

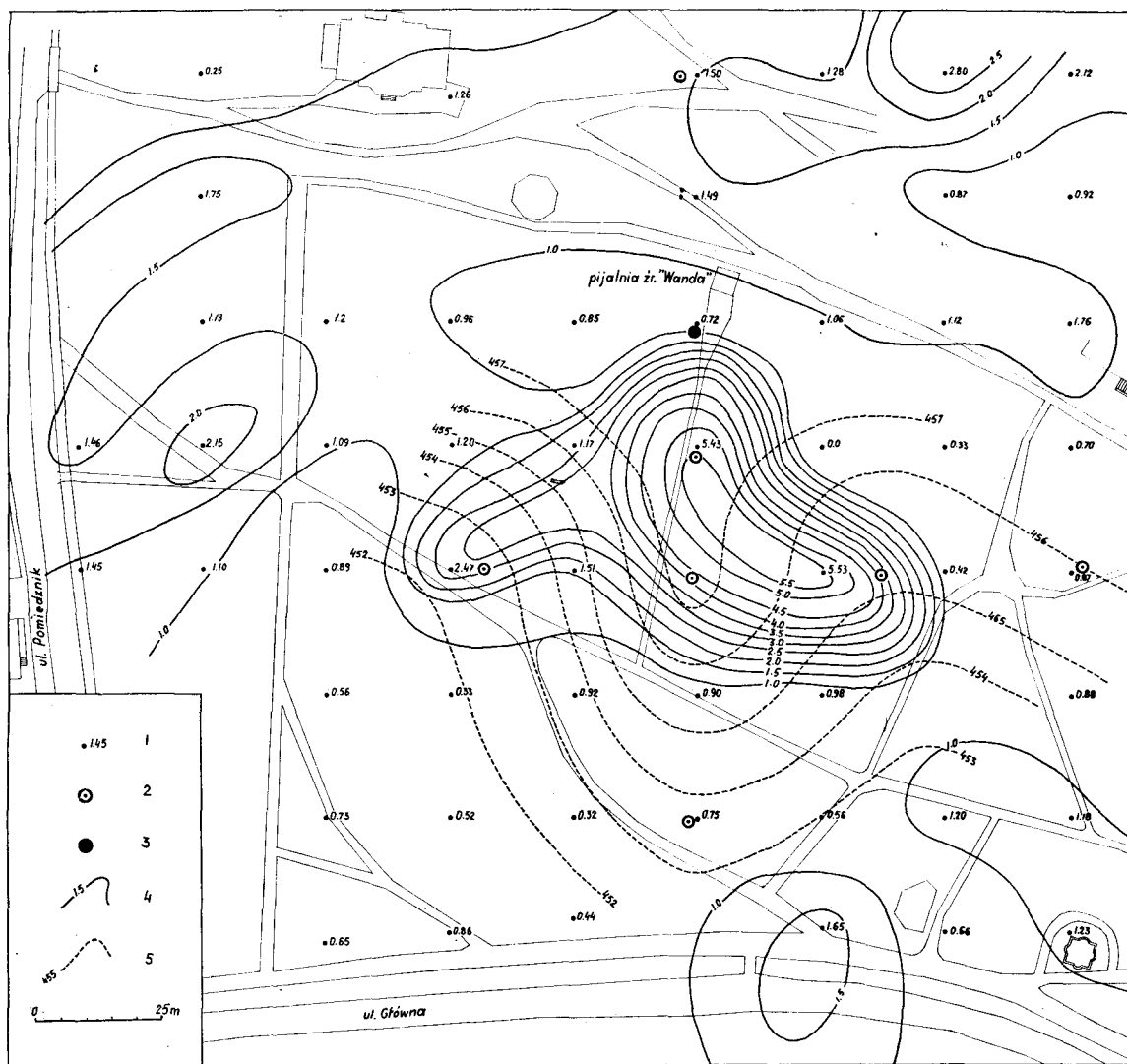
ZDJĘCIE GEOCHEMICZNE EKSHALACJI DWUTLENKU WĘGLA JAKO METODA POSZUKIWAŃ WÓD MINERALNYCH NA PRZYKŁADZIE SZCZAWNICY

