

Marian PEREK

Wpływ zbiornika we Włocławku na wody gruntowe obszarów przyległych (lewy brzeg Wisły)

Na podstawie analizy rocznych oraz wieloletnich stanów maksymalnych i minimalnych wód gruntowych z okresów przed spiętrzeniem i po spiętrzeniu zbiornika wskazano sposób ilościowej oceny jego wpływu na te wody. Określono zasięg i wysokość wpływu oraz przybliżony czas stabilizacji hydrodynamicznej między zbiornikiem a wodami gruntowymi.

WSTĘP

Projektowana kaskada dolnej Wisły przewiduje wybudowanie 9 stopni piętrzących. Pierwszą budowlą hydrotechniczną tej kaskady jest zapora wraz ze zbiornikiem wodnym we Włocławku, oddana do eksploatacji w 1970 r. Ze względu na warunki geomorfologiczne położenia obiektu zaistniała pilna potrzeba dokonania szczegółowej oceny rozmiarów wpływu piętrzenia na kształtowanie się nowej dynamiki zwierciadła wód gruntowych w obszarze przyległym do lewego brzegu zbiornika. Wiąże się z tym właściwe zagospodarowanie terenów i funkcjonowanie systemu odwodnieniowego na obszarach depresyjnych.

Tereny przyległe do prawego brzegu Wisły i zbiornika nie są w artykule rozpatrywane, gdyż ogranicza je wysoka skarpa wysoczyzny zbudowanej z osadów głównie spoistych — plejstoceniowych i trzeciorzędowych. Wpływ piętrzenia objawia się tu głównie procesami erozyjnymi, co przyczynia się miejscami do aktywizacji osuwisk.

Do oceny wpływu piętrzenia zbiornika posłużyły wyniki cotygodniowych pomiarów stanów zwierciadła wód gruntowych w studniach gospodarskich i piezometrach. Punkty obserwacyjne rozmieszczono na trzynastu przekrojach, o przebiegu prawie prostopadłym do brzegu zbiornika, oraz nieregularnie między przekrojami. Objęły one obszar o szerokości ok. 4 km, przyległy do zbiornika.

Cotygodniowe obserwacje zwierciadła wód gruntowych trwały przed spiętrzeniem zbiornika (1960—1968), w trakcie jego spiętrzenia (1969—1970) i po spiętrzeniu (1971—1976). W sumie pomiarami objęto okres 17 lat, co pozwoliło z wystarczającą dokładnością na uchwycenie podstawowych zmian w kształtowaniu się nowej dynamiki zwierciadła wód gruntowych na tle okresu wieloletniego przed spiętrzeniem zbiornika.

Problematyką tą autor zajmował się w latach 1968—1976. Szczegółowy zakres badań dla oceny wpływu zbiornika na wody gruntowe lewego brzegu Wisły podano wcześniej (M. Perek, 1977).

MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA

Podstawową jednostką fizjograficzną obszaru badań jest pradolina Wisły, wypełniona osadami czwartorzędowymi. Na lewym brzegu Wisły zaznaczają się 4 tarasy: zalewowy niższy i wyższy oraz nadzalewowy niski i średni.

Taras zalewowy niższy, o względnej wysokości krawędzi ok. 3,0 m, i wyższy, o wysokości 3,0—4,0 m, są dobrze rozwinięte wzdłuż Wisły i Skrwy. Obecnie na odcinku od zapory czołowej do Soczewki stanowią one dno zbiornika, natomiast na wschód od tej miejscowości zalane są wodami tylko częściowo. Największą powierzchnię obszaru badań zajmują tarasy nadzalewowe. Ich krawędzie są na ogół zatarte. Na znacznych obszarach tych tarasów rozwinięły się wydmy o wysokościach względnych przeważnie 3—10 m, a w sporadycznych przypadkach dochodzących do 20 m.

Większe lewobrzeżne dopływy Wisły to: Zuzanka, Ruda i Skrwa. Ujście Zuzanki zostało odcięte zaporą boczną zbiornika, a jej wody skierowane w obszarze depresyjnym do wybudowanego Kanału A. Ruda i Skrwa nie zmieniły natomiast koryta i obecnie wpadają do zbiornika. Taras nadzalewowy niski pokryty jest siecią rowów odwadniających o stałym lub okresowym przepływie. Dla odwodnienia obszarów depresyjnych adaptowano rowy melioracyjne oraz wykonano nowe, a także wspomniany Kanał A. Ponadto wzdłuż zapór bocznych wybudowano kilka przepompowni połączonych z siecią rowów odwadniających. Jedynie na odcinku od Modzerowa do zapory czołowej woda spływa do Wisły grawitacyjnie Kanałem A. Wzdłuż południowo-zachodniej granicy obszaru badań, w odległości ok. 5 km od zbiornika, występuje ciąg jezior połączonych ciekami, które spełniają bardzo istotną rolę naturalnego drenażu wód gruntowych.

CHARAKTERYSTYKA PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO

Na badanym obszarze czwartorzędowy poziom wodonośny związany jest z serią piasków różnych frakcji, pospółek, żwirów i otczaków. Osady te są pochodzenia zastoiskowego, rzeczno-lodowcowego, lodowcowego, rzeczno i eolicznego. Ich miąższość jest bardzo zróżnicowana i wynosi

od 1,0 do 50,0 m. Najmniejsze miąższości występują w rejonie zapory czołowej i Karolewa. Znaczne zróżnicowanie miąższości jest ściśle związane z erozyjną i glacytektoniczną konfiguracją stropu osadów trzeciorzędowych reprezentowanych przez łył pliczeńskie i piaski mioceńskie. Te ostatnie pojawiają się w oknach łył pliczeńskich, poprzez które wody poziomu trzeciorzędowego kontaktują się z wodami poziomu czwartorzędowego.

Zwierciadło wód gruntowych poziomu czwartorzędowego jest swobodne i znajduje się blisko powierzchni tarasów rzecznych, przeważnie na głęb. od 0,0 do 2,0 m. Jedynie w obszarze wydmy występuje głębiej — do 6,0 m.

W pasie o szerokości do 0,5 km, a miejscami do 1 km, przyległym do koryta Wisły (Łęg, Brwilno Dolne) maksymalne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych z okresu wieloletniego przed spiętrzeniem zbiornika wynosiły od 2,0 do ok. 3,5 m. Strefa ta obejmowała wówczas tarasy zalewowe i częściowo taras nadzalewowy niski. Na pozostałej części tarasu nadzalewowego niskiego i na tarasie nadzalewowym średnim wahania te kształtowały się na ogół w zakresie od 1,0 do 2,0 m, a miejscami były mniejsze od 1,0 m. W obszarach występowania wydmy, niezależnie od położenia w stosunku do koryta Wisły, maksymalne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych okresu wieloletniego były natomiast najmniejsze i nie przekraczały 1,0 m, a często utrzymywały się w granicach 0,3—0,6 m.

