

Cyryl KOLAGO, Zenobiusz PŁOCHEŃIEWSKI

## Reliktowość wód Karpat i Przedgórze

### POJĘCIE WÓD RELIKTOWYCH

Zagadnienie pochodzenia wód mineralnych staje się wraz z rozwojem wiedzy hydrochemicznej coraz bardziej skomplikowane. Wyodrębnienie tzw. wód reliktowych od tych, które współcześnie podlegają mineralizacji w trakcie krążenia, jest już dziś nieprzekonywujące.

Powszechnie wiadomo, że reliktowych wód morskich w dosłownym znaczeniu nie spotyka się w przyrodzie. Podziemne wody mineralne traktowane jako syngenetyczne, a także epigenetyczne są w mniejszym lub większym stopniu roztworami przeobrażonymi („metamorfizacja wód”) w wyniku procesów wywołanych zjawiskami tektonicznymi i diagenetycznymi wraz z bezpośrednią wymianą składników ze skałami. Poza tym znacznie większą rolę, niż przyjęło się dotąd uważać, odgrywają przemieszczenia całych mas wodnych wtłaczanych, podobnie jak płynne bituminy, w inne „kolektory” skalne, co z kolei otwiera nowe cykle przemian hydrochemicznych. Jeśli uprzytomnimy sobie, że środowisko kształtowania się wód mineralnych o typie reliktowym mogło w historii geologicznej trafiać do strefy krążenia (wymiany) wód, powracając następnie do stanu stagnacji (który powinien stanowić warunek utrzymania wód reliktowych), dojdziemy do względności pojęcia „relikowości” wód mineralnych.

W praktyce zatem jako reliktowe traktować możemy te wody mineralne, które wykazują znaczny stopień stężenia i wskaźniki hydrochemiczne znacznie odbiegające od typowych dla wód aktualnie mineralizowanych i morskich; ich zasoby mogą być odnawiane lub uzupełniane w skali czasu geologicznego. Do tej grupy mogą więc trafiać również wody stagnujące w bezpośrednim sąsiedztwie mineralizujących je częściowo złóż solnych, a tym samym i te, które kiedyś sąsiadowały z dziś już nie istniejącymi złóżami.

Podział pomiędzy syngenetycznymi wodami reliktowymi (o ile takie istnieją) a takimi, które mineralizowały się w większym stopniu wskutek wylugowywania złóż niż przeobrażania się w warunkach izolacji, jest trudny, a niekiedy wręcz niemożliwy do przeprowadzenia. Już od dawna poszukuje się wskaźników czy kryteriów, które pozwoliłyby na wyodrębnienie wód o typie reliktowym. Jak się okazało, nie jest to sprawa prosta.

Wydaje się, że kryteria takie nie mogą mieć znaczenia ogólnego czy bezwzględnego. Można je precyzować przede wszystkim w skali regionalnej, w tym częściowo i dla poszczególnych pięter stratygraficznych. Odmienne były bowiem warunki syngenetycznego „przechowywania” wody morskiej i towarzyszących jej substancji ważnych z punktu widzenia akumulacji niektórych mikroelementów, jak np. bromu. Z drugiej strony zaś późniejsze procesy metamorfizacji wód pozostawały pod wpływem zarówno dalszej diagenety, jak i, być może, w większym stopniu zjawisk tektonicznych, wpływających na stopień izolacji poszczególnych zbiorników reliktowych od strefy krążenia wód.

Zatarcie granicy pomiędzy wodami reliktowymi a wodami mineralizującymi się współcześnie wskutek wylugowywania złóż solnych następuje w wyniku istnienia pośrednich etapów tego wylugowywania w niedalekiej nawet przeszłości.

W Polsce, ogólnie biorąc, wyróżnić można dwa obszary wód reliktowych (abstrahując od ich syn- lub epigenetycznego pochodzenia). Jeden to obszar Niziu Polskiego i zapadliska przedkarpackiego wraz z antyklinoorium śląsko-krakowskim, a więc jednostki tektoniczne o słabym zdyslokowaniu, a w każdym razie nie podlegające orogenezie alpejskiej. Obszar drugi to Karpaty z charakterystyczną dla orogenów alpejskich budową fałdowo-płaszczowinową.

