

CHEMIZM WÓD ZE ŹRÓDEŁ WYSTĘPUJĄCYCH NA OBSZARZE WARSZAWY

UKD 551.497.1:551.491.4(438.111)

W Zakładzie Hydrogeologii Instytutu Geologicznego w latach 1964 — 1966 prowadzono badania warunków występowania żelaza i manganu w wodach podziemnych utworów czwartorzędowych na obszarze północnej Polski. W ramach tych prac przeprowadzono m. in. badania składu chemicznego wód pobranych z 47 źródeł i wysięków na tym terenie. Wśród źródeł znalazły się również wszystkie naturalne wypływy na terenie Warszawy.

Ogólnie przyjętymi metodami chemii analitycznej w badanych wodach oznaczano: węglany, siarczany, chlorki, wapń, magnez, żelazo, mangan i suchą pozostałość. Takie składniki, jak: sód, potas, azotyny, azotany i amoniak oznaczano tylko sporadycznie. Większość analiz wód wykonana została w Zakładzie Hydrogeologii Instytutu Geologicznego.

Wspomniane badania przeprowadzone były wielokrotnie, ale z braku miejsca w artykule podano tylko niektóre wyniki. W tabeli I zestawiono jedynie maksymalne, minimalne i średnie zawartości poszczególnych składników chemicznych. Sezonowe zmiany składu wód w okresie prowadzonych obserwacji ilustruje ryc., dotycząca źródła na terenie Uniwersytetu Warszawskiego przy Krakowskim Przedmieściu.

Stacja Sanitarно-Epidemiologiczna dla m. st. Warszawy na zlecenie Instytutu Geologicznego wykonała badania bakteriologiczne wód, pobranych ze źródeł warszawskich w dniu 17 III 1966 r. Wyniki tych badań zestawiono w tabeli II. Wody źródeł warszawskich nie są obecnie wykorzystywane i w związku z tym ich skład chemiczny nie był dotychczas systematycznie badany. Skład chemiczny i aktualny stan sanitarny wód większości tych źródeł uniemożliwia ich wykorzystanie również w przyszłości.

Obserwacje wydajności i temperatury wody niektórych z omawianych źródeł prowadzi od kilku lat Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny. Dostępne materiały w tym zakresie zostały wykorzystane przez autorów niniejszego opracowania.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ I SKŁADU CHEMICZNEGO WODY

Istnienie kilku źródeł w obrębie Warszawy wiąże się z lewobrzezną skarpią Wisły. Dawniej źródeł było więcej. Występowały one nie tylko w obrębie skarpy, ale i na obszarze erozyjnego tarasu. Np. w 1606 — 1607 r. przy ul. Długiej róg Leszna ujęto obfite źródła dla potrzeb miasta. Woda z ujęcia doprowadzona była drewnianymi rurami do Starego Miasta (4).

Podobnie ze źródeł przy ul. Karmelickiej czerpano wodę do wodociągu staromiejskiego. Na niewielkim placu na Starym Rynku przy ul. Wąski Dunaj wypływało źródło, od którego brał swój początek strumień płynący do ul. Mostowej; źródło to zostało również ujęte. Znane też było źródło koło kościoła na ul. Bema — obecnie zasypane. Przy ul. Rudzkiej, na Marymoncie, w obniżeniu erozyjnym, gdzie obecnie występują wysięki dawniej były bardziej obfite naturalne wypływy wody.

Wspomniane wyżej źródła zanikły głównie z powodu osuszenia górnej warstwy wodonośnej w wyniku zabudowy miasta.

Na Mokotowie w sąsiedztwie Królikarni taras warszawski kończy się stromą skarpią, u stóp której występują trzy źródła: przy ul. Obserwatorów róg Pływieńskiej, ul. Idzikowskiego, ul. Piaseczyńskiej

Tabela I

MAKSYMALNE, MINIMALNE I ŚREDNIE ZAWARTOŚCI POSZCZEGÓLNYCH SKŁADNIKÓW CHEMICZNYCH
W WODACH ZE ŹRÓDEŁ WARSZAWSKICH *

(Wszystkie składniki podano w mg/l, a twardość w mval/l)