UKD 550.8:528.94:550.4:550.848[CO₂]:551.491.55:553.71(438.312—202 Szczawnica)

Dla ustalenia warunków hydrogeologicznych występowania i perspektyw poszukiwawczych wód mineralnych regionu Szczawnicy, K. Birkenmajer przeprowadza od 1955 r. (z inicjatywy inż. I. Potockiego, głównego geologa Ministerstwa Zdrowia i Op. Społ.) systematyczne badania (1, 2, 7), których pierwszy etap objął szczegółowe zdjęcie w skali 1:5000, uzupełnione szybikami i płytkimi wierceniami w sąsiedztwie źródeł (częściowo na podstawie wcześniejszych projektów prof. J. Gołąba). Dla ustalenia przebiegu intruzji andezytowych (w miejscach zakrytych przez osady czwartorzędowe) zaprojektowano badania geofizyczne, z których wykonano zdjęcie magnetometryczne i profilowanie elektrooporowe (5, 6) oraz pomiary profilowe radioaktywności powietrza glabowego licznikiem G-M (mgr K. i J. Hubiccy).

Z kolei przystąpiono do badań geochemicznych (4) które w pierwszej fazie (1955—1956) objęły wskaźnikowe analizy chemiczne kilkudziesięciu studni i naturalnych wypływów wody (3). Większość tych wód okazała się wodami słodkimi, gdyż zawierały poniżej 1 g składników stałych w 1 l wody i nie wykazywały wymaganej w normach ilości składników farmakodynamicznie czynnych; 12 punktów obserwacyjnych wykazało podwyższone zawartości J⁻, dwa zaś — podwyższenie zawartości HCO₃⁻. Wykonane badania nie były wystarczające dla sporządzenia mapy geochemicznej Szczawnicy.

Jak wynika z dotychczasowych doświadczeń głównym indykátorem dla źródeł wody mineralnej (szczaw alkaliczno-słonnych) w Szczawnicy jest obecność dwutlenku węgla zarówno w stanie wolnym, jak też w



Ryc. 1. Wycinek mapy geochemicznej stężeń CO_2 w powietrzu glebowym na terenie Parku Dolnego w Szczawnicy

1 — punkty pomiarowe z podanym stężeniem CO_2 w procentach objętościowych, 2 — płytkie otwory badawcze, 3 — płytki otwór badawczy (PD-4) z nawierconą szczawą, 4 — izarytmy stężeń CO_2 w procentach objętościowych w powietrzu glebowym, 5 — hydroizohipsy (wg J. Radwana) zwierciadła wody gruntowej w m npm.

Fig. 1. Part of geochemical map of CO_2 concentrations in soil air within the Lower Park area at Szczawnica

1 — measuring points with CO_2 concentration in volume percentage, 2 — shallow test pits, 3 — shallow test pit (PD-4) with carbonated acidulous mineral water, 4 — isarithms of CO_2 concentrations in volume percentages in soil air, 5 — hydroisohypses (according to J. Radwan) of ground water table in m above sea level.

postaci jonu HCO_3^- . Ekshalacje CO_2 dają się wykryć i mierzyć w powietrzu glebowym pobranym w płytkich sondach, a wartości stężenia CO_2 w procentach objętościowych są podstawą do skonstruowania mapy geochemicznej ekshalacji CO_2 , wyjściowej dla dalszych poszukiwań wód mineralnych. Mając to na uwadze, w projekcie prac geochemicznych na terenie Szczawnicy, opracowanym w 1962 r. (K. Birkenmajer), wytypowano następujące najważniejsze obszary badań: Park Dolny, Potok Skotnicki, Potok Sopotnicki, Plac Dietla.

