



Tatiana BOCHEŃSKA

Uniwersytet Wrocławski

Marek KALISZ

Zakłady Badawcze i Projektowe Miedzi „Cuprum”
we Wrocławiu

UKD 622.343'51:551.252+622.84+556.33:[551.736.3:551.761+551.78(438 – 14 monoklina przedsudecka)

Risiko des Wassereindringens in Kupferminen in der Vor-sudetischen Monokline **ZAGROŻENIE WODNE KOPALŃ MIEDZI NA MONOKLINIE PRZEDSUDECKIEJ**

W kilkunastoletnim okresie prowadzenia robót górniczych w kopalniach Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego wykonano szereg obserwacji zjawisk hydrogeologicznych, na podstawie których można scharakteryzować rozwój w czasie dopływów wód podziemnych do kopalń oraz ocenić ich zagrożenie wodne.

Budowa geologiczna rejonu występowania złoża rud miedzi została szczegółowo omówiona w licznych publikacjach (4, 5, 6, 7). Złoże miedzi zlokalizowane jest na kontakcie czerwonego spągowca oraz cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1 (7). Poziomem wodonośnym decydującym o zawodnieniu wyrobisk są cechsztyńskie węglany W-1 otaczające wyrobiska lub występujące w ich stropie.

Aktualnie miedź na monoklinie przedsudeckiej wydobywana jest przez cztery kopalnie, w dalszej części artykułu nazywane A, B, C, D. Rejony eksploatacji górniczej w obrębie obszarów poszczególnych kopalń różnią się głębokością występowania złoża, oddaleniem od podtrzeciorzędowych wychodni cechsztynu i stopniem zaangażowania tektonicznego górotworu.

ZAWODNIENIE KOPALŃ

Zawodnienie kopalń oceniane jest ilością naturalnej wody dopływającej do wyrobisk górniczych. Pomiaru wielkości dopływu wód podziemnych do kopalń LGOM dokonuje ich służba hydrogeologiczna jeden raz w miesiącu, określając go jako sumę wydatków podziemnych otworów wiertniczych oraz bezpośrednich wypływów z ociosów i stropu wyrobisk górniczych. Wielkość tak określonego dopływu jest następnie ekstrapolowana na okres całego miesiąca. Stąd ostateczna informacja o ilości wody odprowadzanej z górotworu przez kopalnię może być obarczona pewnym niesystematycznym błędem natury obiektywnej, uwarunkowanym pomiarem dopływu chwilowego.

Czynnikami naturalnymi kształtującymi w istotny sposób zawodnienie kopalń LGOM są: szczelinowy charakter skał złożowych i otaczających złożo, tektonika dysjunktywna górotworu oraz rozpręślenie i miąższość warstw izolujących poziom cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1 od poziomów wodonośnych w triasie i trzeciorzędzie. Te właśnie czynniki sprawiają, że w obrębie obszarów kopalń LGOM zaznacza się wyraźna strefowość w zawodnieniu skał warstwy węglanów W-1 (ryc. 1). Generalnie wydzieliła się dwie strefy (2). Obszar na północ i północny wschód od uskoku głównego Lubina i uskoku Szklar Górnych to strefa słabego zawodnienia węglanów W-1. Skały węglanowe są tu lite, słabo spękane, szczeliny zwarte lub wypełnione gipsem, barytem czy kalcytem. Sieć

uskoków jest rzadka, a izolacja od poziomów wodonośnych nadległych ciągła i o znacznej miąższości. Obszar na południe i południowy zachód od linii wspomnianych zaburzeń tektonicznych stanowi strefę większego zawodnienia węglanów W-1. Szczelinowatość jest tu intensywna, a sieć uskoków bogato rozwinięta. Wierceniami w poszukiwaniu miedzi napotkano tu również kawerny (4). Strefa podwyższonego zawodnienia obejmuje swym zasięgiem podtrzeciorzędowe wychodnie cechsztynu, dlatego też oprócz kontaktów hydraulicznych typu tektonicznego istnieją tu kontakty hydrauliczne z wodonośnymi utworami trzeciorzędu typu sedymentacyjnego. W nomenklaturze środowiska hydrogeologicznego LGOM dla tej strefy przyjęła się nazwa „strefy wychodni” (2).