Nazwa i adres źródła	Twar- dość ogólna	Wapń	Magnez	Zelazo ogólne	Mangan	Chlorki	Siar- czany	Węgla- ny	Sucha pozost- ałość
Źródło przy ul. Obserwatorów róg Płyćwiańskiej	ilość oznaczeń	14	14	14	18	17	14	14	13
	zawartość maksymalna	6,54	107	27	1,57	0,59	38	77	418
	„ minimalna	4,78	66	9	0,97	0,20	20	54	348
	„ średnia	6,28	99	16	1,32	0,30	25	62	386,5
Źródło przy ul. Idzikowskiego	ilość oznaczeń	11	11	11	16	16	11	11	11
	zawartość maksymalna	8,40	136	20	0,22	0,10	51	142	570
	„ minimalna	8,03	131	17	0,00	0,00	40	122	510
	„ średnia	8,21	134	19	0,03	0,03	48	132	536
Źródło przy ul. Piaseczyńskiej róg Jaworowskiej	ilość oznaczeń	14	14	14	18	17	14	14	14
	zawartość maksymalna	14,44	238	35	0,16	0,07	139	246	943
	„ minimalna	11,10	180	7	0,00	0,00	114	210	728
	„ średnia	13,29	217	30	0,01	0,00	125	227	858
Źródło przy ul. Agrykoli	ilość oznaczeń	18	18	18	35	35	20	18	18
	zawartość maksymalna	6,83	109	17	1,80	0,79	42	129	460
	„ minimalna	4,40	70	12	0,75	0,44	30	68	360
	„ średnia	6,14	100	14	1,26	0,63	36	86,5	405
Źródło na terenie UW („studnia”)	ilość oznaczeń	14	14	14	19	18	16	14	14
	zawartość maksymalna	31,05	494	78	0,12	1,25	413	791	2414
	„ minimalna	26,20	430	57	0,00	0,64	390	737	2228
	„ średnia	28,29	451	72	0,02	1,05	399	754	2326
Źródło na terenie UW („rurka”)	ilość oznaczeń	18	18	18	22	20	19	18	18
	zawartość maksymalna	26,46	412	76	0,07	0,85	308	658	2227
	„ minimalna	22,53	358	43	0,00	0,55	283	599	1800
	„ średnia	23,89	377	62	0,01	0,68	297	644	1957
Źródło Stanisława Augusta przy ul. Zakroczymskiej	ilość oznaczeń	14	15	15	19	19	15	16	15
	zawartość maksymalna	14,92	232	41	0,20	0,66	117	290	1106
	„ minimalna	11,90	189	22	0,00	0,50	99	234	888
	„ średnia	13,16	207	35	0,01	0,58	108	269	994
Źródło przy ul. Gwiaździstej	ilość oznaczeń	18	18	18	22	19	18	18	18
	zawartość maksymalna	8,15	135	19	0,08	0,00	36	116	584
	„ minimalna	6,56	114	5	0,00	0,00	26	85	378
	„ średnia	7,53	126	15	0,01	0,00	30	102	473

* W zestawieniu uwzględniono tylko materiały Zakładu Hydrogeologii IG.

WYNIKI BADAŃ BAKTERIOLOGICZNYCH I ZWIĄZKÓW AZOTU

(PROBKI POBRANE 17 III 1966 R.)

Nazwa lub adres źródła	Ogólna liczba kolonii w 1 ml wody na żelatynie po 48 godz. w temp. 20°	Ogólna liczba kolonii w 1 ml wody na agarze po 24 godz. w temp. 37°C	Miano Coli	Azo- tyny mg/l	Azo- tany mg/l	Amo- niak mg/l
Źródło przy ul. Obserwatorów róg Pływieńskiej	69	47	powyżej 100	—	—	—
Źródło przy ul. Idzikowskiego	16	8	33	—	—	—
Źródło przy ul. Piaseczyńskiej róg Jaworowskiej	2	2	powyżej 100	śl.	6	0,0
Źródło przy ul. Agrykoła	34	1	powyżej 100	—	—	—
Źródło ujęte rurką na terenie Uniwersytetu Warszawskiego przy Krakowskim Przedmieściu	10	7	powyżej 100	0,1	13	0,0
Źródło ujęte studnią na terenie Uniwersytetu Warszawskiego przy Krakowskim Przedmieściu	25	8	16	0,1	śl.	0,0
Źródło Stanisława Augusta przy ul. Zakroczymskiej	110	1	8	0,2	18	0,0
Źródło przy ul. Gwiaździstej	96	52	25	śl.	89	0,0

oraz liczne wysięki. One to powodują, że rejon między ul. Idzikowskiego a ul. Żywnego jest miejscami zabagniony i porośnięty roślinnością charakterystyczną dla błot. Warstwę wodonośną tworzą piaski grube, średnie i drobnoziarniste miejscami mułkowate. W ich stronie występują gliny piaszczyste leżące na znacznym obszarze. Warstwę podścielającą, po której spływa woda podziemna zasilająca źródła i wysięki stanowią gliny piaszczyste.

Źródło przy ul. Obserwatorów róg Pływieńskiej występuje w skarpi rowu biegnącego wzdłuż ul. Obserwatorów. Woda wypływa z rury kamionkowej i wsiała częściowo w dno rowu. Obecna obudowa źródła nie pozwala na dokładny pomiar jego wydajności, którą wizualnie ocenia się na ok. 20—30 l/min. Kilkakrotne pomiary temperatury wody z tego źródła wykazały jej wahanie w granicach 8 — 10°C.

Przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że woda tego źródła należy do typu wodorowęglanowo-wapniowego o suchej pozostałości w granicach 348 — 418 mg/l. Woda zawiera znaczne ilości żelaza, wahające się w okresie badań od 0,97 do 1,57 mg/l. Od tych zawartości odbiegają analizy wykonane przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Warszawie (0,01—0,15 mg/l), które dotyczą, jak się wydaje tego samego źródła chociaż lokalizacja określona jest odmiennie (ul. Bocheńska róg Pływieńskiej). Ilość manganu waha się w granicach 0,20 — 0,59 mg/l, ale zazwyczaj wynosi 0,2 — 0,3 mg/l. Zawartości żelaza i manganu wykazują znacznie większe wahania niż jony główne. Ogólnie jednak skład chemiczny wody nie wykazuje wyraźnie uchwytanych zmian sezonowych.

Badania bakteriologiczne nie wykazały większych zanieczyszczeń i woda może być używana do potrzeb pitnych i gospodarczych (tab. II).