#### WODY TYPU RELIKTOWEGO W KARPATACH I NA PRZEDGÓRZU

Pragnąc wykryć ewentualne prawidłowości w zmianach charakteru wód określonych jako reliktowe zestawiliśmy wybrane elementy hydrochemiczne uzyskane z wierceń w Karpatach i na zapadlisku (Przedgórzu) wyodrębniając strefy „przekrojowe” (fig. 1) z części zachodniej (przekrój krynicki) i wschodniej (przekrój sanocki). Pod względem ilości materiału potrzebnego dla charakterystyki pionowego profilu hydrochemicznego przekrój sanocki ustępuje krynickiemu.

Polskie Karpaty fliszowe są bardzo monotonne pod względem litologicznym, gdyż w ich profilu geologicznym powtarzają się serie piaskowcowo-lupkowe wieku kredowego i paleogeńskiego. Obraz tektoniczny jest natomiast bardziej urozmaicony, gdyż wyodrębnia się jednostki strukturalne typu płaszczowin, powstałe w trzeciorzędzie w różnych warunkach kształtujących procesy fałdowania. Uzasadnione jest zatem stwierdzenie, że wody sedymentacyjne znajdujące się pierwotnie w osadach fliszowych zostały z pewnością przemieszczone na dalekie niekiedy odległości, a w dużej mierze i całkowicie usunięte do strefy krążenia.

Przypomnieć należy, że istnieją liczne poglądy, których nie można uznać za zupełnie bezpodstawne, zgoda negujące możliwość przetrwania wód syngenetycznych w utworach sfałdowanych. Przemieszczeniom podlegały także bituminy ciekłe i gazowe, występujące w różnych rejonach Karpat, o ile w ogóle nie tworzyły się pod wpływem procesów tektonicznych, a częściowo po ich zakończeniu. Węglowodorem towarzyszą wody „okalające”, których mineralizacja związana jest z powstawaniem złóż

ropy i gazu, a niekiedy całkowicie uwarunkowana zjawiskami towarzyszącymi temu powstawaniu.

Budowa Przedgórze Karpat jest, jak wiemy, całkowicie odmienna od samych Karpat. W rozległym zapadlisku tektonicznym — rowie przedgórskim — powstały potężne osady morskie wieku miocenijskiego, zaburzone silniej jedynie przy brzegu Karpat, a kryjące pod sobą utwory przeważnie starsze od fliszu karpacciego. W strefie graniczącej z fliszem występują złoża soli z ograniczonym przestrzennie ich wpływem na mineralizację wód. Już w granicach od kilkuset do parutysięcznometrowej serii miocenijskiej, zbudowanej w przeważającej mierze z osadów ilastych oraz z piasków i wapieni z gipsami, występują wody mineralne o wysokim stężeniu.

