

PROBLEM ZAOPATRZENIA W WODĘ REJONU ŚRODKOWEJ WISŁY NA TLE CHARAKTERYSTYKI HYDROGEOLOGICZNEJ

UKD 551.491.5:628.1:551.763.3:551.79(282.243-191.2)(438.1311+438.14-15)

Z planami zagospodarowania doliny Wisły w jej przelomowym odcinku wiążą się hydrogeologiczne problemy zaopatrzenia w wodę zakładów przemysłowych, miast, osiedli komunalnych i wiejskich. W ostatnich latach prowadzone są intensywne badania hydrogeologiczne nie tylko w dolinie Wisły, ale także w szerszej skali regionalnej. Spośród ośrodków naukowych aktywnie czynnych na tym polu wymienić należy Zakład Hydrogeologii IG., Katedrę Hydrogeologii UW., Katedrę Geologii Inżynierskiej UW, Zakład Nauk Geologicznych PAN, Katedrę Hydrografii UMCS i PIHM. Plonem tych badań są przeglądowe mapy hydrogeologiczne, szczegółowe zdjęcia szeregu arkuszy, monografia hydrogeologiczna zlewni Chodła, wiele prac poświęconych bądź różnym zagadnieniom wycinkowym, bądź pełniejszym charakterystykom poszczególnych obszarów lub poziomów wodonośnych. Ukończone jest opracowanie hydrogeologiczne kredy lubelskiej na obszarze ok. 21 000 km² wykonane w Zakładzie Hydrogeologii IG. Nie można pominąć bardzo wielu dokumentacji hydrogeologicznych opracowanych przez przedsiębiorstwa i inne instytucje.

Głównym środowiskiem skalnym, w którym odbywa się akumulacja i krążenie wód podziemnych jest wysoko wyniesiona kreda górna regionu lubelskiego, reprezentowana przez poszczególne piętra stratygraficzne od danu po turon. Utwory te zapadają pod niewielkim kątem ku NW i na północ od Puław kryją się pod trzeciorzędem Niecki Mazowieckiej.

Na zachód od południowej części przelomowego odcinka Wisły kreda górna za pośrednictwem cenomanu i albu kontaktuje się z wychodniami jury związanej z antyklinorium świętokrzyskim. Natomiast na wschód od Wisły pojawiają się elementy antyklinalne Rachowa i Gościeradowa z górną jurą w jądrze i albem-cenomanem na skrzydłach.

Trzeciorzęd w hydrogeologii przelomowego odcinka Wisły nie odgrywa prawie żadnej roli.

Drugą bardzo ważną formacją o znaczeniu hydrogeologicznym jest czwartorzęd. Rozwinięty on jest przede wszystkim w dolinie Wisły i jej dopływów, natomiast na obszarach wysoczyznowych występowanie jego jest ograniczone, a rola w akumulacji oraz krążeniu wód zupełnie podrzędna i nieistotna.

Wody kredowe tworzą największe zbiorowisko rozpościerające się na tysiące km². Są to wody szczelinowe występujące wzdłuż całego przelomowego odcinka Wisły w spękanych opokach, marglach i gezach turonu, koniaku, santonu, kampanu i mastrychtu. Na południu pojawiają się ponadto wody warstwowe w piaskach i piaskowcach cenomanu i albu. W stosunku do wód szczelinowych mają już, przynajmniej pod względem ilościowym, znaczenie drugorzędne.

Stropowa część utworów kredowych poddana jest procesom wietrzenia, których efekt zależy od litologicznego charakteru skał. W marglach i kredzie piszczącej powstaje sieć drobnych, nieregularnych szczelin, co doprowadza do ich zgruzowania. W opokach, gezach i wapieniach szczeliny są rzadsze, duże, bardziej regularne, poziome i pionowe. Doprowadzają one do dezintegracji skał na płytki i płytki. Przepuszczalność stropu kredy jest na ogół dobra, jedynie lokalnie zwietrzeliła ilasta, tworząca się na marglach lub wapieniach, hamuje przesiąkanie. Grubość strefy spękania zwietrzeniowego nie jest duża, wynosi kilka lub kilkanaście metrów, przy czym jest większa w marglach, niż w opokach.