Obszar Parku Dolnego był specjalnie predestynowany do rozpoczęcia poszukiwań nowych wód mineralnych zarówno ze względu na warunki geologiczne, jak i dogodne warunki topograficzne i sytuację w uzdrowisku (luźna zabudowa). W tym rejonie ujęte są dwie szczawy (źródła „Szymon” i „Wanda”), w studniach gospodarczych zostały stwierdzone ślady mineralizacji, zaś z punktu widzenia rozpoznania geologicznego podłoża — był to jedyny obszar w Szczawnicy, gdzie (przed wojną) wykonano dwa nieco głębsze otwory wiertnicze (40,2 m i 106,50 m).

Projekt badań geochemicznych dla Parku Dolnego i jego najbliższego otoczenia przewidywał wykonanie regularnej siatki pomiarów ekshalacji CO_2 , z sondami co 25 m. W praktycznym wykonaniu, nie wszystkie punkty węzłowe siatki pomiarowej mogły być pomierzone, jak również w niektórych przypadkach zachodziła konieczność ich przesunięcia z powodu istniejących obiektów (budynki, droga asfaltowa, grupy drzew itp.).

ZDJEĆIE GEOCHEMICZNE

W 1963 r., z kredytów głównego geologa Min. Zdrowia i Op. Społ., został wykonany pierwszy etap zdjęcia geochemicznego Szczawnicy, na terenie Parku Dolnego i jego najbliższego otoczenia (T. Szura przy współpracy dr G. Pytasza oraz pracowników Katedry Mineralogii i Petrografii UJ pod kierunkiem A. Gawła). Pobrane w sondach glebowych (o głęb. 1–2 m) powietrze poddawano analizie chemicznej, stosując metodę miareczkowego oznaczania CO_2 . W

tym celu posłużono się adsorbacją CO_2 powietrza glebowego w mianowanym roztworze $\text{Ba}(\text{OH})_2$ i odmiareczkowaniem nadmiaru $\text{Ba}(\text{OH})_2$ wobec błękitu bromotymolowego jako wskaźnika. Dokładność oznaczeń wahała się w granicach 0,02—0,05% obj. Analizy poszczególnych próbek wykonywano przy całkowitym wyeliminowaniu sugerowania się, czy to planem sytuacyjnym sond, czy też znajomością uprzednio uzyskanych oznaczeń na próbkach sąsiednich. Dlatego też zarówno wynik analiz, jak i ich rozmieszczenie na planie sytuacyjnym, zostały uznane za pewne i miarodajne dla rozważań geochemicznych.

Wyniki analiz naniesiono na plan sytuacyjno-wysokościowy w skali 1:500 i na ich podstawie zostały skonstruowane linie izarytmiczne (ryc. 1) w następujących granicach procentów objętościowych CO_2 : 0—1; 1—1,5; 1,5—2; 2—2,5; 2,5—3; 3—3,5; 3,5—4; 4—4,5; 4,5—5. Najczęściej powtarzające się wartości do 1% CO_2 przyjęto jako tło geochemiczne badanego obszaru, odpowiadające przeciętnemu nasyceniu podglebia i gleby dwutlenkiem węgla, uznanym za powulkaniczne ekshalacje związane z trzeciorzędowymi intruzjami andezytów (1, 2, 3). Wartości wyższe od 1% CO_2 zostały objęte izarytmami o charakterze stycznym przebiegu, dzięki którym można było wyciągnąć wstępne wnioski o genezie i umiejscowieniu ekshalacji.