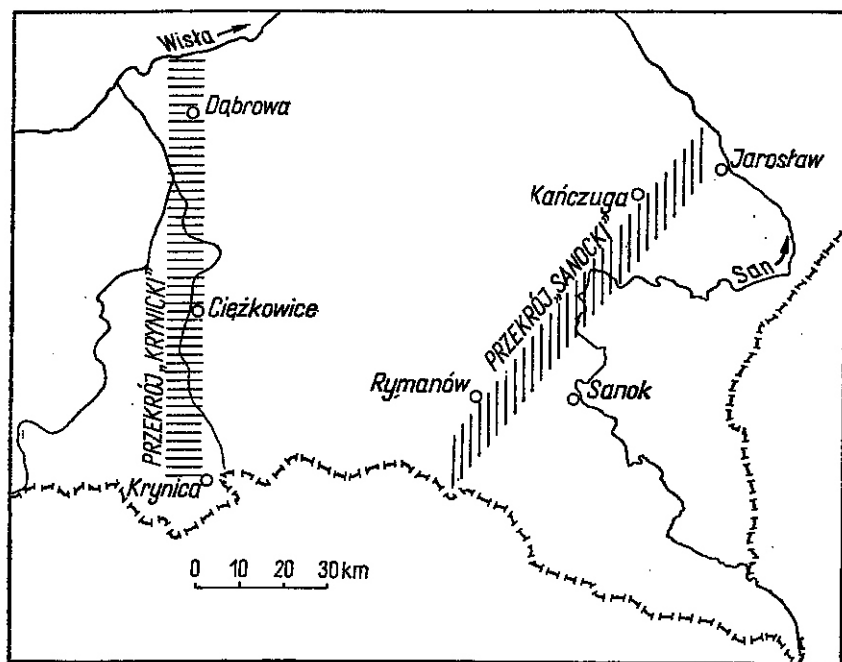


Fig. 1. Szkic sytuacyjny przekrojów hydrochemicznych  
Situation sketch of hydrochemical sections

Wody podziemne Przedgórze są na niewielkich głębokościach (zazwyczaj 100–150 m) niemal powszechnie zmineralizowane. W Karpatach strefa wód z mineralizacją poniżej 1 g/l wynosi od kilkudziesięciu do około 300 m. W rejonach naturalnych źródeł mineralnych, które w zasadzie mają charakter szczelinowy, wysoką mineralizację spotyka się również w najpłytszych wodach gruntowych, szczególnie w dolinach rzecznych. Tego typu źródła występują w Karpatach, rzadziej na obszarze zapadliska, w bezpośrednim sąsiedztwie nasunięcia fliszowego.

## TYP WÓD MINERALNYCH

Przechodząc do określenia typu wód występujących w dwóch wybranych rejonach, konieczne jest zastrzeżenie dotyczące wiarygodności materiałów hydrochemicznych. Sposób, w jaki pobierane są próbki wód z głębokich otworów wierconych z płuczką, nie gwarantuje często właściwej oceny wód złożowych, nie mówiąc już o trudności w zachowaniu warunków naturalnej izolacji poszczególnych poziomów wodonośnych.

Pomijając na tym miejscu częste w Karpatach i na Przedgórzu płytko występujące wody siarkowe, prześledzić można rozmieszczenie typowych na tym obszarze wód mineralnych. Niemal powszechnie są to wody chlorkowo-sodowe. W głębszych partiach zawartość  $\text{Ca}^{2+}$  dochodzi do kilkunastu, wyjątkowo kilkadziesiątu ‰ mvali,  $\text{Mg}^{2+}$  zaś do kilku, rzadziej kilkunastu ‰ mvali. Przekrój krynicki przebiega częściowo przez charakterystyczną dla fliszowych Karpat Zachodnich strefę szczaw. Wody wodorowęglanowe wykazują dość ostrą granicę występowania przestrzennego, z wąskim jedynie „marginesem” wód mieszanych, wodorowęglanowo-chlorkowych (Szczawnica, Wysowa). W profilu pionowym granica ta z pewnością nie jest regularna i rozciągać się może na setki metrów, pomijając szlaki krążenia dwutlenku węgla, głęboko „zakorzeniające” wody typu szczaw wodorowęglanowych.

Szczawy, związane z bliżej nieokreśloną na naszym terenie głębszą jednostką tektoniczną Karpat, nie mogą być uznane za wody o typie reliktowych. Dzięki ich dynamice, a szczególnie samego dwutlenku węgla, przesuwały one w głąb strop stabilnych „reliktowych” solanek (silnie stężonych wód chlorkowo-sodowych).

Zarówno wody chlorkowo-sodowe, jak i wodorowęglanowe pojawiają się w omawianej strefie Karpat miejscami na powierzchni w postaci naturalnych źródeł.

Ze składników rzadkich wymienić trzeba w solankach karpackich jod i brom. Wody mineralne zapadliska przedkarpackiego, wyłączając płytsze strefy wód siarkowych i siarczanowych, należą wyłącznie do grupy chlorkowo-sodowych. Znaczna bywa też tu zawartość jodu i bromu.

## INTERPRETACJA PRZEKROJÓW HYDROCHEMICZNYCH

Na przekroju krynickim (fig. 2) pokazano wybrane otwory wiertnicze, posiadające dane o mineralizacji wód. Pamiętając o zastrzeżeniach ograniczających ścisłość wyników analiz, można zinterpretować zmienność mineralizacji zarówno w kierunku poziomym (pas, a nie ścisłą linię przekroju), jak i pionowym. Widoczne na południu obniżenie mineralizacji zaznacza wpływ głębszego krążenia wód atmosferycznych w Karpatach wraz ze strefą szczaw.