Ważne dla wodonośności i zasobności kredy są szczeliny tektoniczne. Według dr Krajewskiego, który badał je w zlewni Chodła, układają się one głównie w kierunkach z SE na NW i prostopadle, oraz z ESE na WNW i prostopadle przy przeciętnym nachyleniu 76–86°. Szczeliny drobne są puste i drożne, szersze są często wypełnione druzgotem lub gliną zwietrzelinową. Spękania pochodzenia tektonicznego sięgają dość daleko w głąb, jednak w miarę głębokości są coraz bardziej zaciskane i praktycznie poniżej 200 m ich wodonośność zanika.

Panuje przekonanie, że wody szczelinowe kredy lubelskiej tworzą jeden poziom wodonośny, co wyraża się ich wspólnotą hydrauliczną. W obrębie masy skał kredowych występują co prawda wkładki margliste lub partie niespękane o małej przepuszczalności, rozdzielające partie o dużej przepuszczalności i dobrej wodonośności. To zjawisko ma jednak charakter lokalny i przestrzennie bardzo ograniczony i stwarza tylko pozór oddzielnych poziomów wodonośnych. Dowodem na to może być fakt, że w otworach położonych bardzo blisko siebie w jednym spotyka się zwierciadło napięte, a w drugim swobodne. Pompowanie w głębokich otworach oddziałuje na studnie płytkie, co przy wielopoziomowości nie powinno mieć miejsca.

Odmienny pogląd reprezentuje prof. Wilgat i jego współpracownicy. Sądzi on, że górna kreda kryje w sobie ustrój wodny wielopoziomowy, do czego dochodzi na podstawie analizy rozmieszczenia źródeł. Poszczególne poziomy rozprzestrzeniać się mają na znaczne odległości i izolowane są od siebie całkowicie lub częściowo.

Zwierciadło wód kredowych jest przeważnie swobodne. Nieznaczne ciśnienia piezometryczne występują sporadycznie i lokalnie w fazie występowania w stropie zwietrzeliły ilastej pod partiami niespękanymi, niekiedy w dolinach rzecznych. Głębokość zwierciadła zależy od ukształtowania terenu. Na wysoczyznach leży ono głęboko, nawet 50–60 m, w dolinach rzecznych płytko, w głębokości kilku metrów.

W ogólnym regionalnym obrazie zwierciadła wód kredowych stwierdza się jego pochylenie ku N i NW. Ta obniżająca się zwolna powierzchnia jest jednak silnie zdeformowana drenującym działaniem dolin rzecznych i rozcięć erozyjnych, przy czym największą rolę pod tym względem odgrywa Wisła. Innego rodzaju deformacja ujawnia się w sąsiedztwie wychodni albu i cenomanu antykliny Rachowa. Przyczyną jej jest według doc. Kowalskiego i współpracowników duża chłonność tych utworów, wynikająca z wysokiej wartości współczynnika filtracji rzędu 10⁻³ m/sek.

Wahania zwierciadła są bardzo zróżnicowane. Ich amplituda stosunkowo mała — około 1 m w dolinach rzecznych, wzrasta do 3–4 m na skłonach i sięga aż do 11 m w strefach wysoczyznowych. Orientacyjnie można przyjąć, że w skali całego regionu średnia wieloletnia amplituda wynosi około 2,1 m.

Współczynnik filtracji utworów kredowych mieści się w szerokich granicach, co jest zrozumiałe ze względu na zróżnicowanie stopnia szczelinowatości. Najczęstsze wartości są rzędu 10⁻³ do 10⁻⁶ m/sek.