WSTĘPNA INTERPRETACJA WYNIKÓW ZDJĘCIA GEOCHEMICZNEGO

Jak wynika ze zdjęcia geochemicznego ekshalacje CO_2 skupiają się w dwóch krzyżujących się nawzajem systemach pól wydłużonych i równoległych do siebie, wyraźnie odbijających od tła geochemicznego. Jeden z tych systemów jest reprezentowany przez zwarte pasy (ryc. 1) o kierunku WSW-ENE, zbliżonym do kierunku dyslokacji równoleżnikowych na mapie geologicznej Szczawnicy (1, 2, 3). W obrębie tych pasów, a zwłaszcza w pasie północnym obserwuje się zdwojenie maksimum zawartości CO_2 w glebie i podglebiu. Drugi system pól zakreślonych izarytmami uклада się na planie sytuacyjnym w wydłużone plamy mniej lub bardziej porozrywane, miejscami jednak bardzo wyraźne, wzdłuż linii o kierunku SE-NW.

We wstępnej interpretacji wyników zdjęcia geochemicznego przyjmowano, że obraz uzyskany na mapie izarytm anomalii gazowych CO_2 może odpowiadać przecięciu się siatki dyslokacji oraz szczelin podłużnych i poprzecznych w stosunku do górotworu pienińskiego pasa skałkowego. Przebieg stref zwiększonych pojawów CO_2 może zatem pozostawać w zależności od elementów tektonicznych podłoża, natomiast większe miąższości utworów pokrywy czwartorzędowej, jak też lokalne stosunki hydrogeologiczne mogą wpływać jedynie na kształt izarytm. Odgrywać tu może rolę ekranujące działanie wody gruntowej na ekshalacje ze szczelin, znajdujących się pod pokrywą żwirów czwartorzędowych.

W obrazie geochemicznym przedstawionym na ryc. 1 zwracają uwagę wysokie wartości izarytm w sąsiedztwie pijalni źródła „Wanda” (do której woda mineralna doprowadzana jest rurociągiem o długości ok. 90 m z ujęcia źródłanego, znajdującego się na N od pijalni), gdzie maksimum CO_2 na krótkim odcinku przekracza czterokrotnie tło geochemiczne. Anomalia ta nie leży na przecięciu się walnych linii uskokiowych. We wstępnej interpretacji geochemicznej (A. Gawet i T. Szura) rozpatrywano wobec tego dwie możliwości wytłumaczenia pochodzenia tej anomalii: jako efekt obecności wglębnej intruzji andezytowej, dającej wzmogłą produkcję CO_2 lub też jako efekt infiltracji w obręb żwirów tarasowych zmineralizowanych wód uchodzących z rurociągu pijalni. Ta druga ewentualność wydawała się mniej prawdopodobna.

Powyższe dane stały się podstawą do opracowania w 1965 r. programu płytkich wierceń badawczych w Parku Dolnym (K. Birkenmajer). Wiercenia te, w liczbie ośmiu, usytuowano na dwóch liniach poszukiwawczych wzajemnie prostopadłych, których punkt przecięcia leżał na S od centrum najwyraźniejszej anomalii gazowej CO_2 obszaru Parku Dolnego (ryc. 1). Wiercenia miały dać odpowiedź na pytanie, z jakimi strukturami geologicznymi związane są wspomniane anomalie gazowe, jak również przez bliższe rozpoznanie miąższości nadkładu czwartorzędowego i charakteru litologiczno-stratygraficznego utworów podłoża dostarczyć danych do prawidłowej lokalizacji głębokiego otworu badawczego.

