

Cyryl KOLAGO, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI

Charakter wód mineralnych w przystropowej strefie ich występowania na obszarze Polski północno-wschodniej*

W artykule omawia się przestrzenną zmienność głębokości do wód mineralnych na obszarze NE Polski oraz skład chemiczny tych wód w przystropowej strefie ich występowania. Głębokość do strefy wód mineralnych zmienia się w bardzo dużych granicach, bo od powierzchni terenu do ponad 1200 m. Określono przeciętny skład chemiczny wód mineralnych w strefie przystropowej (Cl—Na) oraz odchylenia od tego składu.

Położenie stropu wód mineralnych, a więc powierzchni dzielącej je od wód zwykłych, staje się ostatnio przedmiotem szczególnego zainteresowania. Wiąże się z tym bowiem ocena zasobów wód obu wymienionych typów, jak i problematyka ich ochrony. Charakter wód mineralnych w strefie ich powierzchni stanowi jeden z elementów prognozy jakości wód głębszych, a poza tym wskazywać może na rozmieszczenie ukrytych struktur, linii dyslokacyjnych itp.

Graniczna wartość sumy składników rozpuszczonych, powyżej której wody określa się jako mineralne, wynosi 1 lub 2 g/l. W poniższych rozważaniach przyjmuje się raczej tę wyższą wartość, szczególnie tam, gdzie przewaga Cl⁻ wśród anionów nie jest silnie zaznaczona.

Dla wyznaczenia głębokości pojawienia się wód mineralnych na badanym obszarze posłużono się 63 punktami badań, nie licząc przypowierzchniowych stref mineralizacji. Z tej liczby tylko 47 punktów pozwalało na określenie składu wód. Określając charakter wód i głębokość stropu mineralizacji, stosowano przy posługiwaniu się wynikami analiz niewielką inter- i ekstrapolację.

Warunki geologiczne obszaru. Największe w Polsce różnice w położeniu stropu wód mineralnych występują w północno-wschodniej części kraju. Pod względem geomorfologicznym jest to obszar rów-

* Referat zgłoszony na Międzynarodową Konferencję Hydrogeologiczną — Budapeszt 1976.

ninny, urozmaicony wzniesieniami morenowymi ostatniego zlodowacenia. Z punktu widzenia głębszej budowy występuje tu, jak ogólnie wiadomo, kilka głównych jednostek strukturalnych. Z północnego wschodu sięga rozległa platforma prekambryjska. Jej wyniesiona część (fig. 1, I) wykazuje ciekawą pokrywę osadową, liczącą minimalnie ok. 500 m. Wokół tego wyniesienia podłoża krystalicznego rozciągają się jej głębiej pograżone partie: na północy obniżenie perybałtyckie, ku zachodowi niecka brzeźna, na południu obniżenie podlaskie. Dalej ku południowemu zachodowi znajduje się platforma paleozoiczna, z której na interesującym nas obszarze występuje skrawek wału pomorsko-kujawskiego (II) i dalszy ciąg niecki brzeźnej. W granicach tej ostatniej zarysowuje się rozległa młodsza struktura kredowej niecki, zwanej mazowiecką, która wkracza w zasięg obydwu wymienionych platform. W niecce brzeźnej fundament krystaliczny obniża się do ok. 5 km, przy czym dalej zagłębia się ku SW. W ten sposób, poza najwyższą położoną partią platformy prekambryjskiej, cały nasz obszar stanowi struktury typu basenów.

Różnego wieku jednostki strukturalne nieznaczają się na powierzchni. Pokrywą ich stanowią nieskonsolidowane utwory kenozoiczne, na które składają się piaszczyste i ilaste osady trzeciorzędu, o miąższościach od zera do ok. 250 m, oraz utwory czwartorzędu złożone z materiałów glacialnych, fluwioglacialnych i rzeczno-jeziornych, o zmiennej miąższości, najczęściej w granicach od kilkudziesięciu do stukilkudziesięciu metrów. Na fig. 1 zarysowano obszary o miąższości pokrywy czwartorzędowej ponad 100 m oraz granicę zwartego występowania serii ilów plocenu. Seria ta dzieli wody w czwartorzędzie i trzeciorzędzie, nie stanowiąc jednak granicy wód zwykłych i mineralnych.

