

## NIEKTÓRE PROBLEMY HYDROGEOLOGII ŹRÓDEŁ ZACHODNIEGO PODHAŁA

SPOŚRÓD wielu problemów hydrogeologicznych zachodniego Podhala zajmę się tu jedynie tzw. źródłami siarkowodorowymi oraz na przykładzie źródeł potoku Krempach źródłami z pogranicza kontaktu fliszu Podhala i Pienińskiego Pasa Skałkowego. Problemem tym zająłem się zachęcony przez prof. dr J. Gołąba, który na podstawie badań w Szczawnicy przewidywał wystąpienie pewnych współzależności tektonicznych w charakterze źródeł.

Metody badań, które były mi dostępne w czasie prac terenowych, nie pozwalały (wobec małej dokładności) na szczegółowe fizyczno-chemiczne rozdzielanie wód. Głównymi parametrami pozwalającymi rozdzielać źródła ze względu na charakter i genezę poza sytuacją geologiczną okazały się: oporność wody, twardość i temperatura oraz częściowo wskaźnik pH. Ponieważ różnice litologiczne fliszu i utworów skałkowych są tej natury, że mniej więcej w równym stopniu stanowią dobre źródło  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$ , wody fliszowe i skałkowe nie będą się zbyt

jaskrawo różniły. W przypadku ciekawszych źródeł sytuację hydrogeologiczno-geologiczną sprawdzano badaniami elektrooporowymi: metodą sondowania i profilowania elektrycznego; ponadto za pomocą dwuelektrodowego sprawdzania oporności względnej gruntu wokół źródła określano kierunek dopływu wody.

### ŹRÓDŁA SIARKOWODOROWE

Źródła te nazywam siarkowodorowymi dlatego, że nie są one całkowicie źródłami mineralnymi, gdyż ich mineralizacja nie osiąga 1 g na litr wody, a posiadają one stosunkowo dużą ilość siarkowodoru. Wskaźnik  $\text{Cl}^{\prime}/\text{SO}^{\prime\prime}_4$  (ryc. 1), jak zresztą dla wszystkich analizowanych wód Podhala, jest znacznie mniejszy niż 1, a dla dwóch szczegółowo badanych źródeł siarkowodorowych jest nawet mniejszy niż 0,2. Wobec tego, że na Podhalu nie są znane miejsca występowania gipsów (z wyjątkiem nieznacznych wykwitów powstałych jako efekt utlenienia pirytów),

należy przyjąć, że siarkowodor powstaje z pirytu. Piryt bowiem, jakkolwiek w stanie rozproszonym, jest jednak w utworach fliszowych pospolity.

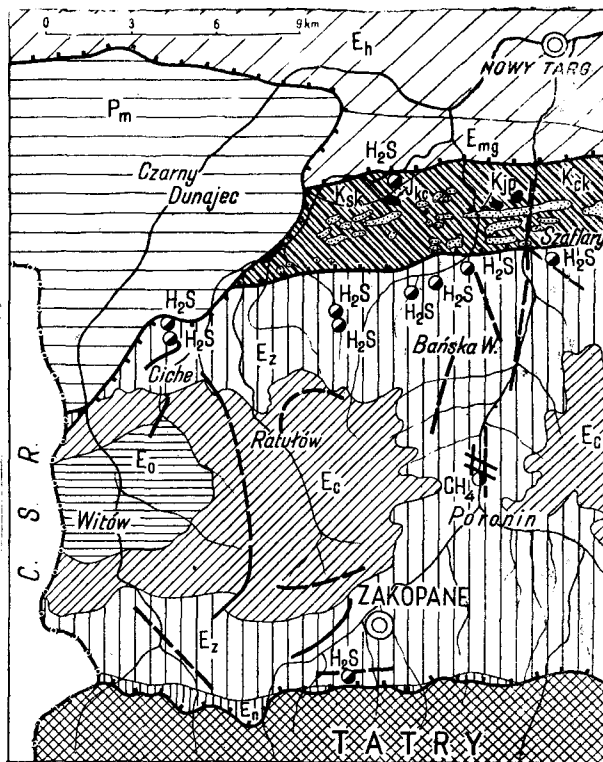
Jeżeli przyjrzymy się rozmieszczeniu źródeł siarkowodorowych (ryc. 1), to zauważymy dwa fakty: po pierwsze, związane są one wyłącznie z warstwami zakopiańskimi (z wyjątkiem źródła w Rogoźniku, które jak się wydaje, leży w utworach skałkowych); po drugie, wszystkie grupują się w pobliżu kontaktu tektonicznego.