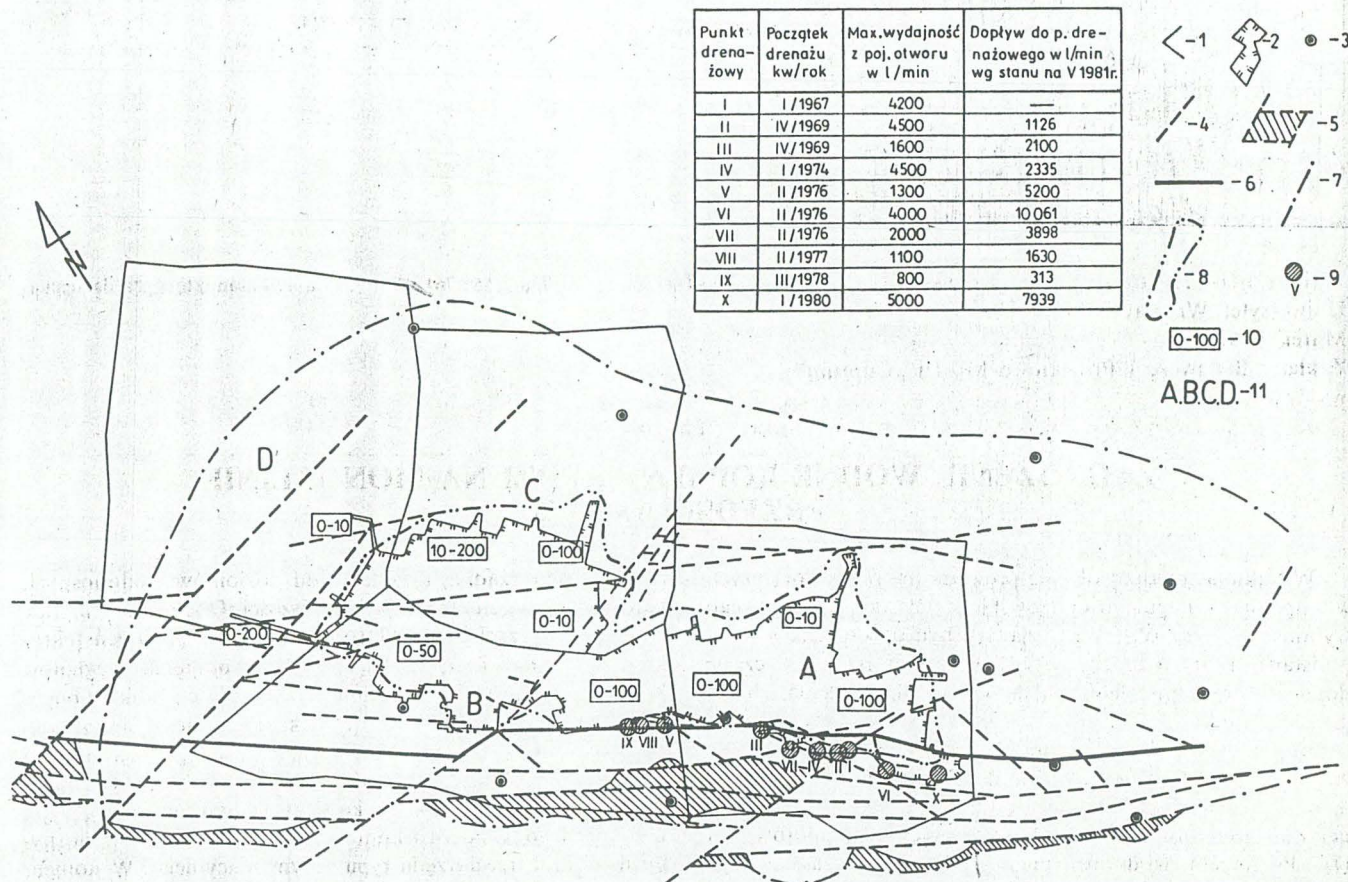
Zawodnienie kopalń LGOM przede wszystkim zależy od tego, w jakim stopniu wyrobiska górnicze udostępniające i przygotowawcze danej kopalni rozcinają dwie wyżej opisane strefy.

Zawodnienie kopalni A

Kopalnia A prowadzi działalność w zakresie poziomych robót górniczych od 1965 r. na trzech poziomach eksploatacyjnych: 610 m w partii południowo-wschodniej obszaru kopalni oraz 640 m i 670 m w partiach centralnej, północno-zachodniej i północno-wschodniej. Południowa część obszaru kopalni, stanowiąca 30% jego powierzchni, pokrywa się ze strefą większego zawodnienia węglanów W-1.