Jeżeli chodzi o Przedgórze, to w paru punktach podano zmienności hydrochemiczne w sposób liniowy (ogólna mineralizacja i chlorki). Jak widać, trudno byłoby otrzymać pełny profil hydrochemiczny dla konkretnych punktów, co nie przeszkadza w tworzeniu ewentualnych profili syntetycznych.

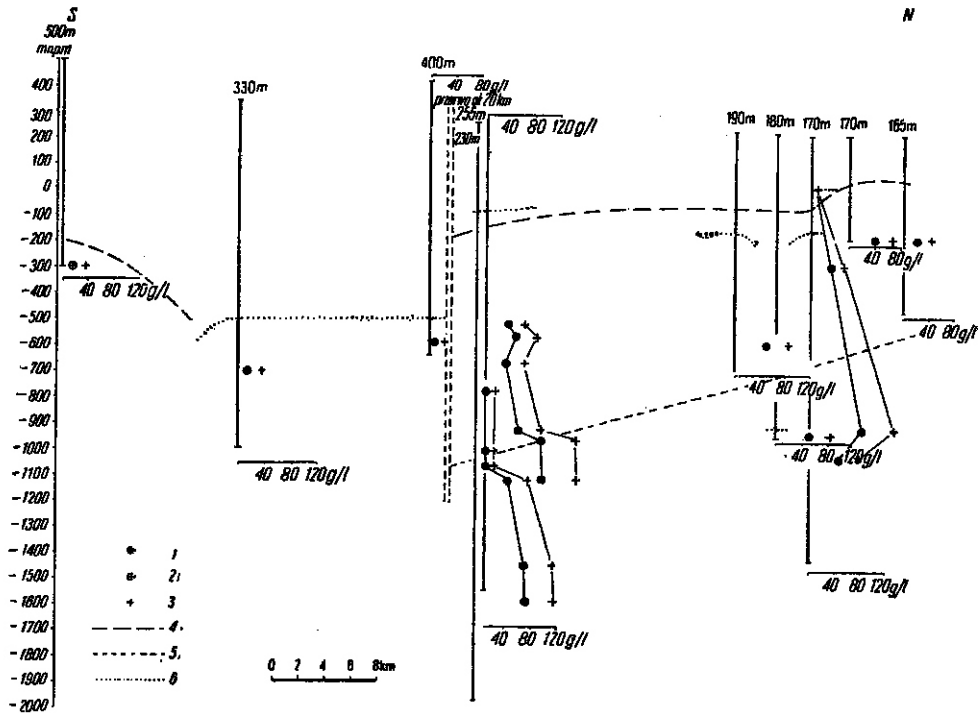


Fig. 2. Krynicki przekrój hydrochemiczny  
Krynica hydrochemical section

Zawartość w g/l wg skali przy wykresach: 1 —  $\text{Cl}^-$ , 2 —  $\text{HCO}_3^-$ , 3 — ogólna mineralizacja; głębokość, na której ogólna mineralizacja osiąga: 4 — 20 g/l, 5 — 100 g/l; 6 — głębokość, na której zawartość jodu ( $\text{J}^-$ ) osiąga 20 mg/l

Content in g/l according to the scale given in diagrams: 1 —  $\text{Cl}^-$ , 2 —  $\text{HCO}_3^-$ , 3 — total mineralization; depth at which the total mineralization is: 4 — 20 g/l, 5 — 100 g/l; 6 — depth at which iodine ( $\text{J}^-$ ) content is 20 mg/l