Warstwy zakopiańskie, jak wiadomo, oznaczają się obecnością dość dużych ilości rozproszonego pirytu, który może być źródłem siarkowodoru wskutek znacznych przeobrażeń.

Jak już zaznaczyłem, wiążą się one z dyslokacjami, które stanowią drogi dość intensywnej migracji wody i w tych warunkach siarkowodor będzie nasycał najłatwiej wody w szczelinach dyslokacyjnych. Z punktu widzenia hydrodynamiki wód, wody takie będą najmniej narażone na rozcieńczenie bezpośrednimi wodami atmosferycznymi. Zaznaczyć jeszcze trzeba, że źródła warstwowe lub warstwowo-szczelinowe mają przeważnie wyższy wskaźnik  $Cl/SO_4$  niż źródła dyslokacyjne.

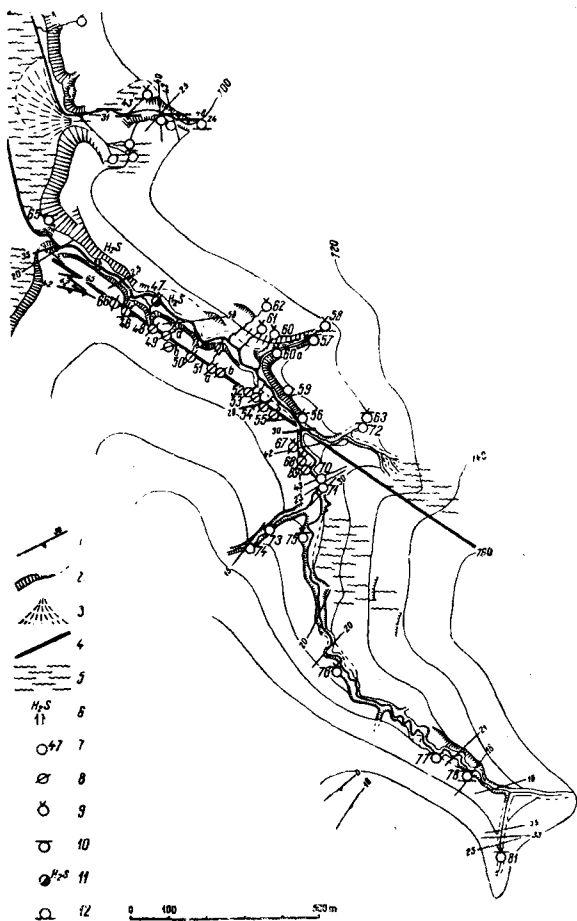
Wszystko to zdaje się potwierdzać przypuszczenie o genetycznym powiązaniu źródeł siarkowodorowych z dyslokacjami orogennymi. Oczywiście nie oznacza to, by źródła te musiały występować na płaszczyznach uskokowych, bo na przykład w przypadku nachylonej płaszczyzny uskokowej woda może znaleźć sobie znacznie krótszą drogę wypływu, a samo źródło może nam się okazać jako szczelinowe.

Wobec tego, że wszystkie znane źródła siarkowo-



Ryc.1. Występowanie ważniejszych źródeł siarkowodorowych oraz metanu na obszarze zachodniego Podhala

H<sub>2</sub>S — ważniejsze źródła siarkowodorowe, CH<sub>4</sub> — źródło metanu. Eocen fliszu p.: E<sub>0</sub> — w. ostrzyckie, E<sub>1</sub> — w. chochołowskie, E<sub>2</sub> — w. zakopiańskie, E<sub>n</sub> — w. numulitowe; pas skałkowy: Ksk — senon, Kek — cenoman-alb, Kjp — neokom-lias, Jkc — malm-dogger; Pm — pliocen-miocen facja orawsko-nowotarska; seria mag.: Emg — oligocen-eocen, Eh — eocen-paleocen.



