–50	2–30	2–30
Fe ²⁺ mg/dm ³	0–0,7	0–0,6	0–0,5	0–2
Mn ²⁺ mg/dm ³	0–0,1	0–0,1	0–0,2	0–0,2
NO ₂ ⁻ mg N/dm ³	0–0,02	0–0,01	0–0,01	0–0,01
NO ₃ ⁻ mg N/dm ³	0–0,1	0–0,2	0–0,12	0–0,2
NH ₄ ⁺ mg N/dm ³	0–0,2	0–0,2	0–0,35	0–0,3
Twardość mval/dm ³	3–8	3–8	3–8	2–9

Tabela V
TŁO HYDROGEOCHEMICZNE
WÓD EKSPLOATOWANYCH Z UTWORÓW
JURY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ
I TRIASU NA GÓRNYM ŚLĄSKU

Badana cecha	Rejon i środowisko			
	Jura-Krakowsko-Częstochowska		utwory triasu na Górnym Śląsku	
	wody gruntowe	wody wglębne	wody gruntowe	wody wglębne
Cl ⁻ mg/dm ³	2–30	2–20	5–30	5–40
SO ₄ ²⁻ mg/dm ³	2–30	2–50	10–110	5–70
Fe ²⁺ mg/dm ³	0–0,2	0–0,4	0–0,3	0–0,5
Mn ²⁺ mg/dm ³	0–0,1	0–0,1	0–0,05	0–0,05
NO ₂ ⁻ mg N/dm ³	0–0,03	0–0,02	0–0,3	0–0,05
NO ₃ ⁻ mg N/dm ³	0–0,25	0–0,05	0–0,1	0–0,3
NH ₄ ⁺ mg N/dm ³	0–0,1	0–0,1	0–0,2	0–0,2
Twardość mval/dm ³	2–7	2–9	1–8	1–8

nową ($2\text{Na}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}$) wzbogacają jony wody w jony Na^+ kosztem absorbowanych z wód jonów Ca^{2+} .

Zaskakującym wynikiem porównywania tła hydrogeochemicznego intergranularnych wód z utworów czwartorzędowych i wód występujących w szczelinowatym środowisku węglanowym jest stosunkowo małe zróżnicowanie chemizmu wód z obydwu środowisk (tab. I i IV). Jest to niewątpliwie związane z pośrednim zasilaniem wód szczelinowych przez wody infiltrujące przez utwory czwartorzędowe oraz dość ograniczonym kontaktem wody ze skałą w warunkach przepływów szczelinowych. Wody z utworów kredowych mają więc często chemizm wymuszony okresem przebywania w obrębie utworów czwartorzędowych przed infiltracją do warstw kredowych. Świadczą o tym np. stosunkowo często spotykane stężenia żelaza i manganu, zbliżone do wód z utworów czwartorzędowych, gdy wody z utworów kredowych bezpośrednio zasilanych infiltracyjnie praktycznie nie zawierają żelaza i manganu.

Podkreśliśmy, że – mimo lokalnie stwierdzonych bardzo wyraźnych zanieczyszczeń antropogenicznych – tło hydrogeochemiczne wód szczelinowych kredy badanych środowisk nie wskazuje jeszcze na degradację antropogeniczną wód. Badano jednak wody ze studni wierconych, najczęściej o głębokości kilkudziesięciu metrów. Czynnikiem antropogenicznym w wodach szczelinowych uwidocznił się w postaci wyżej już wspomnianej wyraźnej i licznej, powszechnie występującej anomalii azotanowej w wysokości 1–5 mg N/dm³. Wody szczelinowe wykazują zresztą zdecydowanie więcej wartości anomalnych – przekraczających tło – wszystkich wskaźników zanieczyszczenia.

Przytoczone uwagi, dotyczące regionalnych zróżnicowań tła hydrogeochemicznego, wskazują na złożony i zróżnicowany układ czynników wpływających na kształtowanie chemizmu wód zwykłych w poszczególnych jednostkach, a nawet ich fragmentach. Wśród naturalnych przyczyn zmienności chemizmu należy przede wszystkim wymienić:

- różną litologię, genezę i wiek utworów wodonośnych,
- zróżnicowanie warunków występowania wód podziemnych (zwłaszcza rodzaj i typ wód oraz głębokość ich występowania),
- zróżnicowane warunki zasilania i krążenia w środowisku skalnym.