Na fig. 3 podano punkty charakteryzujące częściowo typ wód w pasie przekroju krynickiego, przy czym wykorzystano tu większą ilość otworów niż uwidoczniono na fig. 2. Poza ogólną mineralizacją uwzględniono zawartość  $\text{Cl}^-$  i  $\text{HCO}_3^-$  oraz  $\text{J}^-$ . Strefa rozpoznania hydrochemicznego sięga znacznie głębiej w zapadlisku niż w Karpatach, co ma oczywiście znaczenie przy porównywaniu wód reliktowych tych dwóch regionów. Mając to na uwadze oraz eliminując szczyty karpackie da się zauważyć duże podobieństwo wskaźników hydrochemicznych (wzrost chlorków wraz z ogólną mineralizacją, zawartość jodu) w Karpatach i zapadlisku. Pominięty tutaj przegląd pełnych wyników analiz rozszerza to podobieństwo i na inne wskaźniki. Wydaje się bardzo prawdopodobne, że głębsze poziomy wód karpackich nie odbiegają od podobnych w zapadlisku. Różnice lokalne mogą okazać się znaczniejsze niż regionalne.

Przy ogólnej podanej dysproporcji w głębokości rozpoznania Karpat i ich Przedgórze wzdłuż przekroju sanockiego zauważa się jeszcze bardziej wyraźne analogie składu wód, które określa się jako reliktowe. I tu również w płytkich wodach podziemnych Karpat znaczny udział mają wodorowęglany; poza kilkoma punktami nie są to szczawy. Wspomnieć wy-

pada na tym miejscu o przypuszczeniu, że wiążą się one z metamorfizacją wód towarzyszącą powstawaniu złóż bituminów. Rozmieszczenie punktów (fig. 4) wskazuje na dość regularny i o podobnym gradiencie wzrost chlorków wraz z mineralizacją, a więc i głębokością zarówno w Karpatach, jak i zapadlisku. Zawartość jodu nie wykazuje regularności w obydwóch regionach. Pominięto tutaj rysunek przekroju sanockiego, analogiczny do fig. 2, ponieważ brak było podstaw do wykreślenia profilów hydrochemicznych.

Nie komentując szerzej podanych wykresów przejść można do wniosków ze wstępnych rozważań. Pełniejszą interpretację będzie można podać po uzyskaniu nowych materiałów hydrochemicznych.

Porównując głębokie wody typu relikтового dwóch odmiennych tektonicznie, lecz sąsiadujących regionów zauważyć można, że upodabniają się one wraz z głębokością. Przy paralelizacji głębokości w obszarze górskim i równinnym pamiętać trzeba, że dla pierwszego strefa stagnacji właściwa dla wód reliktowych rozpoczyna się głębiej. Przy tym porównaniu widać bardzo zbliżony wzrost chlorków wraz ze stężeniem, wyraźny zanik wodorowęglanów, nawet w strefach ich „prowincji” w płytszych poziomach. W samych Karpatach fliszowych, przy skąym jeszcze stopniu rozpoznania głębszych stref, nie dostrzega się istotnych różnic hydrochemicznych w wodach reliktowych głównych jednostek płaszczowinowych.

Stwierdzając zatem wyrównywanie się charakteru wód Karpat i Przedgórze wraz z głębokością, nie można przeoczyć faktów lokalnego zróżnicowania związanego z miejscowymi warunkami litologicznymi (np. obecność osadów chemicznych) lub hydrodynamicznymi (strefy dyslokacji). Dla głębokich zbiorników wód reliktowych zmiany lokalne mogą znacznie przewyższać różnice regionalne. Trzeba o tym pamiętać przy interpretowaniu wyników badań hydrochemicznych z pojedynczych otworów. Niekiedy bowiem zbyt duże znaczenie przywiązuje się do zróżnicowania hydrochemicznego głębokich wód mineralnych jako wskaźnika odrębności wielkoprzestrzennych.

Podjęmowane ostatnio głębokie wiercenia we fliszu karpackim pozwolą zapewne na przeprowadzenie ściślejszej paralelizacji wód określonych jako reliktowe w podanym na wstępie rozumieniu pojęcia reliktowości.

Na tle powyższych rozważań słuszny wydaje się pogląd, że w złożonym procesie zjawisk objętych tzw. metamorfizacją wód znaczna, a może nawet przeważająca rola przypada pionowej dyferencjacji hydrochemicznej, która, jak przypuszczają już niektórzy badacze, doprowadza w głębi do jednolitego obrazu hydrochemicznego na całej Ziemi.