Strop wód mineralnych występuje na badanym obszarze poczynając od powierzchni terenu do największych w Polsce głębokości, bo ponad 1200 m (fig. 1). Płytkie pojawianie się tych wód stwierdza się na południowym zachodzie, w granicach wału pomorsko-kujawskiego. W regionie tym strop wód mineralnych obniża się ku południowi, gdzie osiąga głębokość ponad 1000 m w odległości zaledwie 20 km od miejsc pojawiania się wód słonych na powierzchni. Obszar ze znaczną miąższością strefy wód zwykłych ciągnie się stamtąd ku wschodowi; na SE osiąga ona wartość powyżej 1200 m w obniżeniu podlaskim. Na północnym wschodzie brak jest na pewnym obszarze wód mineralnych w pokrywie osadowej.

Otrzymany obraz przestrzenny pokazuje bardzo niespokojny układ powierzchni wód mineralnych na południowym zachodzie, poza którym przeważają głębokości 200—700 m poniżej poziomu morza (400—900 m poniżej powierzchni terenu).

Zróznicowanie głębokości stropu wód mineralnych wiąże się z różnymi czynnikami geologicznymi, choć nie wszędzie miarodajna interpretacja jest możliwa. Duża rola przypada rejonom z zaburzonymi osadami solnymi cechsztynu, a następnie ogólnie zasięgowi utworów solonośnych tego wieku (fig. 1); nadmienić trzeba, że formacje solonośne innego wieku nie występują na tym obszarze. Wysłodzone części basenów są z pewnością wynikiem procesów paleohydrogeologicznych, wiążących się z paleotektoniką. Bliskie sąsiedztwo stref ze stropem mineralizacji o różnicy 1000 m wskazywałoby na młode ożywienie krążenia wód podziemnych