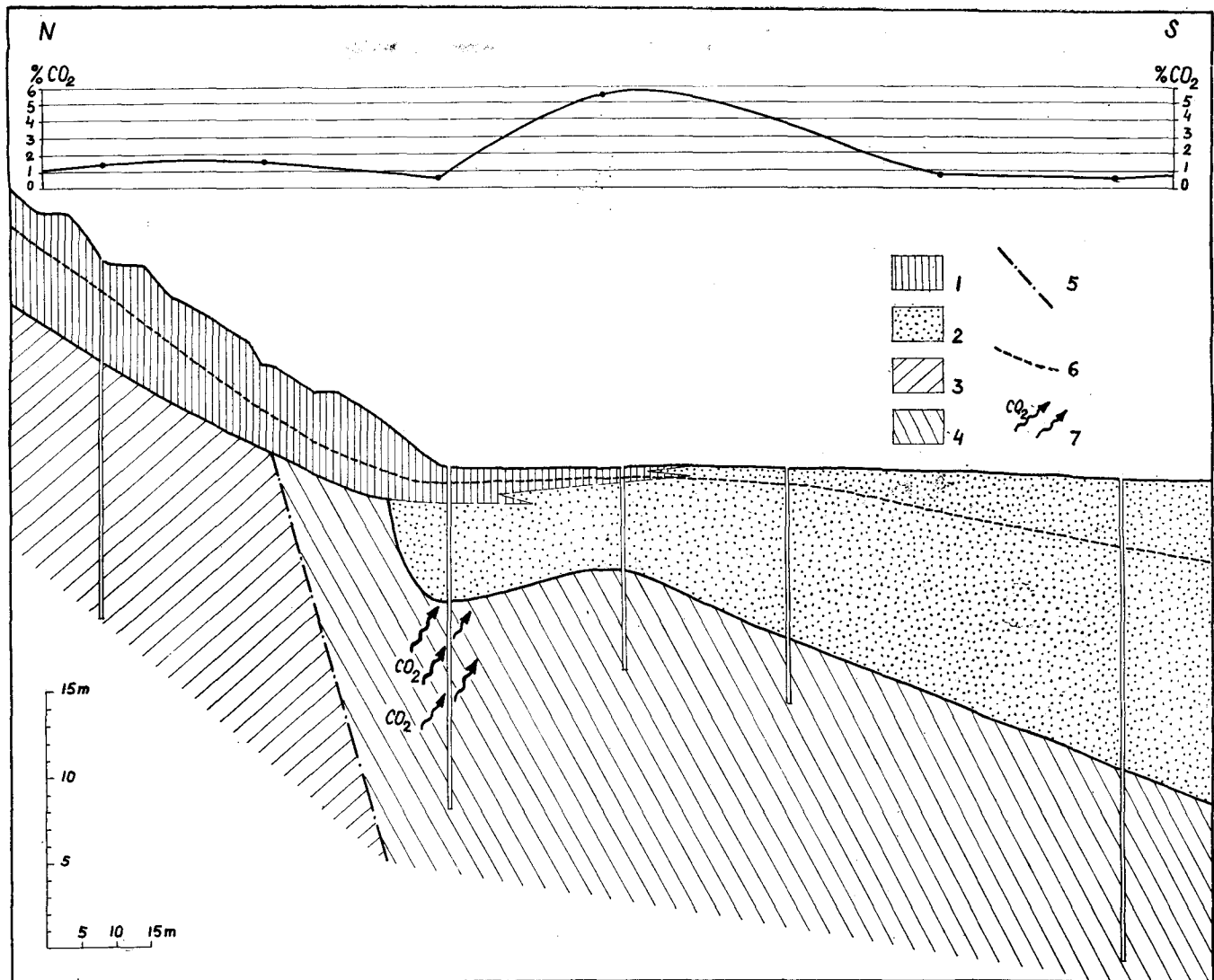
Zaplanowane otwory badawcze zostały odwierczone w 1966 r. z kredytów Ministerstwa Zdrowia przez Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne z Krakowa. Wody o mineralizacji przekraczającej normę dla wody pitnej stwierdzono w szeregu otworów, z których jeden (PD-4), o głębokości około 20 m, uzyskał efekt eksploatacyjny w postaci 0,74% szczawy wodorowęglanowo-chlorkowo-sodowo-jodkowej o wydajności około 25 l/min (przy depresji 12 m). Woda ta zawiera 7,37 g/l składników stałych i 1342 mg/l wolnego CO_2 (analiza Laboratorium Balneochemicznego i Mikrobiologicznego „Obsługi Technicznej Uzdrawisk”). Odwiert ten, który przekazano uzdrawisku, w 1967 r. poddano długotrwałym obserwacjom (insp. S. Damsé z „Obsługi Technicznej Uzdrawisk”) w celu ustalenia i zatwierdzenia zasobów eksploatacyjnych.