Dyferencjacja ta ułatwiona jest poziomym przemieszczaniem się mas wodnych. To ogromnie zwolnione krążenie mogło być czynnikiem wyrównującym charakter wód głębokich w sąsiednich regionach. Nasuwa się więc pytanie, jakie są różnice w typie wód „strefy reliktovej” na Nizinie Polskiej oraz pomiędzy jego obszarem a omówionymi wyżej regionami. Sprawę tę wypadnie naświetlić na innym miejscu.

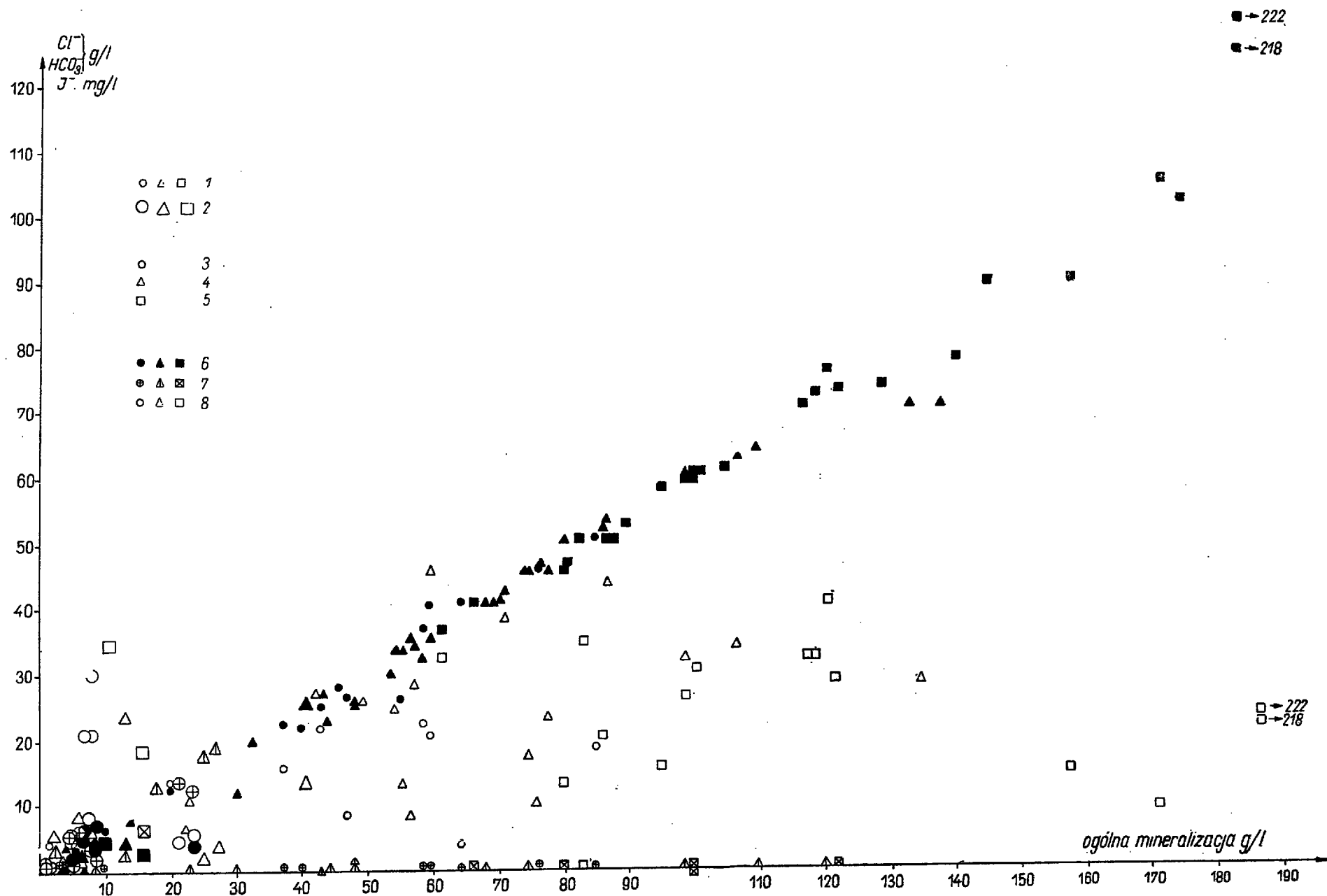


Fig. 3. Ogólna mineralizacja i wybrane składniki wód w przekroju krynickim

Total mineralization and selected components of water in the Krynica section

Wody występujące na obszarze: 1 — Przedgórze, 2 — Karpat; głębokość występowania wód: 3 — do 500 m, 4 — 500–1000 m, 5 — ponad 1000 m; składniki chemiczne: 6 —  $Cl^-$ , 7 —  $HCO_3^-$ , 8 —  $J^-$

Waters in the area of: 1 — Przedgórze, 2 — Carpathians; depth of water occurrence: 3 — down to 500 m, 4 — 500–1000 m, 5 — more than 1000 m; chemical components: 6 —  $Cl^-$ , 7 —  $HCO_3^-$ , 8 —  $J^-$