Ryc. 2. Źródła potoku Krempach na SE od Szaflar  
1 — bieg i upad pomierzone na warstwach piaskowcowych, 2 — skarpy, 3 — stożki, 4 — uskok, 5 — podmokłości, 6 — wycieki siarkowodorowe, 7 — źródło z numerem; rodzaje źródeł: 8 — uskokowe, 9 — szczelinowe, 10 — warstwowe, 11 — siarkowodorowe, 12 — wypływające z podmokłości (nieokreślone)

dorowe występują w strefie kontaktowej, i wobec tego, że źródła te występują zarówno przy kontakcie fliszu z Tatrami, fliszu ze skałkami jak i skałek z fliszem magurskim, można by założyć ich genetyczny związek właśnie z kontaktem tektonicznym. Nie będzie to zbyt zaskakujące, jeśli uświadomimy sobie, że wody tych źródeł muszą pochodzić z dość dużych głębokości. W związku z tym, że średnia temperatura tych źródeł wynosi przeciętnie około 9°C, gdy średnia roczna temperatura dla Nowego Targu wynosi 5,9°C — przyjmując za Edwardem Stenzem<sup>1</sup> stopień geotermiczny równy około 40 m/1°C, możemy obliczyć, że wody źródeł siarkowodorowych migrują z głębokości 120 m.

Należy nadmienić, że obok źródeł ustalonych mamy często do czynienia z wyciekami siarkowodorowymi, których pojawianie się na powierzchni jest wybitnie efemeryczne. Istotny wpływ na ich pojawianie się mają opady i ciśnienie atmosferyczne, przyczym wpływ ten może być różny — przykład zostanie omówiony niżej.

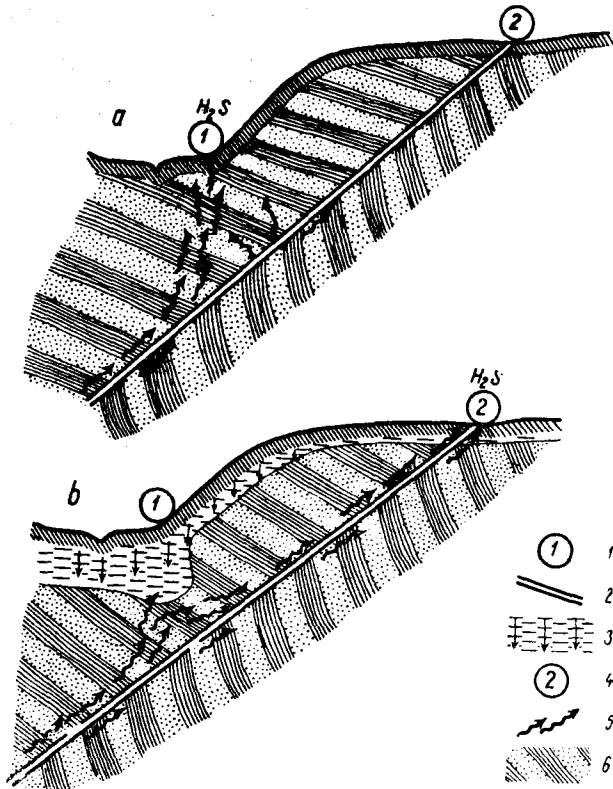
Wspomnieć też należy o ciekawym wystąpieniu metanu na Podhalu. Metan ten występuje w korycie Białego Dunajca w partii bardzo silnie zdyslokowanej, na wysokości wiaduktu biegnącego nad torem kolejowym w Poroninie (ryc. 1). Wydobywa się on w postaci banieczek ze szczeliny pokrytej wodą. Koryto nie posiada w tym rejonie żadnych sedimentów, tak że nie wchodzi tu w rachubę możliwość wystąpienia „gazu błotnego” — zresztą poza tym bardzo na Podhalu pospolitego. Znalezienie w tym właśnie miejscu na Podhalu węglowodoru jest o tyle zrozumiałe, że tektonicznie mamy tu do czynienia z elewacją antykliny przebiegającej wzdłuż Białego Dunajca.

<sup>1</sup> Edward Stenz — Wstęp do geofizyki. Warszawa — Wrocław 1954.