Źródło przy ul. Idzikowskiego wypływa u podnóża skarpy poniżej Muzeum X. Dunikowskiego (Królikarnia). Dawniej był to wypływ z rurki w niewielkim zagłębieniu terenu. Jesienią 1965 r. wykonana została betonowa obudowa tego źródła, woda nie jest jednak wykorzystywana. Źródło i występujące w sąsiedztwie wysięki tworzą w tym rejonie niewielkie zabagnienie u podnóża skarpy. Pomiary wykonane przez Zakład Hydrogeologii Instytutu Geologicznego wykazują, że wydajność źródła wynosi 47 — 57 l/min., zaś temperatura wody waha się w granicach 7 — 10,5°C.

Analizy chemiczne wody wykazały, że wśród anionów zdecydowanie przeważa jon wodorowęglanowy, którego zawartość waha się w granicach 304 — 317 mg/l. Siarczany występują w podwyższonych ilościach (122 — 142 mg/l), zaś chlorki osiągają 40 — 51 mg/l. Żelaza i manganu metodami analizy ilościowej zazwyczaj nie udawało się oznaczyć i tylko w kilku przypadkach ustalono 0,03 — 0,22 mg/l żelaza i 0,06 — 0,10 mg/l manganu. W porównaniu z innymi źródłami warszawskimi woda tego źródła charakteryzuje się średnią mineralizacją.

Źródło przy ul. Piaseczyńskiej wypływa u podnóża skarpy i ujęte jest stalową rurką wbudowaną w ściankę z cegły. Woda ze źródła jest niekiedy pobierana przez okolicznych mieszkańców. Pomiary wykonane przez autorów wykazały, że wydajność wynosi zazwyczaj 8 — 9 l/min., zaś temperatura wody 6,0 — 10,5°C.

Wyniki 14 rozszerzonych analiz chemicznych, wykonanych w Instytucie Geologicznym oraz 4 analiz wykonanych przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną, wykazują, że woda tego źródła charakteryzuje się podwyższoną mineralizacją ogólną (728 — 943 mg/l suchej pozostałości) oraz zwiększoną ilością chlorków (114 — 139 mg/l) i siarczanów (210 — 246 mg/l). Badania Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w latach

1963 — 1964 wykazały zawartości chlorków w granicach 50,1 — 92,8 mg/l. Można więc sądzić, iż proces zanieczyszczenia tych wód postępuje intensywnie (przyjmując, że analizy te rzeczywiście dotyczą tego samego źródła). Zdecydowana większość wykonanych analiz nie wykazała obecności lub też stwierdzono tylko ślady zawartości żelaza i manganu. Tylko w trzech przypadkach stwierdzono 0,06 — 0,16 mg/l żelaza i w jednym przypadku 0,07 mg/l manganu. Bardzo zmienne ilości tych składników wykazały czterokrotne badania Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej. Badania bakteriologiczne próbki wody pobranej 17 III 1966 r. wykazały, że może być ona używana do potrzeb pitnych.

Źródło przy ul. Agrykoli wpływa na łagodnie opadającym zboczysku wysoczyzny. Kolektorem wody są piaski wodnolodowcowe i zastoiskowe o granulacji od pylastych do grubych, zaś w nadkładzie występują gliny zwałowe. Bliżej krawędzi wysokiego brzegu, o złagodnym w tym miejscu spadku, zalega płat ilów i mułków zastoiskowych. Przy źródle odślaniają się ility, mułki i piaski pliczeńskie. Źródło posiada obudowę dekoracyjną z bocznym odpływem w postaci rurki. Wydajność jego i temperatura wody ulegają dużym wahaniom. Przypuszcza się, że zmiany wydajności związane są głównie ze zmniejszeniem przepustowości rur wyprowadzających wodę, czego przyczyną są związki żelaza i wapnia wytrącające się w osad wewnątrz tych rur (po oczyszczeniu rur obserwuje się gwałtowny przyrost wydajności). Nie można oczywiście wykluczyć, że zmiany wydajności związane są również z opadami atmosferycznymi.

Woda omawianego źródła w ubiegłym stuleciu uznawana była za żelazistą. Przeprowadzone obecnie badania pozwalają stwierdzić, że zawartość żelaza w wodzie waha się od 0,75 do 1,8 mg/l, a więc pozostaje znacznie poniżej normy dla leczniczych wód żelazistych (10 lub nawet 20 mg/l). Związki tego składnika nadają jednak tej wodzie charakterystyczny żelazisty smak, a przy zetknięciu się wody z powietrzem powstaje żółtobrunatna zawiesina wodorotlenku żelaza. Poza źródłem przy ul. Obserwatorów i niektórymi wysiękami jest to drugi naturalny wpływ wód podziemnych na terenie Warszawy o tak znacznych ilościach żelaza (tab. I).

Należy podkreślić, że zawartość żelaza ulega dużym wahaniom w krótkich odcinkach czasu. Potwierdzają to przeprowadzone przez autorów codzienne w ciągu tygodnia oznaczenia tego składnika. Na zmiany te znaczny wpływ mają wspomniane wyżej duże wahania wydajności źródła, okresowe czyszczenie rury doprowadzającej wodę oraz intensywnie wytrącanie się żelaza w osad przy wypływie wody na powierzchnię. W tych warunkach możliwe jest zniekształcenie wyników oznaczenia Fe przez trudności w pobraniu próbki wody o naturalnej jego zawartości (np. wzrost żelaza przez pobranie próbki z zawiesiną wodorotlenku żelaza). Na marginesie wspomnieć wypada, że ustalone badania PIHM w latach 1961 i 1962 ilości żelaza w wysokości 3,0 i 8,0 mg/l odbiegają od uzyskanych przez autorów i nie można wykluczać, że spowodowane to jest wymienionymi wyżej przyczynami.