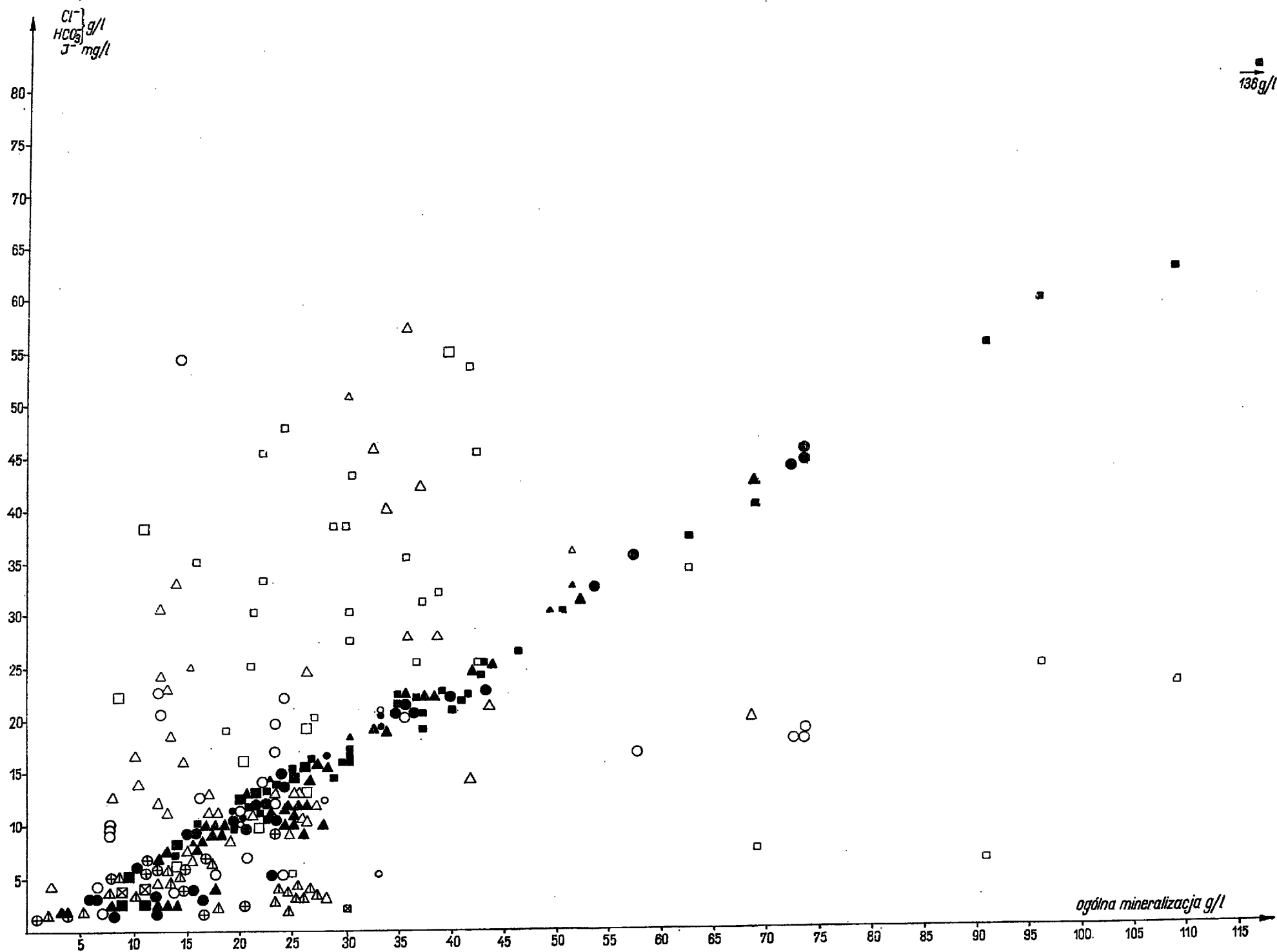


Fig. 4. Ogólna mineralizacja i wybrane składniki wód w przekroju sanockim  
 Total mineralization and selected components of water in the Sanok section  
 Objasnienia jak na fig. 3  
 Explanations as in Fig. 3



Цирыль КОЛЯГО, Зенобиуш ПЛОХНЕВСКИ

## РЕЛИКТОВОСТЬ ВОД КАРПАТ И ПРЕДКАРПАТСКОГО ПРОГИБА

### Резюме

Наряду с достижениями исследований глубоких горизонтов минеральных вод, понятие „реликтовости” этих вод становится все более относительным. Процессы, определяемые как преобразование вод, приводят к возникновению разнообразных гидрохимических систем, в результате чего стирается граница между водами минувших геологических эпох, которые минерализуются чуть ли не в настоящее время путем выщелачивания соляных залежей. Количественные показатели, определяющие подлинный генезис сильно минерализованных вод, в этом виде имеют характер условных достоинств. Отсутствуют основания для предположек о „сохранности” количественных пропорций определенных компонентов морской воды в течение миллионов лет преобразований породы и содержащихся в них вод.

На значительной глубине отмечается пространственное уравнивание состава минеральных вод, причиной чего является вертикальная дифференциация. Как пример такой гидрохимической унификации приведены воды реликтового типа двух отдельных тектонических элементов, какими являются Карпаты и соседствующее с ними Предгорье. На двух разрезах „кряничком” и „саночком” (фиг. 1) представлено сравнение минеральных вод на основании графиков, иллюстрирующих содержание ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{J}^-$ , а также  $\text{HCO}_3^-$  на фоне общей минерализации (фиг. 3 и 4). Для кряницкого разреза приведено соответствующее сопоставление данных по вертикали (фиг. 2).

Как видно на графиках, минеральные воды больших глубин в обоих регионах с химической точки зрения весьма сближены.