Powyższy fakt wystąpienia metanu oraz na wschodzie asfaltu (Watycha<sup>2</sup>) dowodzi, że redukcja siarczanów do siarkowodoru może być dodatkowo ułatwiona, ponieważ węglowodory są często czynnikiem sprzyjającym redukcji.

### ZRÓDŁA POTOKU KREMPACH

Krempach jest to mały potoczek płynący z SE i wpadający do Białego Dunajca na wysokości Szafalar (ryc. 2). Zwraca on uwagę dość dużym przepływem w stosunku do obszaru swej zlewni. Ponadto posiada wybitnie asymetryczną dolinę, co podkreślone jest dodatkowo różnym charakterem i ilością źródeł występujących na obu stokach. Źródła potoku Krempach są wreszcie bardzo źródnicowane genetycznie. Te wszystkie czynniki zdecydowały, że ten potoczek jako ciekawszy chcę tu przykładowo omówić.

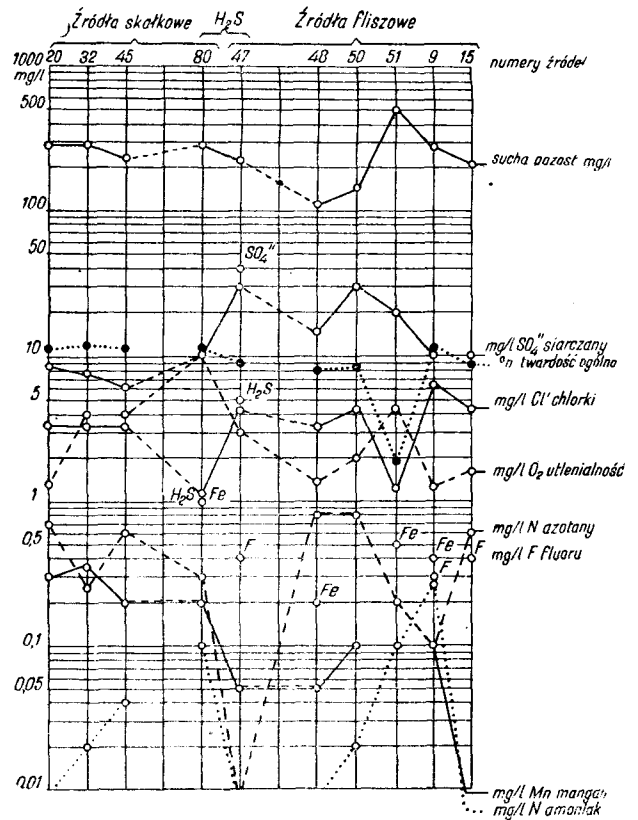


Ryc. 3. Schemat powiązania hydrodynamicznego efemerycznych wycieków siarkowodorowych w potoku Krempach

a — okres suszy, b — okres deszczowy; 1 — wycieki znikające w okresach opadów, 2 — uskok, 3 — infiltrująca woda opadowa, 4 — wycieki znikające w okresach suszy, 5 — migrujący H<sub>2</sub>S, 6 — flisz

Najbardziej ciekawą grupę stanowią tu źródła dyslokacyjne, występujące na lewym brzegu potoku w dolnym jego biegu. Ich cechą charakterystyczną jest to, że wszystkie występują wzdłuż jednej linii powyżej skąpy, już na stoku wcięcia. Analizując biegi i upady warstw we wcięciu oraz w odsłonięciach powyżej linii źródeł, można zauważyć wyraźne niezgodności. Badania elektrooporowe wskazują inny charakter profilów powyżej i poniżej linii źródeł. Fakty te w zasadzie upewniają, że linia tych źródeł wyraźnie wyznaczona jest linią dyslokacji.