Niepokojąco wysoki jest również wpływ czynnika antropogenicznego na chemizm wód, zwłaszcza wód gruntowych i płytko występujących wód głębszych. Wpływ tego czynnika jest zróżnicowany regionalnie i uzależniony od sposobu zagospodarowania obszaru.

WNIOSKI

Tło hydrogeochemiczne wód podziemnych eksploatowanych na terenie Polski Płn. i Środk. wykazuje pewne różnice regionalne oraz niekiedy wyraźne zróżnicowanie w pionowym układzie występowania warstw wodonośnych. Przyczyn zróżnicowań tła hydrogeochemicznego należy dopatrywać się zarówno w naturalnych warunkach występowania i krążenia wód podziemnych, jak też w antropopresji zmieniającej chemizm wód podziemnych, zwłaszcza wód gruntowych.

Górne granice tła hydrogeochemicznego wód podziemnych nie przekraczają na ogół wartości normatywnych dla wód pitnych. Wyjątkami są jedynie żelazo i mangan, powszechnie występujące w stężeniach ponadnormatywnych. Niestety na obszarach zdegradowanych antropogenicznie – intensywnie zagospodarowanych rolniczo i przemysłowo oraz w aglomeracjach miejskich, w wodach

gruntowych, a nawet płytko występujących wodach głębszych, często zaznacza się przesunięcie górnej granicy tła hydrogeochemicznego powyżej stężeń normatywnych dla wód pitnych. Dotyczy to zwłaszcza stężeń mikroskładników, związków azotu i suchej pozostałości, a lokalnie siarczanów i chlorków. W niektórych regionach, zwłaszcza w wodach miocenijskiej formacji brunatnowęglowej, przyczyną przesunięcia górnej granicy tła mineralizacji, barwy i utlenialności – powyżej stężeń normatywnych – są natury geogeniczne.

Wody gruntowe obszarów słabiej zagospodarowanych, zwłaszcza występujące na większych głębokościach oraz płytsze wody głębsze obszarów intensywnie zagospodarowanych, wykazują antropogeniczne przekształcenie tła hydrogeochemicznego na ogół nie przekraczające wartości normatywnych. Na tych obszarach antropopresja manifestuje się najwcześniej podwyższonymi (powyżej naturalnego tła hydrogeochemicznego) stężeniami mikroskładników, siarczanów i chlorków, azotanów oraz suchej pozostałości. Rozpoznanie początkowych etapów przemian hydrogeochemicznych jest możliwe dzięki porównaniu naturalnego tła hydrogeochemicznego wód danego rejonu lub tła rejonu analogicznego w sensie warunków hydrogeochemicznych ze stężeniami oznaczanymi w poszczególnych analizach.

Badania tła hydrogeochemicznego – obok znaczenia teoretycznego – mają więc duże znaczenie praktyczne, szczególnie istotne przy rozpoznaniu początkowych faz zanieczyszczenia antropogenicznego wód podziemnych. Wynika z tego konieczność prowadzenia dalszych badań, zwłaszcza:

- określenie szczegółowego tła hydrogeochemicznego, obejmującego mikroskładniki we wszystkich jednostkach hydrogeologicznych, gdzie są eksploatowane wody pitne,
- określenie – obok współczesnego tła hydrogeochemicznego – tła pierwotnego,
- określenie trendu i charakteru przekształceń tła hydrogeochemicznego w obszarach o różnym rodzaju zagospodarowania,
- określenie metod prognozowania zmian tła hydrogeochemicznego.