Woda ze źródła przy ul. Agrykoli zawiera również znaczne ilości manganu (0,44 — 0,79 mg/l). Podane wartości są ekstremalne, wahania zawartości manganu są znacznie mniejsze niż żelaza. Z tab. I wynika, że woda omawianego źródła należy do słodkich o średniej mineralizacji i składzie wodorowęglanowo-wapniowym, ze znacznym udziałem siarczanów i wysokiej zawartości żelaza i manganu.

Między składem wody (z wyjątkiem żelaza) a wydajnością źródła i temperaturą wody nie ma bezpośredniej zależności. Makroskładniki, poza siarczanami, utrzymują się w okresie obserwacji w zbliżonych ilościach. Badania bakteriologiczne wody pobranej 17 III 1966 r. wykazały, że nie budzi ona zastrzeżeń i w obecnym stanie może być używana do potrzeb pitno-gospodarczych (tab. II).

Źródła na terenie Uniwersytetu Warszawskiego przy Krakowskim Przedmieściu wiążą się z dolną

częścią skarpy wysoczyzny. Warstwę wodonośną podścielają gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego oraz ich rezyduala. W rejonie źródeł brak jest ciągłe pokrywy izolującej piaszczyste utwory wodonośne, a zbocze skarpy pokryte jest grubą warstwą utworów holocenijskich (nasypowych).

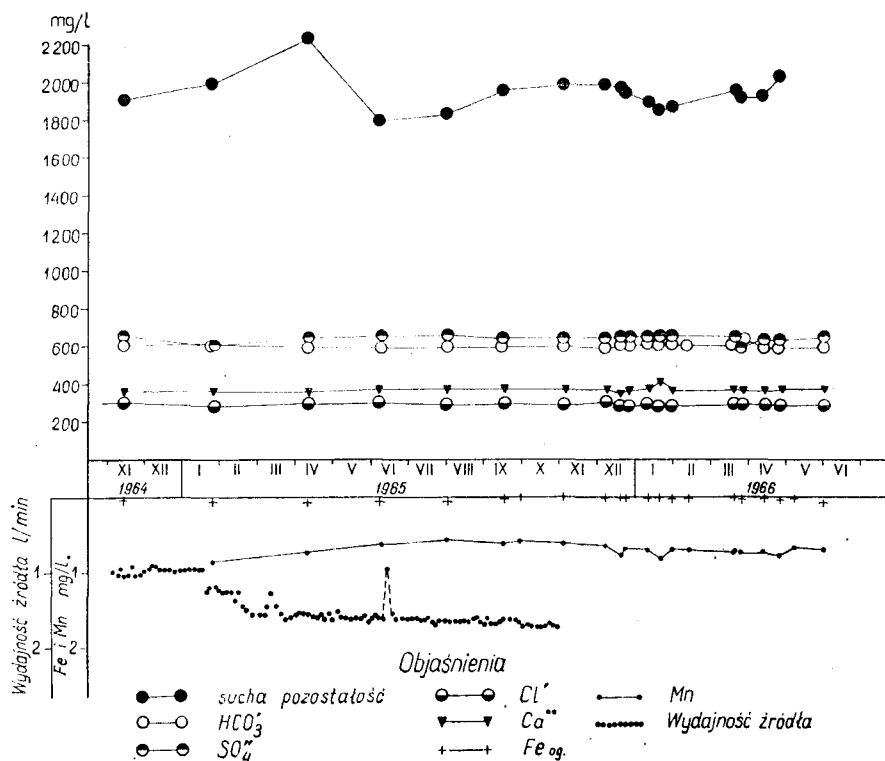
Obecnie znane są dwa źródła na terenie ogrodu uniwersyteckiego. Istniejące źródła położone są w odległości ok. 15 m od siebie. Jedno z nich ujęte jest studzienką, z której wodę odprowadza płytki rowek do ogrodowego betonowego zbiornika. W miejscu wpływu drugiego źródła zbocze zostało obmurowane, a sam wypływ ujęty w stalową rurkę. W niniejszym opracowaniu źródła te omawia się oddzielnie, a dla ich odróżnienia przyjmuje się określenie „ujęte studnią” i „ujęte rurką”.

Źródło ujęte studnią zmienia swą wydajność w granicach 9,0 — 12,0 l/min., przy czym maksymalne wartości charakterystyczne są zazwyczaj dla okresu kwiecień — lipiec (dane PIHM). Temperatura wody waha się w znacznie większych granicach niż wydajność, gdyż np. w roku 1964/65 zmieniała się od 3 do 13°C (wg PIHM), pozostając w ścisłej zależności od temperatury powietrza. Własnymi obserwacjami okresowymi nie stwierdzono w tym źródle temperatury poniżej 6°C. Ujęcie źródła w postaci studni i pozostawanie dużej powierzchni wody w kontakcie z powietrzem jest główną przyczyną wahań temperatury wody.