Po obu stronach przelomowego odcinka Wisły wody kredowe zasilane są przez infiltrację opadów atmosferycznych bądź bezpośrednio, bądź za pośrednictwem cienkiej i przeważnie łatwo przepuszczalnej pokrywy czwartorzędowej. Wg dr Krajewskiego infiltracja opadów wynosi 25%. Na północ od Iżanki i Kazimierza

rozpościera się już bardziej zwarta pokrywa czwartorzędowa o miąższości ponad 20 m, hamująca przesiąkanie do kredy.

Drugim źródłem zasilania wód kredowych jest dopływ podziemny z dalekiego krążenia, mianowicie z obszaru Roztocza. Wskazuje na to zwierciadło wody, które w rejonie Roztocza występuje na najwyższych rzędnych 300–320 m npm.

Jeszcze jednym źródłem zasilania wód kredowych ma być według dr Paczyńskiego część wód jurajskich północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, która w generalnym kierunku N i NE odpływa podziemnie do utworów górnej kredy na zachód od doliny Wisły. Ruch ten umożliwiony jest dzięki licznym dyslokacjom fleksurowym i uskokowym, które między Wisłą a Kamienną obejmują zarówno jurę, jak kredę. Odmienny pogład reprezentują doc. Kowalski i jego współpracownicy, którzy nie dopatrują się żadnych związków między wodami jurajskim a kredowymi.

Wody kredowe przemieszczają się szczelinami ruchem laminarnym ku N oraz NW i są po drodze intensywnie drenowane. W ten sposób wytwarza się strefa aktywnej wymiany wód w cyklu: zasilanie miejscowe + zasilanie z dalekiego krążenia — drenaż. Strefa ta jednak nie sięga zbyt daleko w głąb. Jej grubość szacuje się na około 100 m. Wody występujące poniżej odpływają powoli w kierunku Niecki Mazowieckiej.

Według dr Krajewskiego przepływ wód kredowych jest zróżnicowany. Odbywa się on mianowicie strumieniami, które przywiązane są do stref dyslokacyjnych, gdzie występuje zagęszczenie szczelin tektonicznych. Główne strumienie są zgodne co do swego kierunku z kierunkami struktur tektonicznych i stref dyslokacyjnych. Strumienie te ze swej strony działają drenując w stosunku do wód w szczelinach bocznych — prawie prostopadłych do nich. Wskazuje na to depresyjny kształt zwierciadła pochylającego się obustronnie w kierunku strumienia.

Wydatki jednostkowe w otworach studziennych są zróżnicowane od kilku do 200 m³. Wielokrotnie przekonano się, że najkorzystniejsze dopływy uzyskuje się w studniach o głębokości 60–100 m, a dalsze głębienie nie prowadzi do ich powiększenia. Duże wydatki otrzymuje się w strefach krawędzi dolin i w ogóle pod dolinami, które są predysponowane tektonicznie oraz uzależnione w swym przebiegu od systemu szczelin.

Jakość wód kredowych jest bardzo wysoka. Są to wody słodkie wodorowęglanowo-wapniowe o ogólnej mineralizacji średnio 0,34 g/l. W zasadzie nie zawierają one żelaza lub tylko znikome ilości. Występująca lokalnie wyższą zawartość żelaza — nawet do 10 mg/l — tłumaczy prof. Gołąb dopływem jego z czwartorzędu.

Drugim bardzo istotnym środowiskiem wodonośnym jest czwartorzęd. Na wysoczyznach nie odgrywa on prawie żadnej roli. W utworach piaszczystych fluwioglacjalnych lub rezydualnych występują zupełnie drobne, izolowane zbiorniki wodne, mające charakter wód zawieszonych ponad zasadniczym poziomem kredowym.

Natomiast utwory czwartorzędowe wypełniające dolinę Wisły i jej większych dopływów są pierwszym kolektorem wód podziemnych.