LITERATURA

1. Błaszyk T., Górski J. – Środowisko hydrogeochemiczne w utworach pradolinnych oraz jego przeobrażenia w warunkach zmian reżimu wód podziemnych. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW 1977 t. 21.
2. Górski J. – Kształtowanie się jakości wód podziemnych utworów czwartorzędowych w warunkach naturalnych oraz wymuszonych eksploatacją. Inst. Kształt. Środ. 1981.
3. Macioszczyk A. – Wyznaczanie tła i anomalii hydrochemicznych w badaniach hydrogeologicznych. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW 1977 t. 21.
4. Macioszczyk A. – Ocena antropogenicznych zmian tła hydrochemicznego wód gruntowych Nizy Polskiego. Mat. Symp. „Metody badania wód podziemnych, ich użytkowania i ochrony” Tuczno 1984.
5. Macioszczyk A. – Hydrogeochemia. Wyd. Geol. 1987.
6. Macioszczyk A. – Chemizm wód podziemnych dolin rzecznych oraz główne czynniki kształtujące go. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN 1988 nr 347.
7. Objasnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000. Wyd. Geol.
8. Pazdro Z. – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. 1983.

9. Płochniewski Z., Pich J. — Żelazo i mangan w wodach podziemnych różnych środowisk hydrogeochemicznych. Kwart. Geol. 1966 nr 3.
10. Sawicki W., Żyliński S. — Wpływ nawożenia gleb i środków chemicznych ochrony roślin na płytkie wody podziemne. Mat. z narady SLiT Wodno-Melioracyjnych „Ochrona wód”, Warszawa 1973.

SUMMARY

A hydrochemical background understood as the concentration of hydrochemical elements typical for a studied hydrogeological unit, is considerably varying in drinking waters of Northern and Central Poland (Tables I–V). Such variation is of regional type and still mostly connected with vertical zones of water-bearing beds. The variation of a hydrogeochemical background is due to natural conditions of occurrence and circulation of underground waters as well as anthropo-pressure that changes a chemical composition of underground waters and particularly, of ground waters.

The anthropo-pressure transformed a hydrogeochemical background of ground waters in many areas of the country whereas deep waters do not indicate any chemical transformation, except from intensively used (urban-industrial, farming) areas. Maximum limits of hydrogeochemical background in non-polluted waters are generally beneath the standard values for drinking waters. Iron and manganese are the only exceptions as they commonly occur in larger amounts. Slightly polluted waters have concentrations of individual components still below the standard values but however higher than the upper limit of the natural hydrogeochemical background of a given unit. The earliest anthropogenic changes are noted in the case of microcomponents, nitrates, sulphates, chlorides and dry remnants. In such cases finding the initial anthropogenic phases of hydrogeochemical transformations is possible due to a comparison of the natural hydrogeochemical background of waters in a studied area, or of any other similar (in hydrogeochemical sense) area, with concentrations determined in individual analyses.

These remarks indicate a possible vast use of studies

of a hydrogeochemical background for finding the first phase of underground water pollution.

Translated by L. Marks

РЕЗЮМЕ

Гидрохимический фон, понимаемый как характерный для исследуемой гидрогеологической единицы диапазон концентрации гидрогеохимических элементов, вызывает значительную дифференциацию (таб. 1–5) в водах северной и центральной Польши, эксплуатируемых для питьевых целей. Эта дифференциация имеет региональный характер и она в большой степени связана с вертикальными зонами распространения водоносных горизонтов. Причины дифференциации гидрогеохимического фона находятся как в природных условиях распространения и циркуляции подземных вод, так и в антропопрессии изменяющей химизм подземных вод, а особенно грунтовых вод.

Антропопрессия вызвала преобразование гидрохимического фона грунтовых вод в многих районах страны, зато глубинные воды не показывают признаков преобразования химизма вод, кроме районов интенсивно освоенных (городских, промышленных, сельскохозяйственных). В незагрязненных водах верхние границы гидрогеохимического фона не превышают обычных величин нормативных для питьевых вод. Только железо и марганец часто находятся в сверхнормативных концентрациях. В слабо загрязненных водах концентрации отдельных компонентов могут еще не достигать нормативных величин, но они выше чем верхняя граница природного гидрогеохимического фона данной единицы. Раньше всего наблюдаются антропогенные изменения в случае концентрации микрокомпонентов, нитратов, сульфатов, сухого остатка. В таких случаях опознавание начальных этапов антропогенных гидрогеохимических изменений возможно путем сравнения природного гидрогеохимического фона вод данного района, или фона района аналогичного и гидрогеохимическом смысле, с концентрациями определенными в отдельных анализах.

Приведенные выше примечания указывают на возможность широкого применения метода исследования гидрохимического фона при обнаруживании начальных этапов загрязнения подземных вод.