Badania hydrochemiczne Instytutu Geologicznego jak i dwie analizy wykonane w 1961 i 1962 r. przez PIHM wykazały, że sucha pozostałość wynosi 2228 — 2414 mg/l; zawartość siarczanów — 700 (w 1962 r.) — 791 mg/l; węglanów — 616 — 641 mg/l, zaś chlorków — 390 — 413 mg/l. Wymienionymi badaniami ilość chlorków określono na 32 — 33 mg/l, co nie znajduje potwierdzenia w wielokrotnych analizach autorów. W wodzie tego źródła, stosowanymi obecnie metodami analizy chemicznej, nie stwierdza się żelaza i tylko w niektórych próbkach ilości tego składnika wahały się od śladów do 0,14 mg/l. Od tych wyników odbiegają dane PIHM z 1961 i 1962 r. (2 mg/l Fe). Zawartość manganu ulegała w okresie badań znacznym wahaniom, pozostając jednak zawsze w dużych ilościach (0,64 — 1,25 mg/l). Jednorazowymi badaniami ustalono ponadto, sód — 180 mg/l, potas — 40 mg/l, azotyny — 0,1 mg/l i azotany — ślady. Badania bakteriologiczne wykazały wyraźne zanieczyszczenia i z tego względu woda nie może być używana do picia i potrzeb gospodarczych.

Z wyżej przedstawionych materiałów wynika, że woda źródła ujętego studnią na terenie uniwersytetu posiada zawsze w swym składzie ponad 2000 mg/l rozpuszczonych składników stałych (np. w próbce z dnia 31 V 1966 r. — 2370 mg/l), wśród których ilościowo przeważają siarczany. Duża ilość siarczanów, chlorków i manganu wydaje się wskazywać na to, że zasilanie źródła następuje na niewielkich głębokościach przy dużym wpływie zanieczyszczeń powierzchniowych (wpływ zabudowy miejskiej, procesy rozkładu obfitej na zboczysku skarpy roślinności). Stosunkowo dużej stabilności składu wody (wyjątek stanowi mangan) można się doszukiwać w znacznej zasobności warstwy wodonośnej i stałej wydajności źródła.

Źródło ujęte rurką posiada znacznie mniejszą wydajność niż omówione wyżej źródło ujęte studnią. Według materiałów PIHM wydajność tego źródła waha się w granicach 0,87 — 1,72 l/min., a zazwyczaj wynosi 1,3 l/min. Chemicznie woda omawianego źródła jest tego samego typu co i ze źródła ujętego studnią. Nieco niższe są suche pozostałości, które w okresie badań (26 V 1964 — 31 V 1966 r.) wahały się w granicach 1800 — 2227 mg/l, pozostając zazwyczaj poniżej 2000 mg/l. Ilość siarczanów wynosiła 599 — 658 mg/l; chlorków — 283 — 308 mg/l; węglanów 588 — 625 mg/l (ryc.).



Wykres zmian składu chemicznego wody i wydajności źródła na terenie Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Krakowskie Przedmieście (źródło ujęte rurką).

Diagram of changes in chemical composition of water, and well capacity in the area of Warsaw University, Krakowskie Przedmieście str. (cased spring).

Podobnie jak w przypadku źródła ujętego studnią w wodzie zazwyczaj nie udało się wykryć żelaza, a maksymalna oznaczona jego ilość wynosi 0,07 mg/l. Ilość manganu jest nieco niższa niż w poprzednio omówionym źródle, pozostaje ona w granicach 0,55 — 0,85 mg/l, co przy braku w wodzie żelaza jest stosunkowo rzadkim zjawiskiem. Jednorazową analizą ustalono, że zawartość sodu wynosi 190 mg/l, potasu 31 mg/l, azotynów 0,1 mg/l i azotanów 13 mg/l. Skład bakteriologiczny wody pobranej 17 III 1966 r. nie budził zastrzeżeń.

Kształtowanie się składu chemicznego wody zachodzi zapewne pod wpływem tych samych czynników, co i w przypadku źródła obudowanego studnią.

Źródło Stanisława Augusta przy ul. Zakroczymskiej. Problem zasilania tego źródła jest dość skomplikowany. W rejonie tym przepływała niegdyś rzeczka Bełcząca, która pozostawiła zapewne aluwia o niewielkiej miąższości. Fakt ten oraz stare szkice morfologiczne terenu stały się dla niektórych autorów podstawą do przypuszczeń o zasilaniu źródła wodami zawartymi w osadach aluwialnych. Należy jednak podkreślić, że istnienie osadów aluwialnych nie zostało dotychczas jednoznacznie stwierdzone i bardziej prawdopodobne wydaje się zasilanie źródła przez wody z piasków wodnolodowcowych zlodowacenia środkowopolskiego. Źródło to posiada dekoracyjną obudowę, która jednak nie zabezpiecza obecnie wody przed zanieczyszczeniem. Woda nie jest użytkowana i odprowadza się ją do Wisły.

Badaniami PIHM w latach poprzednich ustalono, że źródło Stanisława Augusta ma wydajność ok. 60—80 l/min. Dotychczasowe badania składu chemicznego wody wykazują, że sucha pozostałość ulega znacznym wahaniom: 888—1106 mg/l; a jedna analiza w 1961 r. wykazała 592 mg/l. Wśród anionów przeważają ilościowo węglany (444—494 mg/l), ale w dużych ilościach występują również siarczany (234—290 mg/l; zaś w 1961 r. — 150 mg/l) i chlorki (99—117 mg/l, zaś w 1962 r. — 84 mg/l).