Właściwością wydmy jest łatwość wchłaniania wody, ale jednocześnie trudność oddawania jej. Znane są przypadki powstawania okresowych źródełek na zboczach wydmy, jak np. w Puszczy Kampinoskiej (C. Kolago, 1963). Na badanym obszarze lokalne działy wód gruntowych związane są przede wszystkim z ciągami wydmy, a nawet z wydmy pojedynczymi. Stanowią one w pewnym sensie naturalne zapory, które w silnym stopniu mogą ograniczać, a nawet eliminować, wpływ zbiornika na dalsze tereny.

Przed spiętrzeniem zbiornika z wielu czynników wpływających na kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych w obszarze przyległym podstawową rolę spełniały przede wszystkim opady atmosferyczne i wahania zwierciadła wód w Wiśle. Po spiętrzeniu ten ostatni czynnik został zastąpiony przez system odwodnieniowy w obszarach depresyjnych i stabilny poziom wody w zbiorniku.

Jak wynika z budowy geologicznej, teren przyległy do zbiornika jest obszarem infiltracyjnym dla opadów atmosferycznych, które bezpośrednio zasilają pierwszy poziom wodonośny.

PORÓWNANIE POZIOMU WODY W ZBIORNIKU Z WIELOLETNIMI STANAMI WODY W WIŚLE

Próbne i częściowe spiętrzenie wody w zbiorniku rozpoczęło się 12 III 1969 r. W ciągu 28 dni poziom wody podniósł się o 7,75 m, a przez następne 5,5 miesiąca (9 IV 1969 — 22 IX 1969 r.) powoli obniżył o 3,5 m. Od października do grudnia nastąpiło dalsze stopniowe jego podwyższenie o 4,5 m. W kwietniu 1970 r. zwierciadło wody podniosło się już niewiele,

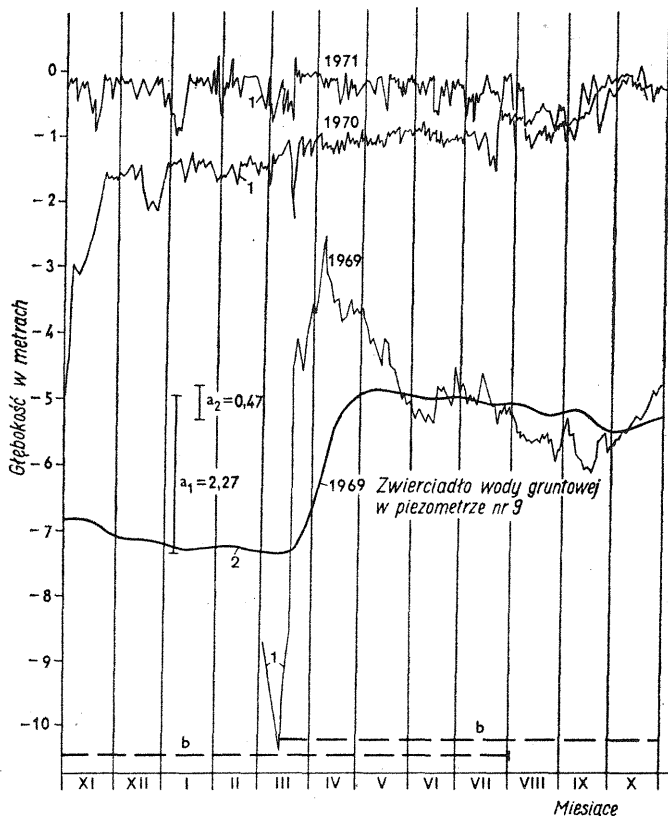


Fig. 1. Wykresy piętrzenia wód w zbiorniku przy zaporze czołowej w latach 1969—1971 (1) i zmian zwierciadła wód gruntowych pod wpływem piętrzenia (2)

Graphs of water rise near front dam in the reservoir in the years 1969—1971 (1) and changes in groundwater level in result of the rise (2)

a_1 — amplituda wahań zwierciadła wód gruntowych w latach 1960—1968 przed spiętrzeniem zbiornika, w metrach (piezometr nr 9); a_2 — amplituda wahań zwierciadła wód gruntowych w latach 1971—1976 po spiętrzeniu zbiornika, w metrach (piezometr nr 9); b — okres piętrzenia wody w zbiorniku 12 III 1969 — 1 VIII 1970 r.
 a_1 — amplitude of groundwater table oscillations in 1960—1968, that is before water damming in the reservoir, in meters (piezometer no. 9); a_2 — amplitude of groundwater table oscillations in 1971—1976, that is after water damming in the reservoir, in meters (piezometer no. 9); b — water damming in the reservoir, 12 March 1969 — 1 August 1970

bo zaledwie o 0,55 m. Dalsze powolne podwyższenie o 0,95 m zakończyło się 1 VIII 1970 r., osiągając przewidzianą eksploatacyjną wysokość. Wykresy wahań zwierciadła wód sporządzone są dla okresu spiętrzenia zbiornika (1969—1970) oraz jednego roku po spiętrzeniu (1971) na podstawie odczytów na wodowskazach przy zaporze czołowej i w rejonie końcowym cofki zbiornika w Płocku (fig. 1 i 2). W następnych latach (1972—1976) wahania zwierciadła wód pokrywają się z wahaniami

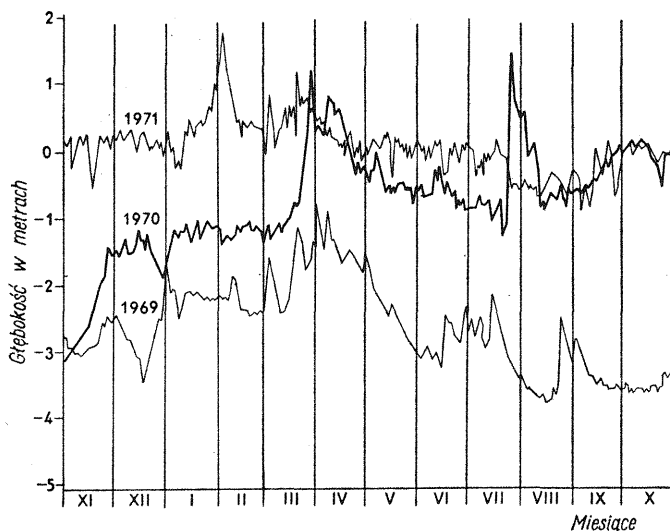


Fig. 2. Wykres piętrzenia wód w górnej części zbiornika w Płocku

Graph of water damming in upper part of the reservoir at Płock

z 1971 r. Na wykresach nie zostały one uwidocznione, ponieważ spowodowałyby to ich nieczytelność.

Maksymalne eksploatacyjne wahania dobowe poziomu wód zbiornika przy zaporze czołowej nie przekraczają 0,8 m, wynosząc przeważnie 0,4 m.