Kształtowanie się dopływów ogólnych na tle rozwoju powierzchni rozcięcia złoża w 16-letnim okresie istnienia kopalni obrazują wykresy pokazane na rycinie 2. Krzywa dopływów ogólnych wykazuje stałą tendencję wzrostową. W jej przebiegu można wyróżnić 3 odcinki. Pierwszy obejmuje okres od 1965 do 1972 r., drugi od 1973 do 1977 r. i trzeci po roku 1977.

W pierwszych dwóch latach prowadzenia podziemnych robót górniczych w bliskim sąsiedztwie szybów, dopływ wzrastał stopniowo do wielkości 2 m³/min. Otwory podziemne, wiercone w celu rozpoznania budowy geologicznej i zagrożenia ze strony wód podziemnych, jak również napotkane wyrobiskami uskoki, były suche lub zawodnione nieznacznie. W 1967 r. wyrobiska wykonywane w rejonie położonym na południowy zachód od szybu wschodniego napotkały górotwór silnie zawodniony. Grupa podziemnych otworów, odwierconych w miejscu przecięcia się chodników W4E i NW o wysokich wydatkach początkowych (otwór B-67 – 4,2 m³/min, otwór H-11 – 3,0 m³/min), stała się pierwszym punktem intensywnego drenażu poziomu wodonośnego w cechsztyńskich węglanach W-1. Punkt drugi utworzyły otwory wyko-



Ryc. 1. Mapa zagrożeń wodnych kopalń miedzi

1 – granice obszarów górniczych, 2 – powierzchnia rozcięcia złoża robotami górniczymi, 3 – piezometry w poziomie wodonośnym węglanów W-1, 4 – uskoki, 5 – podtrzęciorzędowe wychodnie węglanów W-1, 6 – granica między strefami większego i słabego zawodnienia węglanów W-1, 7 – granica zasięgu leja depresji w poziomie wodonośnym węglanów W-1, 8 – strefa osuszenia węglanów W-1, 9 – punkty drenażowe (numeracja według kolejności włączania się w proces odwadniania górotworu), 10 – wielkość wypływu w l/min z podziemnych otworów wiertniczych, 11 – nazwy kopalń

nywane w miarę postępu chodnika NW udostępniającego południowe partie obszaru kopalni (ryc. 1).

W trzecim kwartale 1970 r. górotwór o podobnych cechach napotkano chodnikami W-1 i W-61 – W-2 (punkt drenażowy III) drążonymi w celu połączenia rejonów szybów głównych i zachodnich. Działalność otworów odwadniających grupujących się w trzech wymienionych punktach drenażowych spowodowała, że w 1972 r. dopływ do kopalni osiągnął wielkość 16,5 m³/min.

Jednocześnie w rozpatrywanym okresie nastąpił stopniowy przyrost powierzchni rozcięcia złoża w partiach obszaru kopalni położonych na północ od linii łączącej szyby, tj. w strefie słabego zawodnienia węglanów W-1. Podziemne otwory wiertnicze zlokalizowane w tej strefie były suche lub o znikomych krótkotrwałych wypływach. Tak więc o wielkości dopływu do kopalni decydowała stosunkowo niewielka, bo wynosząca 0,48 km² (według stanu na 1972 r.), powierzchnia rozcięcia złoża w strefie większego zawodnienia węglanów W-1. Działająca w jej obrębie trzy punkty intensywnego drenażu dawały 95% całkowitego dopływu do kopalni (ryc. 1).

W okresie od 1973 do 1977 r. dopływ do kopalni utrzymywał się na poziomie 13,5–16,5 m³/min przy stałym wzroście powierzchni rozcięcia złoża. Rozwój tej powierzchni miał miejsce w centralnych partiach obszaru kopalni na północ od szybów, a więc w strefie słabego zawodnienia węglanów W-1.