W większości próbek nie udało się wykryć żelaza, maksymalna ustalona jego ilość wynosi 0,20 mg/l. Podobnie jak w źródłach na terenie uniwersytetu, w znacznych ilościach występuje mangan (0,50—0,66 mg/l). Wykonane badania bakteriologiczne wody wykazały wyraźne jej zanieczyszczenie (tab. II).

Skład chemiczny i bakteriologiczny, ogólna mineralizacja wody (w próbce z 31 V 1966 r. suma rozpuszczonych składników stałych wynosiła 1259 mg/l) oraz zawartość znacznych ilości manganu przy braku żelaza wskazują — jak się wydaje — na płytkie zasilanie źródła i silny wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych.

Źródło przy ul. Gwiaździstej (Bielany) wpływa u podnóża skarpy. Budowa geologiczna brzegu bielańskiego w tym rejonie przedstawia się następująco (2): na podłożu pliocenkim spoczywają utworzy interglacjalne (piaski rzeczne, ły bardzo małej miąższości), na których leży warstwa glin morenowych. Gliny te tworzą warstwę podścielającą utworów wodonośnych, które są reprezentowane przez piaski zastoiskowe i wodnolodowcowe oraz żwiry. Brak jest ciągłej pokrywy gliniastej, która izolowałaby warstwę wodonośną od bezpośrednich wpływów z zewnątrz. Występują jedynie resztki utworów morenowych. W rejonie źródła, przy krawędzi brzegu leży piat glin zwałowych.

Opisywane źródło ma dekoracyjną obudowę z bocznym odpływem. Woda nie jest użytkowana i krytym kanałem odpływa do Wisły. Wydajność i temperatura wody z tego źródła są obserwowane od 1958 r. Średnia wydajność źródła w latach 1958—62 wynosiła 4 l/min., ale w roku hydrologicznym 1964/65 była wyższa.

Woda omawianego źródła należy do mniej zmineralizowanych wśród wypływów naturalnych na terenie Warszawy. Sucha pozostałość w okresie badań wynosiła 378—584 mg/l, pozostając zazwyczaj poniżej 500 mg/l. Wśród anionów przeważają zdecydowa-

nie węglany (250—270 mg/l), ale siarczany występują w podwyższonych ilościach (85—116 mg/l). Podczas całego okresu badań zanotowano stosunkowo nieduże ilości chlorków (26—36 mg/l). Żelaza metodami ilościowymi zazwyczaj nie stwierdzano i tylko w trzech przypadkach zawartość tego składnika ustalono na 0,03—0,08 mg/l. Wynik analizy wykonanej przez PIHM w 1961 r. jest jedynym wyjątkiem wykazującym 2,8 mg/l żelaza i jako taki nie może być uznany za reprezentatywny. Manganu nie stwierdzono w żadnej z badanych próbek wody. W wodzie pobranej 17 III 1966 r. oznaczono ponadto: sód — 20 mg/l, potas — 14 mg/l, azotany — 89 mg/l, azotyny — śladowe ilości. Badania bakteriologiczne wykonane w tym czasie wykazały widoczne zanieczyszczenia wody.

W sumie stwierdzić należy, że skład chemiczny wody tego źródła jest bliski spotykanym wodom w utworach czwartorzędowych. Różni je brak w wodzie omawianego źródła żelaza i manganu oraz znaczna zawartość siarczanów.

Zakład Hydrogeologii Instytutu Geologicznego wykonał również dwukrotne badania składu chemicznego wód ze źródła w Kabatach i w Powsinie oraz wypływów w Warszawie przy ul. Rudzkiej. Ogólnie biorąc są to wody znacznie mniej zmineralizowane niż wody źródeł wyżej omówionych.

UWAGI O CZYNNIKACH KSZTAŁTUJĄCYCH SKŁAD CHEMICZNY WÓD NA TERENIE WARSZAWY

Teren Warszawy należy do tych obszarów Polski, gdzie zasilanie wód w utworach czwartorzędowych następuje niemal wyłącznie przez opady atmosferyczne, przy niemal zupełnej niezależności tego piętra od wód w starszych utworach. W tych warunkach skład wód uzależniony jest od początkowego składu wód opadowych, litologii utworów, przez które przepływają oraz od czynników związanych z zagospodarowaniem terenu. Na obszarze dużego miasta występuje cały kompleks tych czynników, które zmieniają skład chemiczny wód podziemnych i prowadzą bądź do zmniejszenia, bądź też do zwiększenia ich ogólnej mineralizacji. W pewnych rejonach miast może dominować wpływ określonego czynnika, lecz ogólnie biorąc zabudowa terenu prowadzi do zwiększenia mineralizacji wód podziemnych.

Spośród czynników decydujących o tym procesie wymienić należy: zanieczyszczenie atmosfery oraz wód deszczowych i śniegu pyłami technicznymi, ucieczki z przewodów kanalizacyjnych, tworzenie grubej warstwy nasypów bogatych w łatworozpuszczalne sole, intensywne nawożenie gleby uprawianej w obrębie miasta i na terenach przyległych. Są to tylko główne elementy, które od dziesiątków, a nawet setek lat wywierały swój wpływ na wody podziemne Warszawy i stały się niejako naturalnymi czynnikami kształtowania się składu wód.

Wśród utworów czwartorzędowych stosunkowo duży procent stanowią małoprzepuszczalne osady zastoiskowe i gliny zwałowe. Czas przedostawania się wód przez takie utwory jest długi i wody mineralizują się w znacznym stopniu. Wody o podwyższonej mineralizacji na terenie Warszawy znane są już od dawna (1).