W dniu rozpoczęcia piętrzenia poziom wody w Wiśle przy zaporze czołowej znajdował się w stosunku do stanu średniego z wielolecia (ŚW) ok. 50 cm powyżej, a w Płocku tylko ok. 20 cm. Przyjmując stan średni jako względny poziom odniesienia dla porównania z poziomem piętrzenia, cofka zbiornika sięgnęła na odległość ok. 57 km od zapory czołowej. Jeżeli przy zaporze czołowej obecny poziom wody znajduje się ok. 6 m powyżej stanu absolutnie maksymalnego z wielolecia (NWW), to w połowie długości zbiornika równa się z nim, a w cofce jest na wysokości stanu średniego z wielolecia i jednocześnie stanu odniesienia z dnia rozpoczęcia piętrzenia. Sytuację tę w przekroju podłużnym zbiornika na tle charakterystycznych stanów wód Wisły z wielolecia najlepiej ilustruje fig. 3. Na figurze tej zamieszczono również typy obszarów przyległych, wyróżnionych względem poziomu piętrzenia wody w zbiorniku. Są to dwa obszary depresyjne, obszar o naturalnym brzegu zbiornika i obszar przyległy do części zbiornika mieszczącej się w korycie rzecznym Wisły.

WPŁYW ZBIORNIKA NA WODY GRUNTOWE OBSZARU PRZYLEGŁEGO O BRZEGU NATURALNYM

Obszar o naturalnym brzegu zbiornika przylega do środkowej jego części i rozciąga się między Mostkami a Soczewką na długości ok. 24 km. Znajduje się on jednocześnie między obszarami depresyjnymi. Stan zwier-

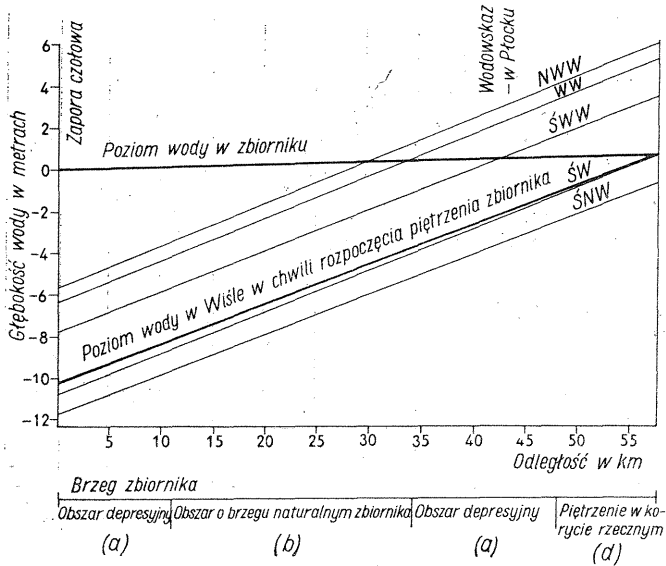


Fig. 3. Porównanie poziomu wody w zbiorniku z wieloletnimi stanami wód Wisły w przekroju podłużnym

Comparison of water level in the reservoir with many-years water levels in the Vistula river in longitudinal section

Charakterystyczne stany wieloletnie wód: NWW — absolutnie maksymalny od początku obserwacji; WW — najwyższy z maksymalnych rocznych; ŚWW — średni z maksymalnych rocznych; ŚW — średni ze średnich rocznych; ŚNW — średni z minimalnych rocznych

Typical many-years water levels: NWW — the highest water level recorded during the observations; WW — the highest annual water level; ŚWW — mean highest annual level; ŚW — mean mean annual level; ŚNW — mean lowest annual level; a — depressional areas, b — area of natural river banks; d — damming in river channel

ciadła wód gruntowych nie jest tu wymuszony działalnością człowieka, w związku z czym wyniki badań wpływu piętrzenia na te wody są miarodajne.

Z chwilą rozpoczęcia piętrzenia na obszarze przyległym nastąpiło kształtowanie się nowej dynamiki zwierciadła wód gruntowych. Proces ten nie był gwałtowny, lecz zachodził stopniowo stosownie do powolnego spiętrzania wody (fig. 1) i trwał do momentu zrównoważenia poziomu wody w zbiorniku z wodami gruntowymi obszaru przyległego.

Ocena przestrzennych rozmiarów wpływu piętrzenia na wody gruntowe w obszarach przyległych jest trudna i skomplikowana. Nie ma metod, które pozwoliłyby na jednoznaczne ilościowe określenie udziału tego wpływu w stosunku do czynników hydrometeorologicznych. Zarejestrowany stan zwierciadła wód gruntowych w dowolnym miejscu jest wypadkową wielu czynników, jakie o nim decydują. Dla określenia wysokości i zasięgu wpływu piętrzenia zbiornika na wody gruntowe autor wypracował analizę porównawczą rocznych stanów maksymalnych i minimalnych wód gruntowych z okresów wieloletnich przed i po spiętrzeniu (M. Perek,

w druku). Na podstawie tej metody opracował mapę wysokości podwyższenia zwierciadła wód gruntowych pod wpływem zbiornika (fig. 4). Izolinie odniesione są do stanu najniższego z wielolecia przed spiętrzeniem. Izolinia o wartości zerowej stanowi granicę zasięgu wpływu zbiornika na wody gruntowe w terenach przyległych.

Od chwili ukończenia spiętrzenia wody w zbiorniku, tj. od 1 VIII 1970 r. do września 1976 r. najwyższy stan zwierciadła wód gruntowych notowano w 1971 r. Z wykresów (fig. 5) wynika, że był on niższy w porównaniu ze stanem analogicznym z kwietnia 1970 r. Ten ostatni nie mógł być uwzględniony przy analizie wpływu zbiornika na wody gruntowe, gdyż zaistniał podczas piętrzenia i był spowodowany wyjątkowo intensywnymi opadami atmosferycznymi. Zjawisko to szczegółowo ilustruje wykres wahań zwierciadła wód gruntowych (fig. 6) w punkcie obserwacyjnym znajdującym się na terenach nie objętych wpływem piętrzenia. W latach następnym, tj. 1972—1976, zwierciadło wód gruntowych kształtowało się poniżej rocznego stanu maksymalnego z 1971 r. (fig. 5), a różnice między rocznymi stanami były nieduże i wynosiły od 0,1 do 0,7 m.

Po spiętrzeniu zbiornika roczne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych znacznie zmniejszyły się w stosunku do amplitud, jakie były notowane przed spiętrzeniem. W strefie przyległej do zbiornika i na terenach dalszych dochodzą one do 0,8 m. Jedynie w wąskim pasie stykającym się bezpośrednio ze zbiornikiem, między Duninowem Nowym a Soczewką, znacznie przekraczają tę wartość, co jest spowodowane w pewnych okresach roku kilkudniowymi wezbraniami wód Wisły, które nadpiętrzają poziom eksploatacyjny w tej części zbiornika, oraz poprzedzającymi je specjalnymi obniżeniami poziomu wód w zbiorniku.