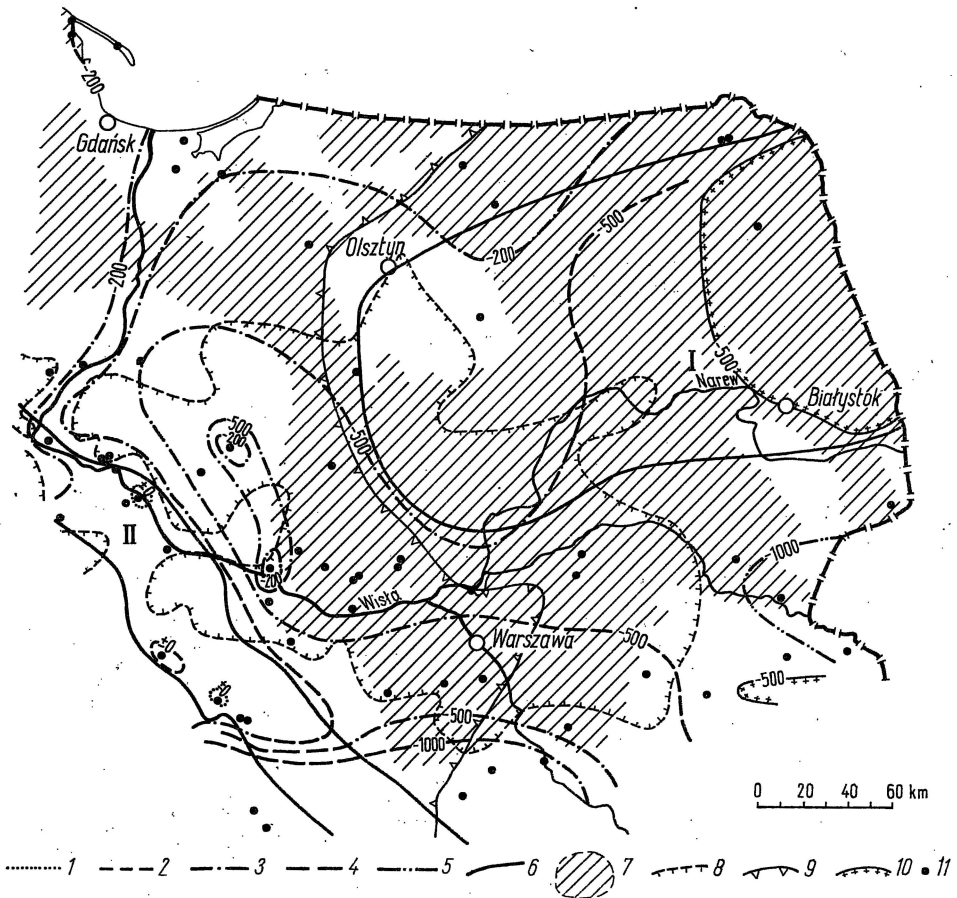


Fig. 1. Strop wód mineralnych na tle wybranych elementów geologicznych

Top surface of mineral waters versus main geological elements

Strop wód mineralnych (głęb. p.p.m. w metrach) w utworach: 1 — czwartorzędowych, 2 — trzeciorzędowych, 3 — kredowych, 4 — jurajskich, 5 — kambryjskich; 6 — granice struktur wyniesionych: I — wyniesienie mazursko-suwańskie, II — wai kujawsko-pomorski; 7 — obszar, na którym utwory czwartorzędu mają miąższość ponad 100 m; 8 — zasięg występowania zwartej serii łałastych osadów pliocenu, dzielących wody w utworach czwartorzędowych i starszych; 9 — zasięg występowania utworów solonośnych cechsztynu; 10 — obszar występowania podłoża krystalicznego na głębokości do 500 m od powierzchni terenu; 11 — punkty (otwory wiertnicze) dokumentujące

Top of mineral waters (depth below mean sea level in m) deposits: 1 — Quaternary, 2 — Tertiary, 3 — Cretaceous, 4 — Jurassic, 5 — Cambrian; 6 — boundaries of elevated structures: I — Mazury — Suwałki elevation, II — Kujawy — Pomeranian swell; 7 — areas where Quaternary deposits are over 100 m thick; 8 — extent of continuous series of clay Pliocene deposits separating waters of Quaternary and older deposits; 9 — extent of salt bearing Zechstein deposits; 10 — area of occurrence of crystalline basement at depths less than 500 m below terrain surface; 11 — reference points (boreholes)

i „przepłukiwanie” pewnych rejonów, nawet w sąsiedztwie ekranów hydrochemicznych, oddzielających te rejony od płytkiego zasolenia.

Pionowa zmienność mineralizacji. Wzrost mineralizacji poniżej granicy wód słodkich i mineralnych następuje często dość szybko, co widoczne jest na wykresach (fig. 2). Jako przykład podać