Wszystkie wykonane płytkie otwory badawcze po przebiegu utworów czwartorzędowych (o miąższości 6—17 m) weszły w skały podłoża, wśród których rozpoznano górnokredowe warstwy pstre (łupki) i warstwy jarmuckie (piaskowce i łupki) oraz paleogeńskie warstwy szczawnickie (piaskowce i łupki). W obszarze objętym wierceniami nie stwierdzono w podłożu obecności andezytu, natomiast interpretacja wyników geologicznych pozwoliła na uściślenie granic nasunięć poszczególnych łusek tektonicznych. Wpływ wody mineralnej z otworu PD-4, z piaskowców warstw jarmuckich, następuje w bliskim sąsiedztwie głównej dyslokacji (1, 2, 3) oddzielającej strefę południową, zbudowaną ze skał osadowych górnokredowych (z intruzją andezytu położoną dalej ku S, od strefy północnej, zbudowanej ze skał osadowych paleogeńskich (z intruzjami andezytu położonymi dalej ku N). Można stąd wnosić, że ta właśnie strefa dyslokacji jest przede wszystkim odpowiedzialna za występowanie anomalii gazowej CO_2 , stwierdzonej badaniami geochemicznymi (ryc. 2).

Jak wynika z badań hydrogeologicznych (mgr inż. J. Radwan, Przeds. Hydrogeolog w Krakowie) na terenie objętym pracami wiertniczymi występują dwa poziomy wodne: w utworach czwartorzędowych i w utworach podłoża (kreda, paleogen), między którymi brak jest ciągłej warstwy izolującej. Woda z utworów czwartorzędowych i podłoża stabilizowała się na podobnych głębokościach, różniących się od siebie przeważnie o kilkanaście centymetrów. Zwierciadło wody było w większości swobodne.

Z układu hydroizohips (ryc. 1), których kształt stanowi z grubsza replikę niewielkiego garbu podłoża wynika, że spływ wód odbywa się w kierunku S (SSE) i SW. Ten właśnie czynnik, jak też pokrywa glin tarasowych (ryc. 2), wyklinowujących się ku S, wywołuje przesunięcie ku S i deformację (w kierunku SW i SE) najsilniejszej anomalii gazowej CO_2 Parku Dolnego.

Przykład powyższy wskazuje na ścisłą korelację, jaka może zachodzić między kształtem i gradientem powierzchni zwierciadła wód gruntowych w utworach tarasowych, a kształtem oraz położeniem przestrzennym anomalii gazowych CO_2 , przy ekranującym działaniu nieciągłej pokrywy gliniastej na wodonośnych żwirach. Rozpoznanie przyczyn deformacji i rozmieszczenia anomalii gazowej może dać zatem cenne



Ryc. 2. Uproszczony przekrój geologiczny przez płytke otwory badawcze w Parku Dolnym w Szczawnicy. Wykres ponad przekrojem odnosi się do stężeń CO_2 w procentach objętościowych w powietrzu glebowym

1 — gliny zwietrzelinowe i soliflukcyjne, 2 — żwirry tarasu plejstoceniowego, 3 — podłoże paleogeńskie, 4 — podłoże górnokredowe, 5 — przypuszczalny przebieg głównej dyslokacji między utworami górnokredowymi i paleogeńskimi, 6 — zwierciadło wód gruntowych, 7 — strefa dopływu wody mineralnej i ekshalacji CO_2 , zasilających otwór PD-4 i wodonośną warstwę żwirów tarasu plejstoceniowego.