Po spiętrzeniu zbiornika roczne stany maksymalne zwierciadła wód gruntowych w bezpośrednim jego sąsiedztwie podniosły się o 0,5—1,4 m powyżej stanu maksymalnego z 1967 r. (stan najwyższy drugiej połowy lat 60-tych przed spiętrzeniem zbiornika). W miarę oddalania się od zbiornika różnica między tymi stanami stopniowo zmniejsza się aż do miejsca, od którego zwierciadło wód gruntowych z okresu po spiętrzeniu zbiornika znajduje się o 0,1—0,2 m niżej w stosunku do stanu z 1967 r. Zasięg wpływu piętrzenia na podwyższenie zwierciadła wód gruntowych jest bardzo zróżnicowany i sięga na odległość od ok. 100 m (rejon Karolewa) do ok. 2250 m (rejon leśniczówki Ruda), co przedstawiają fig. 4 i 8. Podwyższenie się zwierciadła wód gruntowych wpłynęło korzystnie na vegetację leśną i rolną. Jedynie w Dużych Skokach nastąpiło podtopienie znacznych terenów.

Zależność wpływu piętrzenia od spadku hydraulicznego wód gruntowych przykładowo ilustrują dwa przekroje (fig. 7), na których w celach porównawczych przedstawiono charakterystyczne stany wieloletnie zwierciadła wód gruntowych przy różnych spadkach hydraulicznych. W latach poprzedzających piętrzenie (1960—1968) zwierciadło wód gruntowych charakteryzowało się spadkami hydraulicznymi od 0,0090 do 0,0028, natomiast po spiętrzeniu spadki znacznie zmniejszyły się i wynoszą przeważnie 0,0028—0,0020.

Ważnym czynnikiem ograniczającym zasięg wpływu piętrzenia na wody gruntowe są wydmy, które rozprzestrzeniają się w rejonie Karolewa. Z wydymami związane są lokalne działy wód gruntowych, których zwierciadło jest bardzo stabilne. Spośród wszystkich jednostek geomorfologicznych doliny Wisły właśnie w wydymach obserwuje się najmniejsze

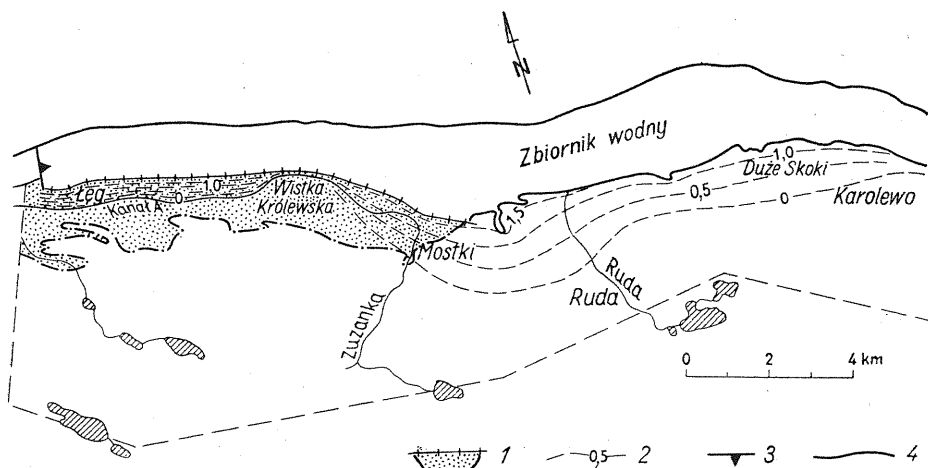


Fig. 4. Szkic zasięgu wpływu zbiornika na wody gruntowe
Sketch map of the extent of influence of the reservoir on groundwaters

1 — obszary depresyjne; 2 — izolnie stałego podwyższania się zwierciadła wód gruntowych pod wpływem zbiornika, w metrach (izolinia o wartości zerowej jest granicą zasięgu wpływu zbiornika); 3 — zapora czołowa; 4 — naturalny brzeg zbiornika; 5 — zapory boczne; 6 — granica obszaru badań; 7 — jeziora; 8 — rowy odwadniające i ciek

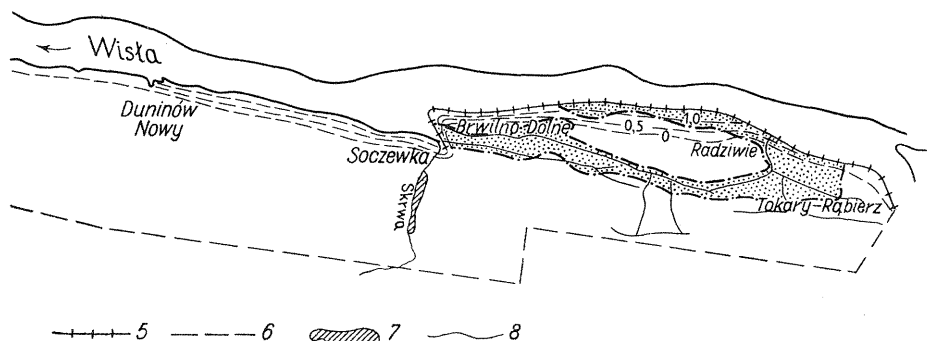
roczne wahania zwierciadła wód gruntowych, które wynoszą od 0,3 do 0,7 m.

Poza strefą wpływu zbiornika zwierciadło wód gruntowych kształtuje się tak jak przed spiętrzeniem w latach 1960—1968. Notuje się nawet przypadki rocznych stanów minimalnych niższych o kilka do kilkunastu centymetrów od stanu najniższego z wymienionego okresu przed spiętrzeniem. Roczne stany maksymalne po spiętrzeniu zbiornika nie przekraczają natomiast stanu najwyższego z lat 1960—1968. Odzwierciedla się tu zatem ogólny rytm wieloletni wahań czynników klimatyczno-hydrologicznych.

Po podniesieniu się zwierciadła wód gruntowych pod wpływem piętrzenia zbiornika kierunki odpływu i ich lokalne działy nie uległy zmianom. Ukształtowanie maksymalnego stanu zwierciadła wód gruntowych z 1971 r. jako stanu najwyższego w latach 1971—1976 przedstawia fig. 8. Ilustruje ona również zróżnicowanie zasięgu wpływu piętrzenia zbiornika na wody gruntowe oraz tereny podtopione. Mapa ta obejmuje cały obszar przyległy do zbiornika łącznie z terenami leżącymi na południe od obszarów depresyjnych. Wartości hydroizohips są odniesione do eksploatacyjnego poziomu wody w zbiorniku przy zaporze czołowej, jako względnego poziomu zerowego. Dotyczy to również innych rysunków.