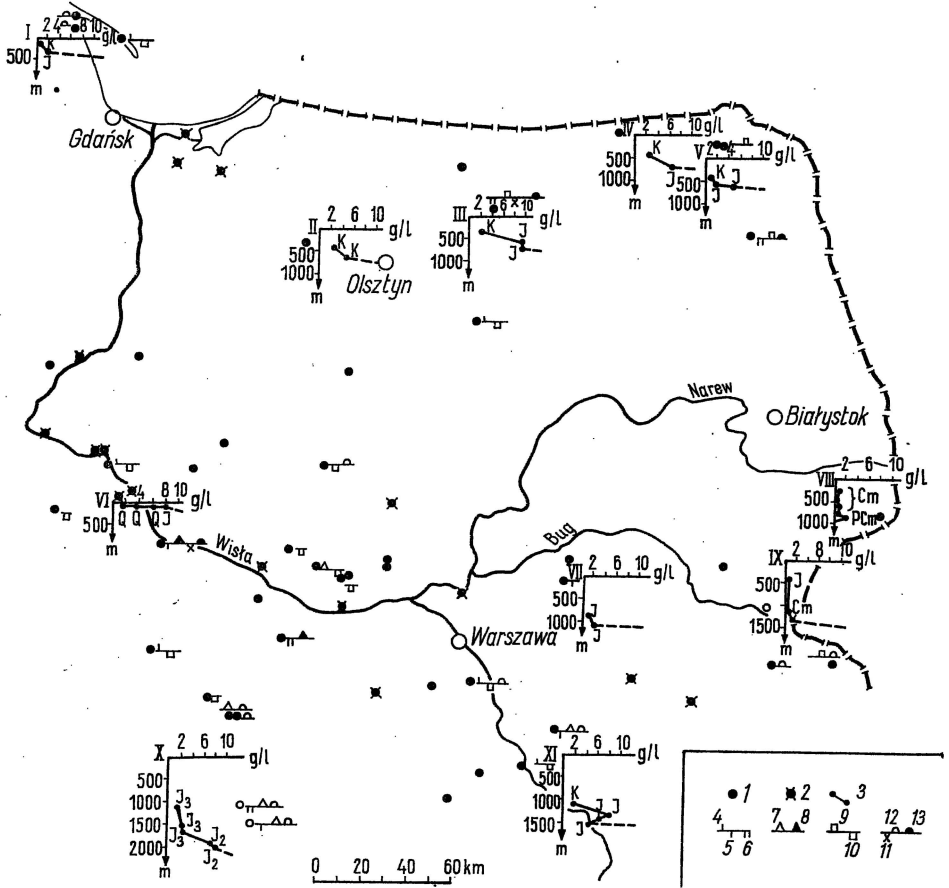


Fig. 2. Skład chemiczny wód mineralnych w przystropowej strefie ich występowania
Chemical composition of uppermost mineral waters

1 — punkty (otwory) dokumentujące pełny skład chemiczny wód; 2 — z brakiem kompletnej danych o składzie chemicznym wód; 3 — zmiana mineralizacji wód wraz z głębokością (symbole oznaczają wiek utworów, w których występują wody: Q — czwartorzęd, K — kreda, J₃ — Jura górna, J₂ — jura środkowa, J — jura ogólnie, Cm — kambry, PCm — prekambry); zawartości składników chemicznych odbiegające od przyjętych za typowe (w % mvali): 4 — Cl⁻ ponad 90; 5 — Cl⁻ 20–50; 6 — Cl⁻ 10–20; 7 — SO₄²⁻ 20–50; 8 — SO₄²⁻ 50–75; 9 — HCO₃⁻ 50–90; 10 — HCO₃⁻ poniżej 10; 11 — Na⁺ 20–50; 12 — Ca²⁺ 20–50; 13 — Ca²⁺ 50–75

1 — points (boreholes) with complete information on chemical composition of waters; 2 — incomplete information on chemical composition of water; 3 — change in mineralization of waters along with depth (symbols referring to the age of deposits in which the waters occur: Q — Quaternary, K — Cretaceous, J₃ — Upper Jurassic, J₂ — Middle Jurassic, J — Jurassic undivided, Cm — Cambrian, PCm Precambrian); content of chemical components deviating from that accepted as typical (in % mvals): 4 — Cl⁻ over 90; 5 — Cl⁻ 20–50; 6 — Cl⁻ 10–20; 7 — SO₄²⁻ 20–50; 8 — SO₄²⁻ 50–75; 9 — HCO₃⁻ 50–90; 10 — HCO₃⁻ less than 10; 11 — Na⁺ 20–50; 12 — Ca²⁺ 20–50; 13 — Ca²⁺ 50–75

można punkty oznaczone numerami I, V, VI, VII, IX. W większym nieco przelocie, kilkuset metrów, następuje wzrost stężeń do ok. 10 g/l w punktach II, III, IV, X. Ostatni stanowi pewien wyjątek, gdyż potrzeba tam aż 1000 m, żeby stężenie wzrosło z ok. 1 do ok. 10 g/l. Wykres XI

pokazuje podobny interwał głębokościowy, przy czym chwilowy spadek mineralizacji wraz z głębokością („inwersja” hydrochemiczna) nie jest pewny jako zjawisko naturalne.

Odchylenia od typowego składu wód mineralnych. Dysponując danymi hydrochemicznymi z 47 punktów, dokonano próby określenia typowego składu wód mineralnych w stropie ich występowania. Rozporządzenie wynikami analiz nie zawsze ściśle odpowiadającymi mineralizacji przyjętej jako granicznej, a także chwiejność składu wód towarzysząca z reguły słabym stężeniom, skłoniły do przyjęcia dość szerokich interwałów „typowości” dla poszczególnych jonów. I tak kolejno: dla Cl^- typowy interwał ustalono na 50—90% mvali, przy czym najczęściej spotykano ilości w granicach 50—75, dla SO_4^{2-} — poniżej 20 (najczęściej poniżej 10), dla HCO_3^- — 10—50, chociaż w wielu punktach ilość tego jonu spada poniżej 10% mvali. Z kationów dla Na^+ typowe są wartości powyżej 75, z reguły do 95, a 1/5 punktów wykazuje 50—75% mvali; dla Ca^{2+} i Mg^{2+} najczęściej spotykane ilości nie przekraczają 20, a nawet 10, przy czym Ca^{2+} spotyka się czasem w przedziale 20—50% mvali.