Cyryl KOLAGO, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI

## RELICT NATURE OF WATERS IN THE CARPATHIAN AND FORE-CARPATHIAN AREAS

### Summary

The progress in the research of deep horizons of mineral waters is responsible for a fact that the notion „relict nature” of these waters in more and more relative. The processes determined as „water alterations” lead to various hydrochemical systems and this is why the boundary between the waters from the previous geological epochs and waters which almost at present are mineralized due to the leaching of salt deposits, becomes obliterated. In this respect, the quantitative coefficients determining the proper origin of strongly mineralized waters are thought to be of conventional values, mainly due to a fact that no bases exist to make an assumption a priori as to any „survival” of quantitative proportions of certain components of sea water throughout a period of millions of years of alteration in water-rock environment.

A spatial compensation in composition of mineral waters may be observed to appear at considerable depths, mainly due to vertical differentiation. As an example

of such a hydrochemical unification may serve here a picture of relict waters of two different tectonic units like the Carpathians and the adjacent area of the Fore-Carpathian region. A comparison of mineral waters has been made on two cross sections (Krynica and Sanok sections, Fig. 1) on the basis of diagrams that illustrate the content of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{J}^-$  ions, also  $\text{HCO}_3^-$  ions, against the background of the total mineralization (Figs. 3 and 4). For the Krynica cross section there is given a comparison of data in vertical plane (Fig. 2).

The diagrams show that the deep-seated mineral waters in both regions are, as concerns their chemical nature, highly similar.