Wydaje się, że skład omówionych wyżej wód źródeł warszawskich jest przynajmniej w pewnym stopniu reprezentatywny dla wód w utworach czwartorzędowych i świadczy o znacznym wpływie zabudowy miasta na chemizm wód podziemnych. Problem ten jest niezwykle trudny dla ilościowego charakteryzowania zarówno dlatego, że nie jest znany oczywiście skład wód przed zabudową Warszawy jak i dlatego, że zagadnienie to nie było dotychczas przedmiotem badań. Wydaje się, że problem ten powinien być w najbliższym czasie ujęty przez kółko z kompetentnych instytucji naukowych. Należy bowiem podsumować wszystkie dane o składzie chemicznym wód podziemnych na terenie Warszawy, określić rejon, gdzie wpływ czynników pozageologicznych jest największy i w jakim stopniu jest to proces postępujący. W tym miejscu trzeba bowiem

nadmienić, że w wielu studniach wierconych na terenie Warszawy stwierdza się większe niż w analogicznych warunkach poza Warszawą zawartości poszczególnych składników chemicznych wody. W niektórych przypadkach wody te nie odpowiadają wymogom stawianym dla wód pitnych.

Nie jest zadaniem niniejszej pracy omawianie tego zagadnienia i dlatego autorzy nadmienią jedynie, że najczęściej wody z podwyższoną mineralizacją spotyka się w centrum Warszawy lewobrzeżnej, w centrum Pragi, na Woli, na terenie Włoch, a nawet w niektórych rejonach Żerania. Sucha pozostałość tych wód przekracza 1 g/l, a niekiedy dochodzi do 2 g/l.

Na podstawie materiałów zebranych w Zakładzie Hydrogeologii Instytutu Geologicznego można stwierdzić, że wody źródeł warszawskich w porównaniu z innymi źródłami na Niżu Polskim, zasilanymi wodami z utworów czwartorzędowych, cechuje podwyższona zawartość poszczególnych składników i wysoka ogólna mineralizacja.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania upoważniają do sprecyzowania następujących wniosków:

1. Skład chemiczny i ogólna mineralizacja wód źródeł warszawskich są bardzo zróżnicowane. Różnice między składem wody poszczególnych źródeł są większe, niż sezonowa zmiana tego składu w okresie prowadzonych obserwacji.

2. Spośród czynników, określających odmienny skład wód źródeł warszawskich za główne należy uznać: silnie zróżnicowaną budowę geologiczną w rejonie poszczególnych źródeł, różną wydajność źródeł i czas kontaktowania się wód ze środowiskiem skalnym oraz zmienny stopień wpływu zabudowy miejskiej.

3. Obserwowane zmiany okresowe jonów głównych, a w większości przypadków również żelaza i manganu, nie wykazują bezpośredniej zależności od opadów, wydajność źródła (wyjątek stanowi żelazo w źródle przy ul. Agrykoli) i temperatury wody. Wszystkie te elementy mają zapewne wpływ pośredni, który podporządkowany jest czynnikiem głównym wymienionym w punkcie 2.

4. Wykorzystanie niektórych źródeł, nawet po wykonaniu nowej obudowy będzie następczo trudności ze względu na silne zanieczyszczenie chemiczne i bakteriologiczne wód.

5. Skład chemiczny wód badanych źródeł może być w pewnym stopniu wskaźnikiem zanieczyszczenia wód podziemnych na terenie Warszawy. Czynniki wpływające na skład wód podziemnych, a związane z zabudową miasta są dotychczas słabo poznane i wymagają badań specjalnych.

LITERATURA

1. Kolago C. — Wody mineralne w Warszawie. Prz. Geol. 1954, nr 12.
2. Lewiński J., Łuniewski A., Małkowski S., Samsonowicz J. — Przewodnik geologiczny po Warszawie i okolicy. Wyd. Oddz. Warszawa. Kom. Fizjograf. PAU, 1927.
3. Sawicki L. — Budowa geologiczna terenu Warszawy. Prz. Geol. 1960, nr 12.
4. Szwankowski E. — Place i ulice Warszawy. PWN, 1964.

SUMMARY

At present, there are some natural outflows of groundwaters in the area of Warsaw. These springs occur along the high valley side of the Vistula River. Some hundred years ago, the springs have more frequently been found, but in many cases, later human activity caused that most of them disappeared.

On the basis of almost two-year observations, the authors discuss a strong differentiation observed in chemical composition and in general mineralization of waters of the spring considered. These differentiations between the individual springs are more considerable than the seasonal change in the composition of each of the springs at the observation time. In general, the mineralization ranges from 460 to 2340 mg/l, in waters of highest mineralization, sulphates being a predominant constituent. Other springs found in the Polish Lowland area, fed also by waters of Quaternary formations, are less mineralized. It is supposed that the water composition depends upon the strongly differentiated geological structure and upon the building development in the individual quarters of Warsaw.

Waters characterized by increased mineralization (about 1 g/l), found in the Quaternary formations within the area of Warsaw, are frequently found also in the wells drilled. This problem is of both theoretical and practical significances. Thus, it seems to be purposeful to conduct works to recognize water chemism in the Quaternary horizon within the area of Warsaw, and to determine regions, where the extra-geological factors strongly affect the composition of these waters.