Fig. 2. Simplified geological cross section through the shallow test pits in the Lower Park area at Szczawnica. The diagram above the cross section concerns the CO_2 concentrations in volume percentage in soil air

1 — weathered and solifluction tills, 2 — gravels of Pleistocene terrace, 3 — Palaeogene substratum, 4 — Upper Jurassic substratum, 5 — supposed direction of main dislocation between the Upper Jurassic and Palaeogene formations, 6 — ground water table, 7 — zone of mineral water inflow and of CO_2 exhalations feeding the bore hole PD-4 and the water-bearing bed of Pleistocene terrace gravels.

wskazówki dla prawidłowej lokalizacji wierceń w poszukiwaniu wody mineralnej wydzielającej wolny dwutlenek węgla.

Jako wskazówkę metodyczną przy wykonywaniu zdjęcia geochemicznego ekshalacji CO_2 na obszarach żwirowych pokryw akumulacyjnych, posiadających nieciągły, cienki nadkład glin, należy podnieść konieczność wykonywania, w miarę możliwości, sond nieco głębszych (w danym przypadku ponad 2 m) dla wyeliminowania wpływu ekranu gliniastego na kształt i lokalizację anomalii.

WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawione wyżej badania wykonane na terenie Szczawnicy pozwalają na wysunięcie następujących wniosków.

1. Metoda zdjęcia geochemicznego ekshalacji CO_2 jest w pełni przydatna dla poszukiwań nowych wód

mineralnych typu szczerw alkaliczno-słonnych. Pozwala ona na umiejscowienie ekshalacji nawet w przypadku małych ilości dwutlenku węgla i grubej pokrywy akumulacyjnej żwirów i glin;

2. Przy interpretacji zdjęcia geochemicznego ekshalacji CO_2 należy brać pod uwagę deformacje w kształcie i położeniu przestrzennym anomalii gazowych, wynikające z kierunku i gradientu spływu wód gruntowych (związanego z nachyleniem podłoża) oraz ekranującego działania glin, ilów itp. warstw nieprzepuszczalnych.

LITERATURA

1. Birkenmajer K. — Występowanie wód mineralnych na tle budowy geologicznej Szczawnicy. Prz. geol. 1956, nr 11.

2. Birkenmajer K. — Dajki andezytowe góry Bryjarki w Szczawnicy. *Prz. geol.* 1957, nr 2.
3. Birkenmajer K. — Z historii odkryć wód mineralnych Szczawnicy i Krościenka. *Prz. geol.* 1963, nr 7.
4. Jarocka A. — Źródła mineralne Szczawnicy. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 35 (3). 1965.
5. Małoszewski S. — Andezyty okolic Szczaw-

nicy na tle badań magnetycznych. *Prz. geol.* 1957, nr 9.

6. Małoszewski S. — Badania magnetyczne występowania andezytów. w okolicach Szczawnicy. *Prace geol. (Kom. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie)*, 10. 1962.
7. Potocki I. — Technika zdrojowa w Szczawnicy. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 35 (3), 1965.

SUMMARY

A geochemical method of measuring CO₂ content in soil air was applied at Szczawnica, Carpathians, to prospect acidulous mineral waters. This method proved to be effective even in the case of a very low CO₂ content in the soil. The authors discuss the factors which may influence the location and shapes of CO₂ anomalies, as shown by geochemical map: the direction and gradient of ground water flow in permeable terrace gravel, and the screen effect of impermeable terrace clays against carbon dioxide exhalations.

РЕЗЮМЕ

Для поисков углекислых минеральных вод в окрестности Щавницы в Карпатах был применен метод определения углекислоты в почвенном воздухе. Этот метод дал положительные результаты даже в условиях незначительных концентраций CO₂ в воздухе почв. Авторы обсуждают значение факторов, обуславливающих пространственное распределение и форму аномалий CO₂, изображенных на геохимической карте. К таким факторам относятся направление и градиент стока подземных вод в водопроницаемых гравиевых отложениях террас и эффект экранирования выделений CO₂ непроницаемыми глинами в террасах.