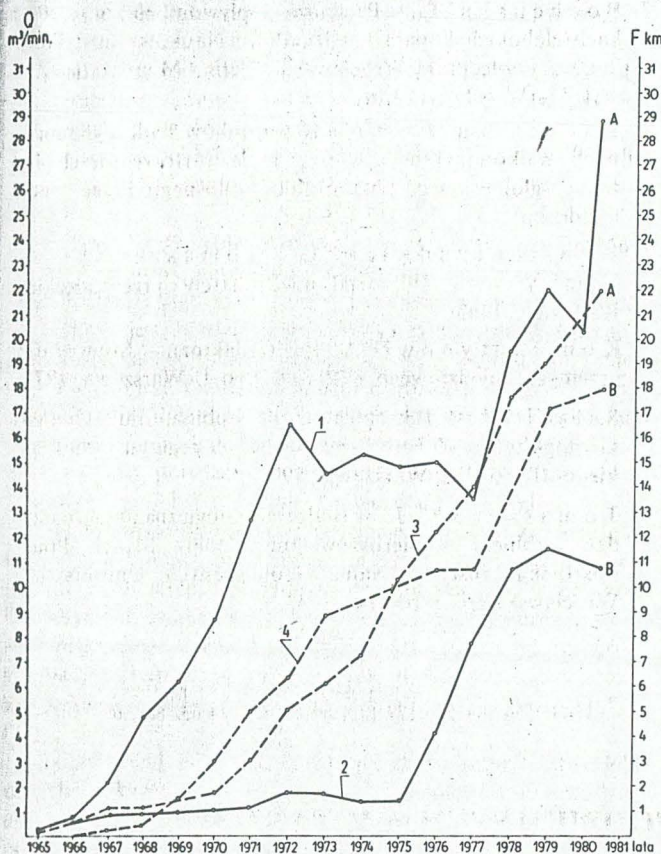
W 1974 r. rozpoczęto intensyfikację prac w celu udostępnienia południowych partii złoża. Do końca 1977 r. powierzchnia rozcięcia złoża w strefie powyższego zawodnienia wzrosła do 0,85 km². Wyrobiska prowadzone na zachód i południe napotkały górotwór silnie zaawansowany. Wykonane w tych

wyrobiskach zespoły otworów odwadniających stanowią działające do chwili obecnej punkty drenażowe IV, VI i VII.

Od 1978 r. obserwuje się stopniowy wzrost dopływu ogólnego. W 1980 r. jego średnia roczna wartość wynosiła 28,8 m³/min. Wraz ze stałym postępowaniem robót udostępniających w „strefie wschodniej” pojawiają się nowe punktowe wypływy często o znacznych wydatkach początkowych. W połowie 1981 r. w obszarze kopalni A funkcjonowało w zasadzie 5 punktów intensywnego drenażu górotworu: punkty X i VI w rejonie wyrobisk na południowy zachód od szybu wschodniego punkty, IV i VII w rejonie wyrobisk na południowy zachód od szybów głównych oraz punkt III na południe od szybów zachodnich. Punkty I i II, ze względu na znaczne zmniejszenie się ich wydatków, przestały odgrywać istotną rolę w procesie drenażu. Wszystkie wymienione punkty drenażu były zlokalizowane w strefie większego zawodnienia węglanów W-1 i sumaryczny ich wydatek stanowił około 95% całkowitego dopływu do kopalni. Niewielka więc stosunkowo powierzchnia rozcięcia złoża w strefie większego zawodnienia węglanów W-1 decydowała o formowaniu się prawie całego dopływu.

Zawodnienie kopalni B

Kopalnia B prowadzi roboty górnicze od 1966 r. na poziomach eksploatacyjnych 740 m w rejonie szybów wschodnich oraz 810 m i 850 m w rejonach szybów wschodnich, głównych i zachodnich. Podobnie jak w przypadku kopalni A, południowa część obszaru kopalni B znajduje się w obrębie strefy większego zawodnienia cechsztyńskich węglanów W-1.



Ryc. 2. Wykres zmian dopływów do kopalni A i B oraz ich powierzchni rozcięcia złoża

1 - dopływ ogólny do kopalni A, 2 - dopływ ogólny do kopalni B, 3 - powierzchnia rozcięcia złoża w kopalni A, 4 - powierzchnia rozcięcia złoża w kopalni B

Stanowi to około 35% powierzchni całego obszaru kopalni.

Krzywą ilustrującą dopływ ogólny do kopalni w 15-letnim okresie jej istnienia (ryc. 2) można podzielić na dwie części. Okresowi od 1966 do 1975 r. odpowiada odcinek krzywej o mniej więcej wyrównanym przebiegu, ze słabą tendencją do wzrostu. Natomiast odcinek odpowiadający okresowi od 1976 do 1980 r., w porównaniu z okresem wcześniejszym, wykazuje gwałtowny wzrost dopływu. Taki przebieg krzywej dopływów ma uzasadnienie w historii rozwoju działalności górniczej kopalni.