WPLYW ZBIORNIKA NA WODY GRUNTOWE W OBSZARZE DEPRESYJNYM MIĘDZY ZAPORĄ CZOŁOWĄ A MOSTKAMI

Obszar depresyjny między zaporą czołową a Mostkami zbudowany jest z dobrze przepuszczalnych osadów piaszczysto-żwirowych. Stany zwierciadła wód gruntowych są tu regulowane możliwościami drenażowymi



1 — depressional areas; 2 — isolines of steady rise of groundwater table due to reservoir, in meters (zero isoline marks the boundary of reservoir influence); 3 — front dam; 4 — natural margin of reservoir; 5 — lateral embankments; 6 — studied area; 7 — lakes; 8 — draining trenches and creeks

Kanału A i przepompowni w Modzerowie. Po wybudowaniu zapory bocznej między zaporą czołową a Mostkami zamknięto ujście Zuzanki do Wisły, a jej wody skierowano do Kanału A. Kanał ten przebiega w bardzo zróżnicowanej odległości od zbiornika, co ma różny wpływ na eliminację skutków piętrzenia. Przepompownia w Modzerowie odprowadza do zbiornika wodę z Kanału A na odcinku od Mostek do Łęgu. Na pozostałym odcinku Kanału A woda spływa do Wisły poniżej zapory czołowej grawitacyjnie.

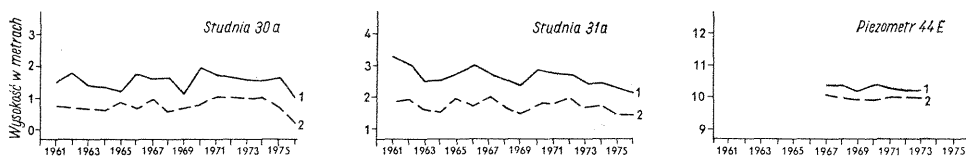


Fig. 5. Wykresy rocznych stanów maksymalnych (1) i minimalnych (2) zwierciadła wód gruntowych w strefie naturalnego brzegu zbiornika

Graphs of maximum (1) and minimum (2) annual levels of groundwater table in the zone of natural banks of the reservoir

Wpływ piętrzenia na podwyższenie zwierciadła wód gruntowych zaznaczył się bardzo wyraźnie między zbiornikiem i Kanałem A. W pobliżu zapory bocznej zwierciadło wód gruntowych podniosło się maksymalnie do 2,0—2,5 m ponad stan najniższy z lat 1960—1968 przed spiętrzeniem, nie przekraczając stanu najwyższego z tego okresu. Wpływ piętrzenia maleje w kierunku Kanału A, gdzie całkowicie zanika. W rejonie Mostek zasięg wpływu przekracza Kanał A w związku z sąsiedztwem obszaru przyległego do części zbiornika o brzegu naturalnym, a więc obszaru ze znacznie dalej sięgającym wpływem piętrzenia.

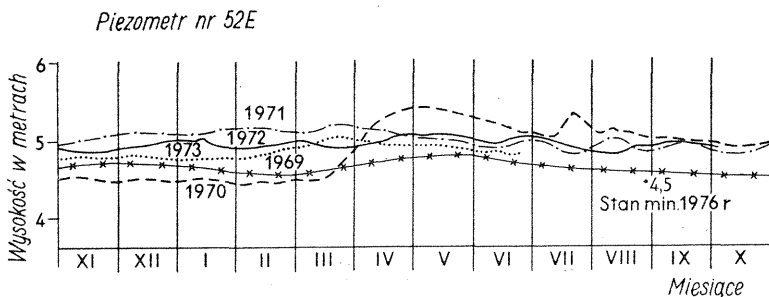


Fig. 6. Wykresy wahań zwierciadła wód gruntowych na terenie nie objętym wpływem zbiornika
 Graphs of groundwater table oscillations in the area not influenced by the reservoir

Oddalenie Kanału A od zbiornika (ponad 400 m) spowodowało podtopienie okolic Łęgu, Modzerowa oraz Mostek, gdyż zwierciadło wody występuje tutaj w pobliżu, a miejscami na samej powierzchni. Dodatkowo spotęgował to mały spadek wód w Kanale A, co jest przyczyną słabego ich odprowadzania w kierunku przepompowni w Modzerowie. Przepompownia ta, odległa o ok. 5 km, nie jest w stanie wytworzyć odpowiednio dużego spadku wód w Kanale i dodatkowe rowy odwadniające nie zmieniają istniejącej sytuacji. W rejonie tym należałoby wybudować nową przepompownię, która wytworzyłaby odpowiednią depresję wód gruntowych. W Wistce Królewskiej, gdzie Kanał A przebiega w odległości ok. 30 m od zbiornika, tego rodzaju ujemnych skutków wpływu piętrzenia nie obserwuje się, gdyż zwierciadło wody gruntowej zostało tutaj odpowiednio przez Kanał obniżone.

Na pozostałych terenach depresyjnych i niedepresyjnych położonych na południe od Kanału A, z wyjątkiem okolic Mostek, nie obserwuje się wpływu piętrzenia na podwyższenie zwierciadła wód gruntowych.

Najwyższy roczny stan maksymalny zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika notowany był w 1971 r. Był on skutkiem nie tylko wpływu piętrzenia, ale i niezwykle intensywnych opadów atmosferycznych. W następnych latach — aż do 1976 r. — zwierciadło wód gruntowych wykazywało tendencje obniżające, ale nie obserwowało się istotnych zmian w jego ukształtowaniu. Tę tendencję można prześledzić na wykresach rocznych stanów maksymalnych i minimalnych sporządzonych w kolejności lokalizacji piezometrów na przekroju prostopadłym do zbiornika (fig. 9). Różnica między rocznymi stanami maksymalnymi w latach 1972—1976 w porównaniu ze stanem z 1971 r. jest nieduża i wynosi od 0,05 do 0,30 m. Jest to zrozumiałe ze względu na stabilizujący wpływ poziomów wód w zbiorniku i Kanale A. Na terenach położonych na południe od obszaru depresyjnego różnica ta jest natomiast większa i wynosi przeważnie 0,3—0,6 m.

Po spiętrzeniu zbiornika w obszarze depresyjnym roczne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych poważnie zmniejszyły się w stosunku do amplitud notowanych w poszczególnych latach przed spiętrzeniem i wynoszą 0,06—0,40 m. W okresie od 1971 do 1976 r. amplitudy wahań były odpowiednio większe — od 0,3 do 0,8 m.