РЕЗЮМЕ

На территории Варшавы известно в настоящее время несколько естественных источников подзем-

ных вод, приуроченных к высокому склону долины Вислы. Несколько сот лет назад таких источников наблюдалось больше, но вследствие застройки многие из них исчезли.

Авторы, основываясь на данных проведенных в течение двух лет наблюдений, описывают значительное химическое разнообразие химического состава и общей минерализованности вод в этих источниках. Разница между отдельными источниками превышает сезонные колебания состава в одном источнике за период наблюдений. Общая минерализованность колеблется от 460 до 2340 мг/л, причем в наиболее минерализованных водах наблюдается большое количество и даже преобладание сульфатов. В других источниках, известных на площади Польской низменности, воды менее минерализованы. Предполагается, что состав вод формировался в зависимости от дифференцированного геологического строения и разной застройки в отдельных районах Варшавы.

Воды с повышенной минерализованностью (около 1 г/л) в четвертичных породах наблюдаются на территории Варшавы довольно часто в буровых колодцах. Эта проблема имеет как теоретическое, так и практическое значение. Кажется целесообразным проведение работ по окончательному изучению химизма вод четвертичного горизонта на территории Варшавы и определению районов, где внегеологические факторы оказывают сильное воздействие на состав воды.

GEOFIZYKA

ALEKSANDER GUTERCH, JERZY JANKOWSKI, ROMAN TEISSEYRE, JAN UCHMAN

Zakład Geofizyki PAN

BADANIE GŁĘBOKIEJ STRUKTURY SKORUPY I GÓRNEGO PŁASZCZA ZIEMI

UKD 551.14:550.834:550.340.11:550.837.6(4+438)''1960''+'312''

Najbardziej bezpośrednią metodą badań górnych warstw skorupy ziemskiej są oczywiście wiercenia geologiczne. Głębokie wiercenia wraz z ich pełną dokumentacją geofizyczną dostarczają informacji o warstwach i budowie skorupy, a nawet zbliżają się do nieciągłości Moho w obszarach, gdzie powierzchnia ta zalega na niedużej głębokości, około 10–15 km. Należy jednak pamiętać o niezwykle wysokich kosztach takich wierceń, na które mogą sobie pozwolić tylko najbogatsze kraje i to tylko w niewielkim zakresie. Dlatego też w dalszym ciągu w badaniach struktur wgłębnych dominować będą metody geofizyczne. Nie wszystkie jednak problemy związane z badaniem struktur wgłębnych można rozwiązać bazując tylko na czysto prospekcyjnych metodach geofizycznych, których zasięg głębokościowy nie przekracza w zasadzie głębokości kilku kilometrów.

Zgodnie z nowymi poglądami geofizyki i geologii pełne i prawidłowe wyjaśnienie problemów geologii strukturalnej nie jest możliwe bez ścisłego rozpoznania budowy struktur bardzo głębokich w skorupie, a nawet górnym płaszczu Ziemi włącznie. Badania wykazały, że wzajemne oddziaływanie między procesami głębinowymi i powierzchniowym ukształtowaniem Ziemi objęło nie tylko górną warstwę skorupy ziemskiej, ale cały górny płaszcz sięgając do głębokości rzędu kilkuset kilometrów. Tę strefę Ziemi nazwano tektonosferą. Choć skorupa ziemska i górny płaszcz oddzielone są od siebie wyraźną granicą — granicą Moho, to jednak badania procesów kierujących ich rozwojem wskazują na konieczność łącznego ich traktowania. W procesie kompleksowej interpretacji danych geofizycznych, geologicznych, geochemicznych i geodezyjnych powstaje tzw. geonomiczna teoria budowy i rozwoju tektonosfery.

Dla przykładu, związek między małą wartością strumienia ciepłego Ziemi, dużymi wartościami prędkości sejsmicznych w dolnych partiach skorupy i powierzchniowych warstwach płaszczu Ziemi, zmniejszenie radioaktywności skorupy oraz występowania starych magmatycznych intruzji, może dać klucz do zrozumienia charakteru i statyczności starych przedkambryjskich płyt. Z drugiej strony związek między wysoką wartością strumienia ciepłego, niskimi wartościami prędkości fal sejsmicznych, zwiększonym poziomem radioaktywności i współczesnymi lub niedawnymi przejawami magmatyzmu, może dać odpowiedź odnośnie do budowy niestabilnych, w sensie tektonicznym, obszarów.

U podstaw geonomicznej teorii budowy skorupy i górnego płaszczu Ziemi znajdują się między innymi względy czysto praktyczne — wyjaśnienie reguł rozmieszczenia i powstawania wielu surowców naturalnych.

Metody badania skorupy i górnego płaszczu Ziemi, to przede wszystkim głębokie sondowania sejsmiczne oraz badania sejsmologiczne. Bardzo ważnym i niezbędnym uzupełnieniem tych metod są głębokie sondowania magnetotelluryczne.

I. METODY SEJSMICZNE W BADANIACH SKORUPY I GÓRNEGO PŁASZCZA ZIEMI

Do niedawna wszystkie modele skorupy Ziemi oparte były wyłącznie na danych sejsmologicznych. Analiza zapisów fal sejsmicznych pozwoliła sejsmologom na stwierdzenie występowania we wnętrzu Ziemi szeregu elementów strukturalnych o odmiennych własnościach fizycznych. W dowolnym eksperymencie możliwość kontrolowania niektórych zmien-