W pierwszych latach wyrobiska górnicze drążono w strefie słabego zawodnienia węglanów w rejonach przyszybowych. Dalszy ich rozwój szedł w kierunku północnych i północno-wschodnich granic obszaru kopalni. Dopływ do kopalni był niewielki, powstawał głównie z wykropli i wysięków. W 1970 r. osiągnął on wielkość $0,5 \text{ m}^3/\text{min}$. W dalszych pięciu latach, mimo ponad trzykrotnego wzrostu powierzchni rozcięcia złoża w całości, w strefie słabego zawodnienia węglanów W-1 dopływ utrzymywał się w granicach $0,5-0,7 \text{ m}^3/\text{min}$. Dopiero w 1976 r. nastąpił skokowy wzrost dopływu. Bezpośrednią przyczyną tego zjawiska było wykonanie we wschodniej części obszaru kopalni kilku wyrobisk w kierunku na południe, prostopadłe do strefy uskoku Szklar Górnych. Otwory badawcze odwiercone z przodków tych wyrobisk wykazały wypływy od kilkuset do 1000 l/min . Lokalizacja tych wypływów potwierdziła przebieg granicy między strefami słabego i większego zawodnienia cechsztyńskich węglanów W-1 w obszarze omawianej kopalni, wyinterpretowany uprzednio na podstawie wierceń z powierzchni. Wspomniane otwory utworzyły trzy punkty drenażu - V, VIII i IX. Ich sumaryczny wydatek (średni roczny) osiągnął w 1978 r. wartość $5,2 \text{ m}^3/\text{min}$, co stanowiło 90% całkowitego dopływu do kopalni. Powierzchnia

rozcięcia złoża w strefie większego zawodnienia węglanów W-1 była niewielka i wynosiła 2,8% całej, w skali kopalni, powierzchni rozcięcia złoża. W okresie od 1978 do 1980 r. postęp robót górniczych w „strefie wychodni” wstrzymano w ogóle. Dopływy w strefie słabego zawodnienia cały czas utrzymują się na poziomie $0,5-0,7 \text{ m}^3/\text{min}$, mimo intensywnego rozwoju powierzchni rozcięcia złoża. W połowie 1981 r. powierzchnia ta wynosiła 17 km^2 . W najbliższych latach przewiduje się intensyfikację robót udostępniających w „strefie wychodni” co pociągnie za sobą wzrost dopływów do kopalni.

Zawodnienie kopalni C i D

Kopalnia C rozpoczęła swą działalność w 1972 r. Eksploatacja górnicza odbywa się na poziomach 900, 950 i 1000 m. Obszar kopalni w całości znajduje się w strefie słabego zawodnienia węglanów W-1.

Powierzchnia rozcięcia złoża do 1978 r. osiągnęła wielkość bliską 13 km^2 , natomiast dopływ ogólny stopniowo wzrósł do wartości $2,0 \text{ m}^3/\text{min}$. Towarzyszące wyrobiskom udostępniającym otwory badawcze i drenażowe wykazywały najczęściej wydatki początkowe nie przekraczające 100 l/min . W pojedynczych przypadkach początkowy wydatek otworów wyniósł 1000 i 2400 l/min , jednakże w ciągu paru dni znacznie się zmniejszył.

Od 1978 r. obserwowano stabilizację ogólnego dopływu do kopalni na poziomie $1,8-2,0 \text{ m}^3/\text{min}$ przy stale rosnącej powierzchni rozcięcia złoża. Potwierdziło to wcześniej postawioną hipotezę (1) o tym, że poziom wodonośny węglanów W-1, drenowany przez kopalnię C, ma charakter izolowanych zbiorników wód statycznych o niewielkim rozprzestrzenieniu i zasobności.

Jeżeli chodzi o kopalnię D, najmłodszą w LGOM, to ze względu na niewielką powierzchnię rozcięcia złoża, wynoszącą w połowie 1981 r. $0,95 \text{ km}^2$, trudno jest charakteryzować bardziej szczegółowo jej zawodnienie. Złoże zostało udostępnione z wyrobisk kopalni C, gdyż pierwsze szyby zgłębiono dopiero w 1981 r. Średni roczny dopływ do kopalni w 1980 r. wyniósł $0,6 \text{ m}^3/\text{min}$. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można sądzić, że zawodnienie kopalni będzie podobne jak kopalni C.