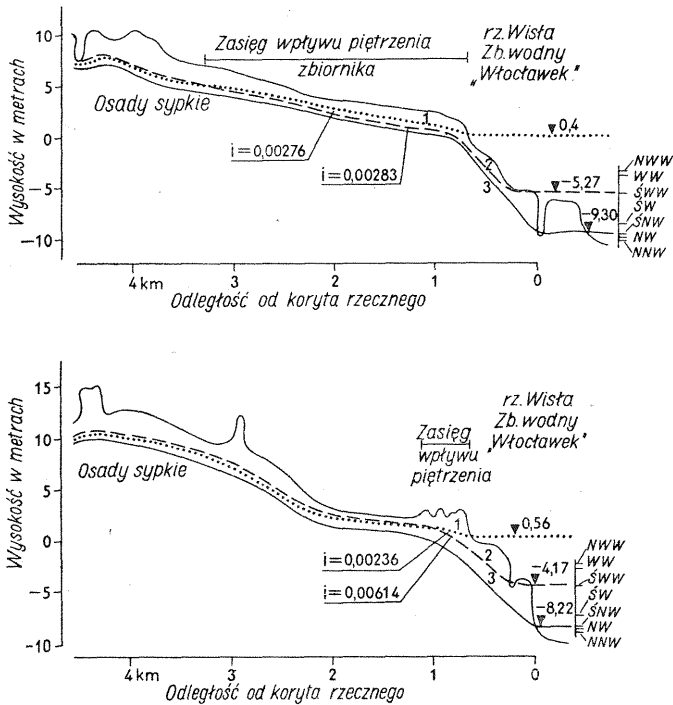


Fig. 7. Zależność zasięgu wpływu zbiornika od spadku hydraulicznego zwierciadła wód gruntowych

Dependence of the extent of influence of the reservoir on hydraulic gradient of groundwater table

1 — stan najwyższy zwierciadła wód gruntowych w latach 1971—1976 po spiętrzeniu zbiornika, w metrach; 2 — stan najwyższy zwierciadła wód gruntowych w latach 1960—1968 przed spiętrzeniem zbiornika, w metrach; 3 — stan najniższy zwierciadła wód gruntowych w latach 1960—1968 przed spiętrzeniem zbiornika, w metrach; i — spadek hydrauliczny; stany wieloletnie wód Wisły: NW — niski, NNW — absolutnie minimalny; pozostałe objaśnienia jak na fig. 3

1 — the highest level of groundwater table in the years 1971—1976 after water damming in the reservoir, in meters; 2 — the highest level of groundwater table in the years 1960—1968 before water damming in the reservoir, in meters; 3 — the lowest level of groundwater table in the years 1960—1968 before water damming in the reservoir, in meters; i — hydraulic gradient; many-years water levels in the Vistula river: NW — low, NNW — the lowest; other explanations as given in Fig. 3

Na terenach leżących na południe od obszaru depresyjnego zwierciadło wód gruntowych kształtuje się w granicach rzędnych wahań, jakie obserwowano przed spiętrzeniem zbiornika w latach 1960—1968. Jedynie w 1976 r. znajdowało się ono o kilkanaście centymetrów poniżej stanu najniższego z wymienionego okresu przed spiętrzeniem. Ponieważ roczne stany minimalne zachodzą w okresach pozbawionych opadów, zatem powyższe zjawisko świadczy, że na tych terenach, z wyjątkiem okolic Mostek, piętrzenie zbiornika nie ma wpływu na wody

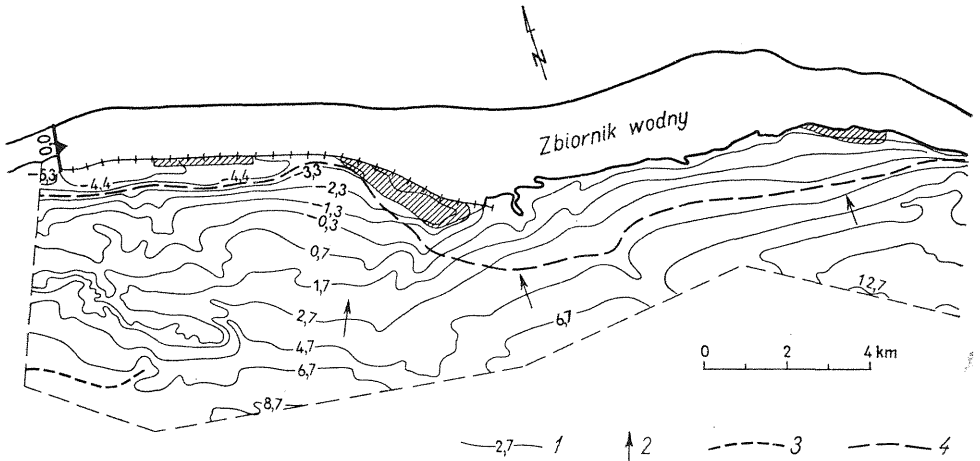


Fig. 8. Szkic ukształtowania zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika
Sketch map of morphology of groundwater table after water damming in the reservoir

1 — hydrozohipsy najwyższego stanu zwierciadła wód gruntowych w latach 1971—1976 w metrach w stosunku do poziomu wody w zbiorniku; 2 — ogólne kierunki odpływu wód gruntowych; 3 — lokalne działy wód gruntowych; 4 — granica zasięgu wpływu zbiornika na wody gruntowe; 5 — tereny podtopione pod wpływem zbiornika; 6 — naturalny brzeg zbiornika; 7 — zapory boczne zbiornika; 8 — zapora czołowa

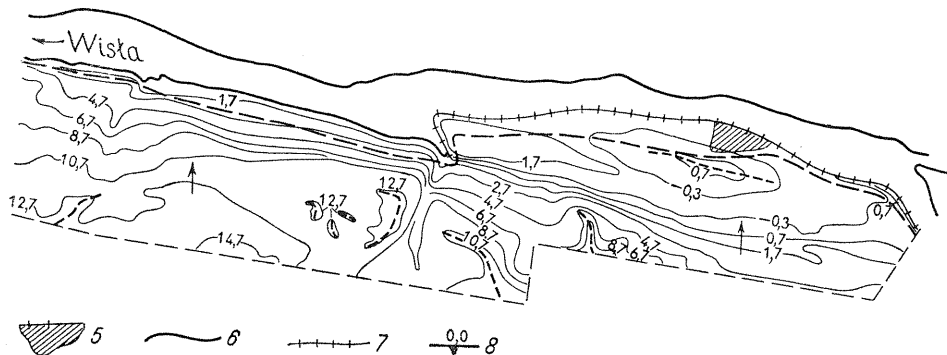
gruntowe. Roczne amplitudy wahań zwierciadła wynoszą od 0,4 do 1,0 m, a po spiętrzeniu (1971—1976) dochodzą do 1,4 m.

Ogólne kierunki odpływu wód gruntowych i ich działy lokalne nie uległy zmianom. Jedynie między zbiornikiem i Kanałem A odpływ wód gruntowych odbywa się obecnie do Kanału, a więc w kierunku przeciwnym.

Spośród wyróżnionych obszarów przyległych największe jest oddziaływanie zbiornika na obszar depresyjny sąsiadujący z zaporą czołową. Mimo to, jak wykazała dokładna analiza cotygodniowych pomiarów stanów zwierciadła wód gruntowych, nie ma w tym obszarze głębokiego krążenia wód ze zbiornika, które uzewnętrzniałoby się w stanach wód gruntowych poza Kanałem A. W związku z tym poglądy, wyrażane przez niektórych specjalistów na temat głębszego krążenia podziemnego wód ze zbiornika i przenikania ich na dalsze odległości od obszaru depresyjnego w tych warunkach nie znajdują potwierdzenia.