Źródła te w znacznej swej części będą należeć do źródeł dyslokacyjnych wstępujących. Oznaczają się one temperaturami ok. 9°C, twardością ok. 7° n oraz dość wysokimi opornościami. Źródła 51b i 54 mają charakter źródeł dyslokacyjnych przelewowych. Mają one nieco wyższą temperaturę i twardość. Pewną za-



Ryc. 4. Graficzne przedstawienie analiz fizyczno-chemicznych wód wykonanych przez Laboratorium Stacji Sanitarnej-Epidem. w Warszawie.

leżność z omawianą dyslokacją wykazuje źródło 47, które leży już we wcięciu potoku. Jest to źródło siarkowodorowe o charakterze szczelinowo-dyslokacyjnym. Ma ono twardości powyżej 9° n oraz średnie wartości oporu. Oznacza się mniej więcej stałą wydajnością i stałością temperatury. Poniżej niego, wzdłuż wcięcia występuje kilka wycieków siarkowodorowych, które w okresie opadów atmosferycznych zanikają. Natomiast po okresie dłuższych opadów, np. po powodzi w 1958 r., w niszach źródłiskowej źródła 48 pojawiają się dosyć obfite wycieki siarkowodorowe (ryc. 3). Widzimy więc związek wód siarkowodorowych z wyznaczonym uskokiem, gdyż naruszenie reżimu hydrodynamicznego we wcięciu odzwierciedla się wystąpieniem siarkowodoru w źródle dyslokacyjnym na stoku. Nie jest to jednak związek genetyczny, ponieważ w takim przypadku wszystkie źródła występujące na tej dyslokacji powinny zawierać siarkowodor. Genetycznie źródło 47 należy raczej wiązać z jakąś głębszą dyslokacją (kontakt flisz-skałki?). Powiązanie źródła 47 z wyznaczoną dyslokacją polegałoby na tym, że strefa dyslokacyjna byłaby jedynie drogą migracji wody już zmierzalowanej i to tylko na nieznacznym odcinku.

Źródła szczelinowe, zgrupowane głównie na prawym brzegu, oznaczają się niskimi twardościami (około 4° n) oraz stosunkowo wysokimi opornościami. Jakkolwiek mogą one prowadzić wodę z dużych odległości, to jednak ruch jest szybki i stąd mineralizacja dość niska.

Odwrotnie ma się rzecz ze źródłami warstwowymi, gdzie twardości mogą osiągać stosunkowo wysokie wartości, nawet do 18° n i wyżej.

Wiele jest też źródeł mieszanych szczelinowo-warstwowymi, które będą miały pośrednie wartości parametrów w zależności od drogi i prędkości filtracji.

Mniej ważną grupę, chociaż niemniej ciekawą, stanowią źródła o nie zawsze jasnej genezie, występujące w formie jakgdyby „przepuklin”. Tworzą one lo-

<sup>2</sup> Działalność Państwowego Instytutu Geologicznego w okresie I.IV. do 31.XII.1946. PIG Biuletyn 30, str. 32.

kalne podmokłości, dając z zasady formy wypukłe. Mimo że wydajności ich są dość małe, zdaje się niekiedy, że woda wypływa z nich pod pewnym ciśnieniem. W ogóle określenie genezy źródeł występujących na podmokłościach jest sprawą trudną.

Poza źródłami reprezentowanymi w potoku Krem-pach, w strefie przykontaktowej występuje szereg innych rodzajów źródeł, np. stożkowe, rumoszowe, zwietrzelinowe itd. Spotykamy je jednak rzadziej.

Różnice między źródłami skałkowymi a fliszowymi najłatwiej dają się uchwycić w twardości wody. Twardość źródeł skałkowych nie spada poniżej  $10^{\circ}$  n, ma to swoje odzwierciedlenie również w opornościach (ryc. 4).

Dotychczasowe obserwacje wydają się potwierdzać

tezę o zależności występowania źródeł siarkowodorowych od tektoniki. Jeżeli takie zależności zostaną potwierdzone w czasie dalszych prac, wówczas rozmieszczenie źródeł siarkowodorowych w pobliżu kontaktu flisz-skałki sugerowałoby istnienie sigmoidalnego wygięcia skałek ku południowi w rejonie Bystre-Ciche. Przewidywał to już wcześniej J. Gołąb<sup>3</sup>. Wnioski pewniejsze będzie można wysunąć, jeżeli obserwacjami uzupełni się badania na zachód od Cichego. Godny podkreślenia wydaje się też fakt, że źródła dyslokacyjne mogą prowadzić wodę nawet na znaczne odległości. Tym można by tłumaczyć przewagę odpływu nad sumą opadów zlewni Krempacha.

---

<sup>3</sup> Józef Gołąb — Flisz Podhala na zachód od Białego Dunajca. (rękopis).