Na mapie (fig. 2) zaznaczono dla poszczególnych jonów wartości wykraczające poza tak szeroko zakrojone interwały. Jak można łatwo zorientować się, w przypadku Cl^- i HCO_3^- występują odchylenia dwukierunkowe, dla SO_4^{2-} oraz kationów — tylko jednokierunkowe.

Występowanie wód mineralnych typowych i z odchyleniem nie wykazuje regularności regionalnej. Większe ilości Cl^- pojawiają się zarówno w strefach płytkiego występowania wód mineralnych, jak i głębokiego. Jon siarczanowy wiąże się z reguły z obecnością osadów gipsonośnych i bogatych w siarczki. Zawartość ponad 50% mvali SO_4^{2-} stwierdzona została w dwóch przypadkach w strefie tego typu utworów. Spotykany tylko w minimalnych ilościach jon HCO_3^- wskazuje na zdecydowany wpływ mineralizacji chlorkowej pochodzącej z podłoża. Nieliczne przypadki odchylenia „dodatnich” tego jonu, powyżej 50, a nawet 75% mvali, wystąpiły sporadycznie na NE i E. Składnik ten wykazuje szybki spadek wraz z głębokością poniżej stropu mineralizacji.

Zawartość Na^+ , poza wodami typowo siarczanowymi, utrzymuje się zawsze powyżej 50%; ilości poniżej 75% występują na SW i SE, również przy głębokim pojawianiu się wód mineralnych. Jon Ca^{2+} znajduje się w ilościach powyżej 20% sporadycznie w strefach tak płytszego, jak i głębszego położenia stropu tych wód, przy czym odpowiada mu z reguły podwyższona zawartość HCO_3^- . Odrębną pozycję zajmują wody typu $\text{SO}_4\text{-Ca}$. Jon magnezowy nie wykracza poza 20%, a w większości przypadków utrzymuje się poniżej 10% mvali. Jon ten daje charakterystyczne różnice przestrzenne dopiero w głębszych strefach.

Interpretacja odchyleń. Przy interpretacji genetycznej zaobserwowanych odchyleń dwa czynniki wysuwają się jako pierwszoplanowe. Podwyższona zawartość SO_4^{2-} wynika na naszym obszarze przede wszystkim, jak wspomniano, z obecności osadów bogatych w związki siarki. Poza ich zasięgiem nie zauważa się powszechnie występującej strefy wód siarczanowych, która według klasycznych schematów stanowić powinna pośredni stopień pomiędzy wodami o typie HCO_3^- w górze, a Cl^- — głębiej.

Drugim czynnikiem, mniej wymiernym, jest stopień intensywności krążenia wód podziemnych, a więc szeroko pojętej ich wymiany o aspekcie hydrochemicznym. Wzrost aktywności tej wymiany powiększa na ogół udział HCO_3^- , głównego elementu płytkich wód podziemnych, pozostających w kontakcie z atmosferą, a także Ca^{2+} . Na opisanym obszarze występują dodatnie „anomalie” HCO_3^- także przy głębokim pojawianiu się mineralizacji wód, a więc tam, gdzie trudno byłoby dopatrywać się aktywnego współcześnie krążenia wód. Wyjaśnienia szukać należałoby tam w warunkach paleohydrogeologicznych, a więc byłaby to pozostałość dawnego „wysłodzenia” wód w pierwotnie zasolonych zbiornikach. Ustąpienie wód słonych wynikało z procesów tektonicznych o charakterze wydzwignięć. Zjawiska o przeciwnym kierunku, a zatem zasalanie płytkich wód podziemnych, również są efektem ruchów tektonicznych, między innymi wywołujących przekształcenia halokinetyczne.