WPŁYW ZBIORNIKA NA WODY GRUNTOWE W OBSZARZE DEPRESYJNYM MIĘDZY BRWILNEM DOLNYM I TOKARAMI—RĄBIERZEM

Wody gruntowe w obszarze depresyjnym między Brwilnem Dolnym a Tokarami—Rąbierzem drenowane są za pomocą rowów odwadniających i przepompowywane do zbiornika. Stare rowy, istniejące od kilkudziesięciu lat przed wybudowaniem zbiornika, zostały odpowiednio przystosowane do zadań w nowych warunkach. Konieczność adaptacji



1 — hydroisohypses of the highest groundwater level in the years 1971—1976, in meters, in relation to water level in the reservoir; 2 — general flow directions; 3 — local watersheds of groundwaters; 4 — extent of influence of the reservoir on groundwaters; 5 — areas partly flooded under the influence of the reservoir; 6 — natural margin of the reservoir; 7 — reservoir lateral embankments; 8 — front dam

tych rowów wynika z trudności, jakie napotyka się przy odwodnieniu tych terenów. Trudności te wiążą się przede wszystkim z występowaniem namulów i torfów, które zalegają płatami od powierzchni do głębokości ok. 3,5 m, a miejscami nawet do ok. 6,0. Namuły i torfy leżą na podłożu dobrze przepuszczalnym złożonym z nawodnionych osadów piaszczysto-żwirowych.

W tym obszarze depresyjnym najwyższy stan zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika notowany był również w 1971 r. Lata

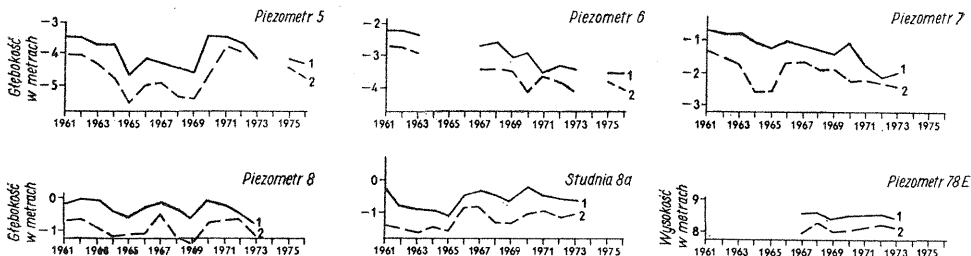


Fig. 9. Wykresy rocznych stanów maksymalnych (1) i minimalnych (2) zwierciadła wód gruntowych na obszarze depresyjnym

Graphs of maximum (1) and minimum (2) annual levels of groundwater in the depressional area

następne do 1976 r. cechowały się niższymi rocznymi stanami maksymalnymi. Stan najniższy z tego okresu miał miejsce dopiero w 1976 r., co było wynikiem długotrwałej suszy. Pozwolił on na dokładniejsze określenie zasięgu wpływu piętrzenia na wody gruntowe w obszarze przyległym.

Podwyższenie się zwierciadła wód gruntowych pod wpływem piętrzenia zaznaczyło się w strefie bezpośrednio przyległej do zbiornika. Z po-

równania rocznych stanów minimalnych przed i po spiętrzeniu wynika, że największe podwyższenie zwierciadła wód gruntowych do ok. 1,5 m nastąpiło przy zaporze bocznej. W miarę oddalania się od zbiornika wpływ ten szybko maleje i już w odległości 850 m zanika.

Wahania zwierciadła wód gruntowych w latach 1971—1976 są znaczne i wynoszą od 0,8 do 1,4 m. Zarówno wahania, jak i duże podwyższenie się zwierciadła wód gruntowych są odbiciem przede wszystkim okresowych wezbrań wód Wisły, które znacznie nadpiętrzają eksploatacyjny poziom w cofkowej części zbiornika.

Ujemne skutki piętrzenia zaznaczyły się szczególnie w północnej części Płocka — Radziwiu, gdzie tereny są nisko położone. Nastąpiło tu podtopienie budynków mieszkalnych i przemysłowych. Na łąkach w obszarze depresyjnym wpływu piętrzenia już się nie obserwuje. Zwierciadło wody gruntowej zostało tu odpowiednio obniżone rowami odwadniającymi. Obecny układ zwierciadła wód gruntowych jest korzystniejszy dla upraw niż przed spiętrzeniem.

Na terenach położonych na południe od obszaru depresyjnego zwierciadło wód gruntowych kształtuje się w granicach wahań wód, jakie miały miejsce przed spiętrzeniem w latach 1960—1968. W 1976 r. notowane były również przypadki obniżenia się zwierciadła wód gruntowych o kilkanaście centymetrów poniżej stanu najniższego z wyżej wymienionego okresu przed spiętrzeniem; świadczyć może to o braku wpływu piętrzenia na tych terenach. Roczne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych osiągają 0,5—1,2 m.

CZAS STABILIZACJI WPLYWU ZBIORNIKA NA WODY GRUNTOWE

Ustalenie dokładnego czasu stabilizacji między zbiornikiem i wodami gruntowymi w obszarze przyległym napotyka na trudności. Wynikają one głównie z powolnego spiętrzenia zbiornika, co trwało ponad 16,5 miesiąca, czyli z średnią prędkością 2 cm/dobę. W związku z tym na obszarze przyległym do części zbiornika o brzegu naturalnym szybciej zachodziły zmiany stanu zwierciadła wód gruntowych pod wpływem opadów atmosferycznych niż pod wpływem piętrzenia. Zacierało to możliwości wyodrębnienia na wykresach podwyższania się zwierciadła wód gruntowych pod samym wpływem zbiornika. Szczegółowa analiza charakterystycznych stanów z okresu jednego roku po spiętrzeniu i ich porównanie z charakterystycznymi stanami wieloletnimi z czasu przed spiętrzeniem pozwoliła na ustalenie zasięgu wpływu zbiornika na wody gruntowe. Dalsze pomiary stanów, prowadzone do końca 1976 r., i ich analiza potwierdziły ten zasięg jako maksymalny, gdyż w tym okresie nie uległ on dalszym przesunięciom. Świadczy to o wystąpieniu równowagi między wodami gruntowymi i zbiornikiem, w czasie nie dłuższym niż 1 rok od chwili zakończenia całkowitego spiętrzenia. Jest to ważne stwierdzenie dla realizacji następnych projektowanych zbiorników na rzekach Niżu Polskiego.

Za faktem szybkiej stabilizacji szczególnie przemawia wykres wahań zwierciadła wód gruntowych, sporządzony na podstawie pomiarów w pie-

zometrze nr 9 położonym między zbiornikiem i Kanałem A w obszarze depresyjnym (fig. 1). Podczas próbnego spiętrzania wody w zbiorniku na wysokość ok. 6 m po czterech dobach zaobserwowano podnoszenie się zwierciadła wód gruntowych. Po jednym miesiącu od momentu kulminacji próbnego spiętrzenia zwierciadło wód gruntowych przestało się podnosić.