W dolinie Wisły występują jakby dwie kondygnacje: pradolina i współczesna dolina Wisły. Oś pradoliny wyznaczają największe miąższości utworów czwartorzędowych. Do ujścia Kamiennej obie kondygnacje pokrywają się. Poniżej, w Kotlinie Chodelskiej, oś pradoliny odchyła się od Wisły na wschód ku centrum kotliny, po czym przerzuca się na drugą stronę Wisły w kierunku Janowca, następnie znów przecina Wisłę w rejonie Puław, tworząc wielkie zakole w dolinie Kurówki, wreszcie powraca do osi doliny Wisły.

Pradolina Wisły wyerodowana w utworach kredowych w ciągu pierwszego interglacjału wypełniona jest utworami piaszczystożwirowymi, częściowo po-

krytymi gliną zwałową zlodowacenia środkowopolskiego. Miąższość tych utworów jest znaczna, dochodząc w osi pradoliny do 40 i więcej m.

W Kotlinie Chodelskiej występuje równie głęboka, lecz o bardziej skomplikowanej budowie, pradolina Chodla.

Na górną kondygnację składają się aluwialne osady Wisły w postaci piasków, mał, namulów, torfów itp.

W pradolinie Wisły płynie potężny strumień wody podziemnej, na który nakłada się częściowo strumień wody w aluviach współczesnej doliny. Ten ostatni może być miejscami oddzielony od pradolinnej pokładem gliny zwałowej.

Zasilanie strumienia jest bardzo intensywne i wielostronne. Przede wszystkim zbiera on wody kredowe. Dopływają do niego również wody z pradoliny Chodla. Dochodzi do tego wreszcie intensywna infiltracja opadów atmosferycznych, a okresowo przy wysokich stanach Wisły, infiltracja z rzeki.

Wydatki jednostkowe w utworach pradolinnych są bardzo wysokie, nawet do 100 m³. Jakość wód jest na ogół dobra, wykazują one jednak podwyższoną zawartość żelaza, niekiedy też manganu.

W zagadnieniu gospodarki wodami podziemnymi sprawą najważniejszą są zasoby wód podziemnych. Możemy tu podać wyniki kilku szacunkowych obliczeń.

Wiemy, że Wisła jest arterią silnie drenującą wody z wysoczyzn. Tę samą rolę spełniają dopływy: Kamienna, Chodel i inne. W tych warunkach do obliczenia zasobów dynamicznych dobrze nadaje się metoda hydrologiczna oparta o średnie niskie przepływy. Taką metodę zastosował dr Paczyński w regionalnym opracowaniu hydrogeologicznym kredy lubelskiej. Odpływ jednostkowy liczony na obszarze zlewni ograniczonym wodowskazami Bałtów Zawichost—Puławy wynosi 1,64 l/sek/km². Powierzchnia tego obszaru wynosi 3390 km². W przeliczeniu na dobę i km² otrzymujemy 141 m³.

Do zbliżonych wyników dochodzi się licząc zasoby dynamiczne metodą średniej wieloletniej amplitudy wahań zwierciadła. Otrzymuje się w kredzie 144, zaś w czwartorzędzie pradolin i dolin 246 m³/dobę/km².

Do innych wyników dochodzi dr Krajewski na podstawie badań w zlewni Chodla, dla której obliczył odpływ jednostkowy 4,2 l/sek/km². Otrzymał mianowicie zasób dynamiczny wynoszący 360 m³/doba/km². Różnica jest znaczna i być może wynika ona ze szczególnych warunków tej zlewni.

Jeszcze inny, ale dość zbliżony wynik podziemnego odpływu podają doc. Kowalski i jego współpracownicy dla południowej części doliny Wisły. Odpływ ten ma wynosić 3,5 l/sek/km², co daje zasób dynamiczny rzędu 300 m³/doba/km².