Obszar kopalni D jest oddalony od podtrzeciorzędowych wychodni cechsztynu, a eksploatacja będzie się rozwijała w strefie słabego zawodnienia węglanów W-1 na stosunkowo dużych głębokościach (ponad 900 m).

ZAGROŻENIE WODNE WYROBISK GÓRNICZYCH

Zagrożenie wodne wyrobisk górniczych w kopalniach LGOM należy rozpatrywać na tle cech strukturalnych warstw wapieni i dolomitów W-1, takich jak: miąższość, zaangażowanie tektoniczne, intensywność zjawisk krasowych, głębokość zalegania. Zbiór tych cech rzutuje na wielkość i zmienność parametrów hydrogeologicznych, które decydują o zasobności wodnej warstwy, jej zdolności do oddawania wody, a więc i o dopływie do wyrobiska mogącym stanowić jego zagrożenie wodne. Zagrożenie wodne jest ponadto uwarunkowane charakterem nadłożowym poziomów wodonośnych, ich wzajemnymi kontaktami hydraulicznymi, szczególnie pomiędzy warstwą węglanów W-1 i podwęglowymi utworami trzeciorzędu.

W świetle powyższego, rejonem o największym zagrożeniu wodnym wyrobisk górniczych jest strefa podwyższonego zawodnienia węglanów W-1. Średnia miąższość poziomu wodonośnego wynosi tu od 30 do 100 m , a wodoprzewodność waha się w przedziale od 24 do $42 \text{ m}^2/\text{d}$ (3). Mimo długoletniego drenażu istnieje tu ciągle możliwość pojawiania się nagłego znacz-

nego wypływu do wyrobiska, a ciśnienie hydrostatyczne, mierzone w istniejących i nowo odwiercanych otworach podziemnych, waha się od kilku do kilkudziesięciu atmosfer.

Strefa słabego zawodnienia węglanów W-1 jest rejonem praktycznie pozbawionym zagrożenia wodnego wyrobisk górniczych. Średnia miąższość poziomu wodonośnego wynosi tu 19 m, a wodoprzewodność osiąga tu wartości poniżej 1 m²/dobę. Wysokie ciśnienie w pobliżu granicy leja depresji w rejonach dotąd nie udostępnionych, przy korzystnych warunkach strukturalnych i wyjątkowo niskich wartościach parametrów filtracyjnych, nie stanowią zagrożenia dla wyrobisk. Ciśnienia te są związane z izolowanymi zbiornikami wody o małych zasobach statycznych i drenaż ich nie nastrocza żadnych trudności.

LITERATURA

1. Bocheńska T. — Prognoza zjawisk hydrogeologicznych towarzyszących przyszłej eksploatacji górniczej w strefie wychodni cechsztynu okolic Lubina. Praca doktorska. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 1976.

2. Bocheńska T. — Prognoza dopływów wód w warunkach głębokich kopalń miedzi. Prace Naukowe Inst. Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Seria: Monografie. Zeszyt 13, Wrocław, 1979.
3. Bocheńska T. — Zmiany warunków hydrodynamicznych w kompleksie utworów podzwartorzędowych lubińsko-głogowskiego obszaru miedzionośnego. Przeg. Geol. (w druku).
4. Konstantynowicz E., Tomaszewski J., Zimny W. — Złoże rud miedzi strefy przedsudeckiej. Katowice, 1963.
5. Konstantynowicz E. (redaktor) — Monografia przemysłu miedziowego w Polsce, tom I, Warszawa, 1971.
6. Salski W. — Tektonika okolic Lubina. Biuletyn Inst. Geologicznego. Z badań geologicznych regionu dolnośląskiego, T. XXIV, Warszawa, 1975.
7. Tomaszewski J. — Budowa geologiczna obszaru między Lubinem a Sieroszowicami (Dolny Śląsk). Praca doktorska. Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 1963.

Izabela BOJAKOWSKA, Hanna BUJWID
Instytut Kształtowania Środowiska

UKD 556.388:546.179:[631.84+631.879+631.862/683:502.6]/7

ZANIECZYSZCZENIE WÓD PODZIEMNYCH AZOTANAMI

Działalność gospodarcza człowieka wywiera silny wpływ na środowisko naturalne, w tym również na wody podziemne. Pomimo naturalnej izolacji przez kompleksy skalne obserwuje się poważne zmiany hydrodynamiczne i hydrochemiczne tych wód wywołane robotami budowlanymi, górniczymi i wiertniczymi, składowaniem odpadów, rozwojem rolnictwa i kanalizacji i in.