Dla porównania można przytoczyć ciekawe wyniki, dotyczące czasu przejścia fali wód gruntowych wywołanej stanem powodziowym na Wiśle, które uzyskał autor podczas badań geologiczno-inżynierskich dla stopnia „Warszawa—Północ” w rejonie Łomianek (M. Perek, 1966). Stan powodziowy trwał tu 15 dni, podczas których nastąpiło wezbranie wód o 4,5 m. Napór wody powodziowej wywołał falę wód gruntowych, która przemieściła się na odległość 1100 m w czasie 17 dni. Czas przemieszczania się fali szczegółowo ilustruje fig. 10. Kształt krzywej na tym wy-

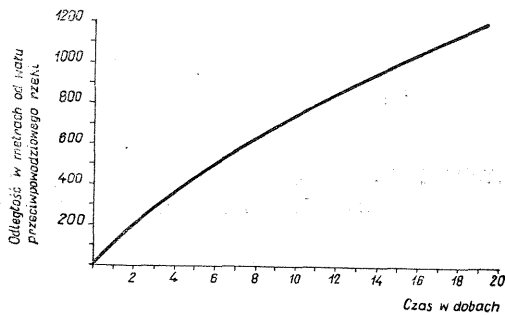


Fig. 10. Wykres czasu przemieszczania się fali wód gruntowych wywołanej stanem powodziowym Wisły w 1964 r. w Łomiankach

Graph of time of propagation of groundwater wave connected with flood of the Vistula river at Łomianki in 1964

kresie wskazuje na wielkość spadku szybkości tego przemieszczania w miarę oddalania się od wału przeciwpowodziowego.

Obserwacje stanów zwierciadła wód gruntowych z różnych fragmentów doliny Wisły na odcinku od Warszawy po ujście wskazują na szybką reakcję pod wpływem wahań poziomu wód Wisły nawet w znacznej odległości od koryta. W poszczególnych odcinkach omawianej doliny czas reakcji jest różny i zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od porowatości osadów sypkich budujących tarasy rzeczne. Jednak, nawet w skrajnych przypadkach, czas ten nie będzie przekraczał jednego roku.

Biorąc pod uwagę całokształt analizowanych wieloletnich wyników obserwacji zwierciadła wód gruntowych można przyjąć, że stabilizacja hydrodynamiczna między zbiornikiem a wodami gruntowymi nastąpiła w okresie ok. 6 miesięcy od chwili zakończenia spiętrzania wód w zbiorniku.

PIŚMIENICTWO

- KOLAGO C. (1963) — Objaśnienia do szczegółowej mapy hydrogeologicznej Polski, ark. Legionowo 1 : 50 000. Inst. Geol. Warszawa.
- PEREK M. (1966) — Kształtowanie się pierwszego poziomu wody podziemnej w obszarze depresyjnym projektowanego zbiornika „Warszawa—Północ” na Wiśle. LVI Sesja Naukowa, nt: Problemy geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne Doliny Dolnej Wisły, p. 215—222. Warszawa — Gdańsk.
- PEREK M. (1977) — Zakres badań dla oceny wpływu piętrzenia zbiornika na Wiśle we Włocławku na stan wód gruntowych. Prz. geol., 25, p. 317—319, nr 6. Warszawa.
- PEREK M. (w druku) — Metodyka badań wpływu zbiornika na wody gruntowe. Prz. geol. Warszawa.

Марьян ПЕРЕК

**ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА ВО ВЛОЦЛАВКЕ НА ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ
ПРИЛЕГАЮЩИХ ПЛОЩАДЕЙ (ЛЕВЫЙ БЕРЕГ ВИСЛЫ)**

Резюме

На площадях, расположенных на левом берегу Вислы и прилегающих к водохранилищу, созданному выше Влоцлавка, можно выделить районы депрессий по сравнению с эксплуатационным уровнем воды в водохранилище. В этом районе в 1968—1976 гг. автором изучалось влияние водохранилища на формирование первого источника грунтовых вод в новых условиях взаимодействия с хранилищем на Висле. Исходным материалом послужили результаты еженедельных замеров колебания зеркала грунтовых вод за 9-летний период, предшествующий созданию водохранилища и за 6-летний период после его создания. Наблюдательные пункты были размещены по профилям, перпендикулярным к хранилищу. Анализируя и сравнивая максимальное и минимальное годовое положение зеркала грунтовых вод, а также многолетние самые высокие и самые низкие уровни воды в период до и после создания водохранилища, автор разработал новую методику количественной оценки влияния водохранилища на эти воды, которую назвал „сравнительным анализом характерных уровней”. Этим методом были определены границы площадного влияния водохранилища на грунтовые воды, а также величины повышения зеркала этих вод. Площадное влияние водохранилища колеблется в границах от 100 до 2250 м. Установлено, что положение границы распространения влияния зависит от гидравлического падения зеркала грунтовых вод за период до создания водохранилища. Чем меньше гидравлическое падение, тем дальше распространяется влияние водохранилища на грунтовые воды и наоборот. Самое большое постоянное повышение зеркала грунтовых вод в депрессионной зоне достигало 2,5 м вблизи главной плотины. Определен также приблизительно период стабилизации между грунтовыми водами и водохранилищем.

Marian PEREK

**THE INFLUENCE OF THE WŁOCŁAWEK RESERVOIR ON GROUNDWATERS
IN NEIGHBOURING AREAS (LEFT BANK OF THE VISTULA RIVER)**

S u m m a r y

The left bank areas neighbouring the reservoir on the Vistula river unstream of Włocławek may be divided into depressional and not depressional in relation to exploitational water level in the reservoir. The author studied the extent of influence of the reservoir on hydrodynamics of the first groundwater table under new conditions of cooperation with the reservoir in the years 1968—1976. The studies covered weekly measurements of groundwater table oscillations from decade preceding water damming in the reservoir and subsequent six years. Observation posts were situated along sections perpendicular to the reservoir. In the analysis and comparisons of maximum and minimum annual groundwater levels and many-years' maximum and minimum levels before and after water damming, the author elaborated a new method of quantitative estimation of reservoir influence on water level, called as „comparative analysis of characteristic levels”. This method was used in estimations of the extent of reservoir influence on groundwaters and rise of their table. The extent of influence appeared to be highly variable, ranging from 100 to 2250 m, depending on original hydraulic gradient of groundwater table. Generally, the smaller the original gradient, the greater is the extent of influence of the reservoir on groundwaters, and vice versa. The greatest steady rise of groundwater table, about 2.5 m, was recorded in depressional area in the proximity of frontal dam. A rough estimation of the time of hydrodynamic stabilization between groundwaters and reservoir is also given.