Wydaje się, że obliczenia te należy uznać jako wstępne. Konieczne byłoby dalsze badania tego problemu. Zapewne zróżnicowanie wielkości zasobów liczonych w odniesieniu do jednostki powierzchni okaże się znaczne. Wypadnie może w tym zagadnieniu wyjść od hydrogeologicznej rejonizacji obszaru. Niewątpliwie dolina Wisły tworzy wyraźne zindywidualizowany rejon wód czwartorzędowych, tak samo jak obustronnie występujące rejonu wysoczyznowe z wodami górnokredowymi.

Na podstawie przedstawionej powyżej zwięzłej charakterystyki hydrogeologicznej rejonu środkowej Wisły można stwierdzić, że wody podziemne są w nim dostatecznym źródłem zaopatrzenia miast, osiedli, ośrodków wiejskich i przemysłu. W obrębie doliny Wisły jest do dyspozycji potężny, bardzo dobrze zasilany strumień podziemny w utworach pradolinnych, a pod nim wody szczelinowe w górnej kredzie. Na obszarach wysoczyznowych poza doliną Wisły są do dyspozycji wody górnej kredy, z tym że pod względem zasobności uprzywilejowane są strefy przykrawędziowe dolin predysponowanych tektonicznie. Ścisłe określenie zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych wymaga jeszcze dalszych szczegółowych badań z uwzględnieniem rejonizacji hydrogeologicznej.

SUMMARY

Recently, intense hydrogeological researches are being carried on within the region of the Middle Vistula River. To the main water-bearing formations belong here the Upper Cretaceous and the Quaternary. In marls, opokas and limestones of the Upper Cretaceous occur waters filling up weathering and tectonical fissures. Fed by atmospheric precipitations through direct infiltration and by underground afflux from the Roztocze Region, the waters flow towards the north-west. On the way, however, they are strongly drained off by the Vistula River and its tributaries; the zone of the active exchange reaches up to 100 m. Unit efficiencies range greatly, the best ones reaching up to $200 \text{ m}^3/\text{hour}/1 \text{ m}$; they may, however, be obtained within the marginal zones of the valleys tectonically predisposed. Arenaceous and gravelly urstromtal deposits, up to 40 m in thickness, are main underground water reservoir in the Vistula valley. A strong water stream may be observed in them, fed by both the waters from the Cretaceous and the atmospheric precipitations. The quality of the waters is good, the unit efficiencies are high. The dynamical resources occurring in the Middle Vistula region are estimated to be from $140\text{--}360 \text{ m}^3/\text{hour}/\text{km}^2$. On account of great resources, the underground waters may be recognized for sufficient to be the source of supplying towns, agricultural centres and industry in the area considered.

РЕЗЮМЕ

В последнее время в районе Средней Вислы проводятся интенсивные гидрогеологические исследования. Основными водоносными формациями этого района являются верхнемеловые и четвертичные отложения. В верхнемеловых мергелях, опоках и известняках воды приурочены к выветрелым горизонтам и тектоническим трещинам. Воды снабжаемые за счет непосредственной инфильтрации осадков и подземного притока с Розточа имеют сток в северо-западном направлении. Однако на своем пути они сильно дренируются Вислой и её притоками, причем зона активного водообмена достигает 100 м. Удельные дебиты колеблются в широких пределах, однако самые высокие, до $200 \text{ м}^3/\text{час}/1\text{м}$, наблюдаются по бортам долин, тектонически нарушенным. В долине Вислы основными коллекторами подземных вод являются песчаные и гравиевые отложения древних русел, обладающие мощностью до 40 м. По ним протекает богатый поток вод, снабжаемый притоком из меловых пород и инфильтрацией атмосферных вод. Качество воды хорошее, дебиты высокие. Динамические запасы района Средней Вислы определяются величиной порядка $140\text{—}360 \text{ м}^3/\text{час}/\text{км}^2$. Такие запасы дают основание считать подземные воды этого района достаточным источником водоснабжения городов, промышленных и сельскохозяйственных объектов.