Decydujący wpływ tektoniki na kształtowanie się stropu wód mineralnych upoważnia do odwrócenia toku rozumowania i przypisywania niektórych odchyżeń i anomalii hydrochemicznych określonej ewolucji tektonicznej obszaru. Ewolucja ta rozwija się w różnych etapach, ze współczesnym włącznie. Taki tok rozumowania wymaga jednak obfitszego materiału analitycznego oraz kompleksowego potraktowania badań w wybranych rejonach. Już teraz jednak regionalne opracowania hydrochemiczne posłużyć mogą geologom-tektonikom do identyfikowania założonych i przypuszczalnych struktur. Pewien udział przypisać może w tym interpretacji wyników badań charakteru wód mineralnych w strefie stropu ich występowania.

Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 4 stycznia 1977 r.

БЫРЬЛЬ КОЛЯГО, Зенобиуш ПЛОХНЕВСКИ

ЦХАРАКТЕР МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В КРОВЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ НА СЕВЕРОВОСТОКЕ ПОЛЬШИ

Резюме

Северо-восток Польши охватывает несколько структурных элементов. Наиболее выделяющимися являются: приподнятая часть докембрийской платформы (фиг. 1, I), Поморско-Куявский вал (антиклиналь, фиг. 1, II), а также разделяющая эти приподнятые структуры, синклираль вместе с Прибалтийской синеклизой.

Кровля залегания минеральных вод на рассматриваемой территории находится на различных глубинах, начиная с поверхности земли на ЮЗ до глубины свыше 1200 м на ЮВ (фиг. 1). Эта кровля находится в различных породах: четвертичных, третичных, меловых,

юрских, а на ЮВ даже в кембрии. Рост минерализации от кровли вниз по разрезу происходит очень быстро, как в случае мелкого положения кровли, так и при глубоком ее залегании (фиг. 2 — графики I—XI). Самое мелкое появление минеральных вод связано с сильно нарушенными соленосными отложениями цехштейнового бассейна; появление минеральных вод на больших глубинах наблюдается на ограниченных площадях также в пределах структур типа бассейнов.

По частоте залегания вод определенных типов установлен стандартный состав минеральных вод в кровельной части их залегания, причем на карте показаны отклонения от него по отдельным главным ионам; по магнию существенных отклонений не наблюдалось. Принимая во внимание низкую минерализацию, типичные значения приняты в виде больших интервалов. Так для: Cl—50—90, SO_4^{2-} менее 20, HCO_3^- 10—50, Na^+ свыше 75, Ca^{2+} и Mg^{2+} менее 20% мг. экв. При общем преобладании вод типа Cl-Na наблюдаются большие локальные отклонения, которые могут быть связаны с залеганием гипсоносных и сульфатных пород или с дифференциацией интенсивности циркуляции вод. Некоторые аномалии можно считать показателями минувших и современных тектонических процессов.

Cyril KOLAGO, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI

CHARACTER OF MINERAL WATERS AT THEIR SURFACE IN THE NORTH-EASTERN PART OF POLAND

Summary

The north-eastern part of Poland belongs to different structural elements. The most evident ones are: elevated part of Precambrian platform (Fig. 1, I), the Kujavian-Pomeranian swell (II) and a depression dividing these elevated structures with the Peri-Baltic syncline. The surface separating mineral and fresh waters is found at the depths ranging from 0 m in SW to more than 1200 m in SE part of this area (Fig. 1). This surface continues in different stratigraphic units: Quaternary, Tertiary, Cretaceous, Jurassic and even Cambrian formations on the south-east (Fig. 1). The mineralization of water grows below the separating surface rather quickly, in shallow position of mineral waters as well as in the deep one (Fig. 2 — diagrams I—XI). The shallowest occurrence of mineral waters is connected with tectonically disturbed salt deposits. Their deepest position is met on limited spaces, also within the basin structures.

On the basis of the frequency of certain chemical features of the mineral waters at their surface the typical content is determined, the deviation from it for the particular ions being marked on the map (Fig. 2). The Mg content did not reveal noticeable deviations. Taking into consideration low water mineralization, typical values were chosen at large intervals, and so: Cl—50—90, SO_4^{2-} below 20, HCO_3^- 10—50, Na^+ above 75, Ca^{2+} and Mg^{2+} below 20% mvals.

At a general predominance of Cl—Na waters, local considerable deviations are noted, which can be connected with gypsum- and sulphid deposits, or with the differentiation in the intensity of water circulation. Some anomalies be treated as the reflexions of tectonic processes operating at present or in the past.

Translated by the authors