Powszechna dostępność płytkich wód podziemnych w całym kraju, przejawiająca się w bardzo dużej liczbie studni kopanych, powoduje częste użytkowanie zanieczyszczonych wód podziemnych. Z płytkich studni wodę czerpie większość mieszkańców wsi i małych aglomeracji miejskich. Wody te, pobierane z wielu indywidualnych ujęć, nie podlegają systematycznym badaniom kontrolnym i spożywane są przez ludność nieświadomą zagrożeń wynikających z ich zanieczyszczeń.

Skażenia bakteriologiczne wód podziemnych nie stwarzają obecnie takiego zagrożenia jak miało to miejsce w poprzednich wiekach, ponieważ znane są i powszechnie stosowane metody odkażania. Ponadto skażenia bakteriologiczne pochodzą najczęściej ze ścieków i odpadów bytowo-gospodarczych i rozprzestrzeniają się na stosunkowo niewielkich obszarach bezpośrednio w pobliżu źródła zanieczyszczenia. Okres przeżywalności bakterii chorobotwórczych w gruntach wynosi od 30–50 do 250–300 dni w zależności od warunków gruntowo-wodnych (2). Wody takie mogą być użytkowane po odkażeniu.

Zdecydowanie groźniejsze są skażenia związkami chemicznymi. Jednym z najczęściej występujących składników są azotany, powszechnie obserwowane w płytkich ujęciach wód, ale — jak wykazały badania prowadzone w różnych krajach — obecność ich notowano także w wodach ujmowanych na głębokości 100 m.

Podwyższona zawartość azotanów w wodzie ma różnorodny ale zawsze negatywny wpływ na zdrowie człowieka. W przewodzie pokarmowym dzieci, szczególnie niemowląt, pod wpływem dorobnoustrojów następuje redukcja azotanów do azotynów, powodujących utlenienie jonu żelazowego hemoglobiny do jonu żelazowego. Powstająca methemoglobina, zawierają-

ca trójwartościowe żelazo, nie ma zdolności przenoszenia tlenu z powietrza do organizmu, co jest przyczyną mniej lub bardziej zaawansowanej methemoglobinemii. Zmiana około 15% hemoglobiny w methemoglobinę wywołuje sinicę a obecność methemoglobiny w ilościach powyżej 60% powoduje zgony (11). Badania w okolicy Przybramu, rejonie o podwyższonej zawartości azotanów w wodach, wykazały, że zachorowalność na sinicę obejmuje 2–5% populacji niemowląt z czego 10% kończy się śmiertelnie (35).

Często, mimo braku ewidentnych objawów sinicy, ponadnormatywne ilości azotanów w wodzie stają się przyczyną chronicznego niedotlenienia organizmu, które powoduje nieprawidłowy rozwój umysłowy dziecka (26). Podwyższona zawartość azotanów może prowadzić również do nadciśnienia i zawałów serca. Badania w Colorado USA wykazały wpływ azotanów w wodzie na obniżenie wieku, w którym występują początki choroby nadciśnieniowej. Zaobserwowano przesunięcie się maksymalnego występowania choroby z grupy wiekowej 70–79 lat do grupy wiekowej 50–59 lat (24).

Stwierdzono również, że podwyższona zawartość methemoglobiny we krwi wpływa ujemnie na pracę mięśnia sercowego (35). Znany jest kancerogeny wpływ azotanów na organizm ludzki poprzez powstawanie nitrozoamin w żołądku w wyniku reakcji azotanów z aminami zawartymi w pożywieniu (14). Badania przeprowadzone na terenie Polski potwierdziły zależność między występowaniem chorób nowotworowych przewodu pokarmowego a zanieczyszczeniem wód azotanami (28). Z tych powodów została wprowadzona norma dopuszczająca zawartość azotanów w wodach pitnych do 10 mg N–NO₃/l.

ANTROPOGENICZNE ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA WÓD PODZIEMNYCH AZOTANAMI

Istnieje wiele przyczyn i źródeł oraz uwarunkowań naturalnych, które powodują zanieczyszczenie wód podziemnych azotanami. Do powierzchniowej warstwy litosfery związki azotu są przez człowieka najczęściej wprowadzane: