

ROLA PROGNOZY STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W PROJEKTOWANIU STOPNI PIĘTRZĄCYCH

UKD 551.491.54:519.283:627.810

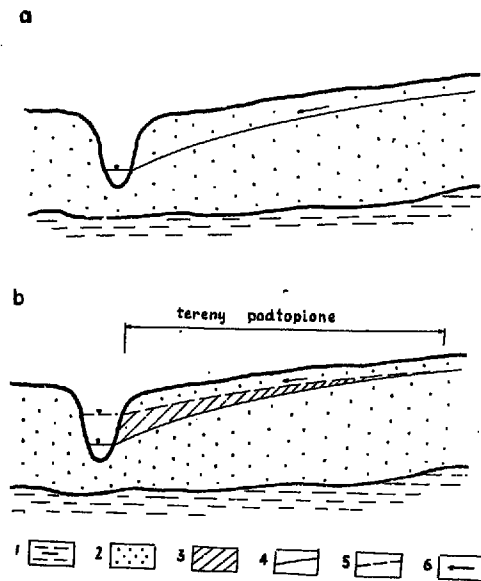
Doświadczenia ostatnich lat w projektowaniu stopni piętrzących oraz w zabezpieczaniu terenów nadbrzeżnych przed podtopieniem zwróciły uwagę zarówno hydrogeologów jak i projektantów-hydrotechników na zagadnienie prognozy stanów wód podziemnych. Po oddaniu do eksploatacji kilku pierwszych stopni piętrzących kaskady górnej Wisły oraz w wyniku realizowanych kolejno projektów dalszych stopni piętrzących i związanych z nimi badań geologiczno-inżynierskich wypracowano już zasadniczo metodykę badania wpływu piętrzenia rzeki na stany wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych i przy różnych wysokościach piętrzenia rzeki w stosunku do położenia powierzchni terenów nadbrzeżnych (2, 3, 4, 5). Obecnie można określić rolę prognozy stanów wód podziemnych w całokształcie hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich prac badawczych oraz hydrotechnicznych prac projektowych dotyczących stopni piętrzących i ochrony terenów nadbrzeżnych przed podtopieniem.

Spiętrzenie wód podziemnych, spowodowane powstaniem przystopniowego zbiornika wodnego, z techniczno-ekonomicznego punktu widzenia ważne jest w takim stopniu, w jakim oddziałuje na zagospodarowanie doliny rzeki w sąsiedztwie stopnia piętrzącego. Doliny rzek polskich — a szczególnie dolina Wisły — charakteryzują się, jak wiadomo, stosunkowo intensywnym zagospodarowaniem, do czego przyczyniła się m.in. budowa wałów przeciwpowodziowych, chroniących tereny dolinne przed wylewami wielkich wód powodziowych. Z drugiej strony trzeba dodać, że wały te wykorzystywane są obecnie często jako boczne ograniczenie zbiorników przystopniowych, co umożliwia wprawdzie uzyskanie większej wysokości piętrzenia rzeki, ale równocześnie zwiększa zagrożenie terenów zawała podtopieniem. Zarówno kultura rolne i leśne jak i zabudowa mieszkaniowa, przemysłowa i komunikacyjna tych terenów dostosowane zostały do naturalnych warunków przyrodniczych doliny, wśród których warunki wodne — a więc także położenie wód podziemnych — odgrywają zasadniczą rolę. Spiętrzenie wód podziemnych, naruszając istniejącą równowagę między warunkami wodnymi doliny i jej gospodarką może spowodować w rezultacie powstanie znacznych szkód materialnych.

Wpływ spiętrzenia rzeki na wody podziemne — z punktu widzenia zagrożenia zagospodarowanych terenów doliny — zależy nie tylko od wysokości piętrzenia rzeki, ale także od położenia spiętrzonego zwierciadła wody w zbiorniku w stosunku do powierzchni terenów nadbrzeżnych.

Przed spiętrzeniem rzeka tworzy wraz ze zbiornikiem wód podziemnych typowy, prosty schemat hydrauliczny „rzeka — wody podziemne” (ryc. 1a). Jeżeli po spiętrzeniu rzeki zwierciadło wody nie przewyższa powierzchni terenów nadbrzeżnych (ryc. 1b), to w takim układzie hydraulicznym zachodzą tylko zmiany ilościowe, wyrażające się podwyższeniem stanów wód podziemnych, wywołanym spiętrzeniem rzeki. Jeżeli mianem „podtopienie” nazwać zawodnienie pewnej warstwy gruntu, leżącej ponad

dotychczasowym położeniem zwierciadła wody podziemnej, to jako „tereny podtopione” można określić te obszary, na których występuje podtopienie. Podtopienie terenu ma miejsce zawsze przy takim spiętrzeniu rzeki, przy którym rzędna spiętrzonego zwierciadła wody nie przewyższa poziomu terenów nadbrzeżnych i związana jest z budową każdego stopnia piętrzącego, bez względu na wysokość piętrzenia rzeki. Albo bowiem wysokość piętrzenia rzeki jest już w przekroju piętrzenia tak niewielka, że rzędna piętrzenia nie przewyższa powierzchni terenów nadbrzeżnych na całej długości cofki (np. stopnie piętrzące Dąbie i Przewóz na górnej Wiśle i stopień Kościuszkowski), albo też w przypadku, gdy wysokość piętrzenia jest wyższa (np. stopnie piętrzące kaskady górnej Wisły), to wtedy w rezultacie naturalnego spadku podłużnego doliny rzecznej, w pewnej odległości od stopnia, w górę rzeki, spiętrzone zwierciadło wody w zbiorniku opada poniżej powierzchni terenu. Po spiętrzeniu rzeki mechanika działania układu hydraulicznego „rzeka — wody podziemne” jest na-



Ryc. 1. Schemat hydrauliczny „rzeka — wody podziemne”.

a — przed spiętrzeniem, b — po spiętrzeniu rzeki, 1 — warstwa nieprzepuszczalna, 2 — warstwa wodonośna, 3 — warstwa gruntów podtopionych wodami podziemnymi po spiętrzeniu rzeki, 4 — zwierciadło wody przed spiętrzeniem, 5 — zwierciadło wody po spiętrzeniu, 6 — kierunki przepływu wód podziemnych.

Fig. 1. Hydraulic scheme "river — ground waters".

a — before ponding, b — after ponding of the river, 1 — impermeable bed, 2 — water-bearing bed, 3 — bed of soils with ground waters after ponding of the river, 4 — water table before ponding, 5 — water table after ponding, 6 — directions of ground water flows.

stępująca. W określony miejscowymi warunkami przyrodniczymi związek wód podziemnych i powierzchniowych wprowadzona zostaje sztucznie istotna zmiana, wyrażająca się spiętrzeniem rzeki. Wysokość piętrzenia, jego zasięg (cofka) i reżim piętrzonej wody w zbiorniku są znane z projektu piętrzenia. Warunki przyrodnicze doliny, rozumiane tu jako warunki morfologiczne, geologiczne, hydrogeologiczne i hydrologiczne są czynnikiem stałym, pozostającym w zasadzie bez zmian. Natomiast pod wpływem piętrzenia rzeki o znanych, bo założonych projektem piętrzenia parametrach, powstaje w istniejących warunkach przyrodniczych nowy reżim wód podziemnych, charakteryzujący się przede wszystkim podwyższeniem stanów wody podziemnej oraz zmniejszeniem spadków i amplitud wahań zwierciadła wód podziemnych a niekiedy także zmianą kierunków przepływu strumienia podziemnego i zmianą granic obszaru zasilania. Ten nowy reżim wód podziemnych stanowi czynnik nieznamy w chwili projektowania stopnia piętrzącego. Jego rozpoznanie jeszcze przed zaistnieniem w terenie czyli określenie a priori, jak pod wpływem piętrzenia rzeki zmieni się reżim wód podziemnych, a w szczególności jak będą się kształtowały stany wód podziemnych i następnie ustalenie wpływu tych zmian na stan zagospodarowania doliny rzecznej na terenach podtopionych jest przedmiotem badań prognostycznych.

W przypadku terenów podtopionych szkodliwość piętrzenia rzeki dla istniejącego na nich stanu zagospodarowania nie wynika z samego faktu podtopienia. Może być ono z tego punktu widzenia ocenione jako:

a) szkodliwe — kiedy spiętrzenie wód podziemnych osiąga taką wysokość, że oddziałuje ujemnie na zabudowę terenu, podtapiając podziemne jego uzbrojenie (fundamenty, części podziemne i piwnice budynków, sieci kanalizacyjne, wodociągowe, telekomunikacyjne, ciepłownicze itp.) względnie zwiększa w szkodliwym stopniu wilgotność przypowierzchniowych warstw gruntu odbijając się ujemnie na kulturach rolnych lub leśnych;

b) nieszkodliwe — kiedy spiętrzenie zwierciadła wody podziemnej znajdować się będzie jeszcze o tyle głęboko pod powierzchnią terenu, że nie przyniesie ujemnych skutków, wymienionych powyżej; może ono być również nieszkodliwe wtedy, kiedy podtopienie terenów nadbrzeżnych nie pociąga za sobą strat ze względu na nieużyteczność gospodarczą tych terenów;

c) korzystne — kiedy spiętrzenie zwierciadła wody podziemnej spowoduje nawodnienie gruntów użytkowanych rolniczo a odczuwających dotychczas brak wody i wymagających nawodnień dla zwiększenia ich gospodarczej wartości.

Prognoza stanów wód podziemnych po spiętrzeniu rzeki powinna więc określić w pierwszym rzędzie ilościowe zmiany w reżimie wód podziemnych, a w szczególności w poziomach wód podziemnych, a następnie podać ocenę jakościową tych zmian dla gospodarki terenów przybiornikowych w zakresie wyżej podanym. Od wyników badań prognostycznych zależy następnie podjęcie decyzji o konieczności wykonania urządzeń odwadniających, zabezpieczających teren przed ujemnymi skutkami podtopienia względnie o sposobie wykorzystania spiętrzenia wód podziemnych do nawodnień. Prognoza wpływu piętrzenia w swym końcowym etapie powinna również dostarczyć wstępnych danych do zaprojektowania tych urządzeń.

Podstawowe założenia metodyki badań prognostycznych wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne dla charakterystycznego dla terenów podtopionych układu hydraulicznego „rzeka — wody podziemne” przedstawiają się następująco (2):

1. Rozpoznanie warunków przyrodniczych terenu następuje w toku badań geologiczno-inżynierskich do poszczególnych faz projektowania stopnia piętrzącego. Ponieważ zakres terytorialny i rzeczowy rozpoznania, potrzebny do opracowania prognozy wpływu

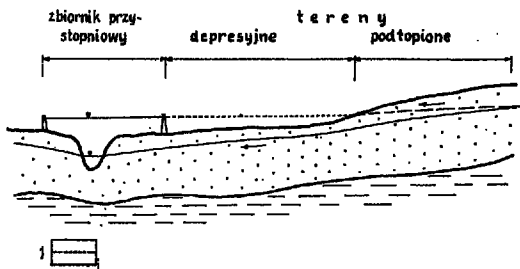
piętrzenia, jest częstokroć szerszy niż się to na ogół przyjmuje w badaniach geologiczno-inżynierskich dla projektów stopnia piętrzących, więc projekty robót geologiczno-inżynierskich powinny być sporządzane także pod kątem widzenia potrzeb badań prognostycznych, przy czym w kolejnych fazach projektowania badań należy uwzględnić wnioski wynikające z wyników poprzedzających je etapów prognozowania.

2. Podstawowe znaczenie dla poprawnego sporządzenia prognozy ma rozpoznanie reżimu wód podziemnych przed spiętrzeniem rzeki. Rozpoznanie to uzyskuje się na podstawie obserwacji hydrogeologicznych prowadzonych w specjalnie do tego celu założonej sieci obserwacyjnej, której zasięg i gęstość oraz częstotliwość wykonywania obserwacji powinny być dostosowane do potrzeb prognozowania. Jednym z warunków wystarczająco dokładnego rozpoznania reżimu wód podziemnych jest odpowiednia długość trwania obserwacji, zabezpieczająca miarodajne określenie charakterystycznych stanów i przepływów wód podziemnych. Jako miarodajne okresy obserwacji przyjęto 10 lat z tym, że wstępne rozpoznanie reżimu wód podziemnych, potrzebne do opracowania wstępnej prognozy wpływu piętrzenia, powinno się opierać na minimum 5-letnich obserwacjach, wykonanych w tzw. podstawowej sieci obserwacyjnej.

3. Ze względu na: a) wymaganą długość trwania obserwacji hydrogeologicznych, b) rosnący stopień rozpoznania naturalnych warunków przyrodniczych terenu, uzyskiwamy w kolejno wykonywanych badaniach geologiczno-inżynierskich do poszczególnych faz projektowania, c) skomplikowany i wielostronny charakter badań prognostycznych — prognoza wpływu piętrzenia powinna być zasadniczo wykonywana w trzech etapach, dostosowanych do kolejnych faz projektowania inwestycji. Ocena skutków budowy stopnia piętrzącego i podjęcia decyzji o konieczności dodatkowych inwestycji (odwodnienie lub nawodnienie) powinny przy tym nastąpić na tyle wcześnie, aby koszt tych inwestycji mógł być uwzględniony przy ustalaniu całkowitego nakładów inwestycyjnych, związanych z planowanym stopniem piętrzącym. W związku z tym ostatnia faza badań prognostycznych (prognoza szczegółowa) powinna być zakończona przed zatwierdzeniem projektu wstępnego stopnia piętrzącego, a założenia projektowe stopnia piętrzącego należy poprzedzić prognozą wstępną wpływu piętrzenia.

Inaczej przedstawia się sytuacja, gdy zwierciadło spiętrzonej wody w rzece przynajmniej na pewnym odcinku powyżej stopnia piętrzącego przewyższa powierzchnię terenów nadbrzeżnych, bezpośrednio sąsiadujących ze zbiornikiem przystopniowym, który w takich przypadkach ograniczony jest zaporami bocznymi (jako zapory boczne wykorzystuje się często istniejące wały przeciwpowodziowe, ewentualnie wzmocnione i podwyższone). W rezultacie powstają często rozległe tereny depresyjne to znaczy takie, których powierzchnia znajduje się poniżej zwierciadła wody w zbiorniku (ryc. 2). Gdyby po spiętrzeniu rzeki w opisanych wyżej warunkach nie stworzono odpowiednich urządzeń zabezpieczających tereny depresyjne, to zostałyby one zalane wodą, przesiąkającą ze zbiornika przystopniowego i napływającą ze zlewni wód podziemnych a gospodarca, istniejąca na nich przed spiętrzeniem rzeki, musiałaby ulec zniszczeniu.

Wysokość zatopienia terenów depresyjnych zależy od tego, czy ukształtowanie ich powierzchni względnie naturalnego spadku doliny rzecznej oraz istniejąca zabudowa terenu pozwalają na swobodny spływ powierzchniowy wody, infiltrującej ze zbiornika oraz napływającej ze zlewni. Dobrą ilustracją różnych, występujących tu możliwości jest rejon projektowanego stopnia piętrzącego w Nowym Kierzynie, zlokalizowanego na rzece Wiśle tuż poniżej ujścia Dunajca (ryc. 3). Cofka piętrzenia sięga tu ok. 20 km powyżej stopnia na Wiśle i ok. 10 km w górę Dunajca.

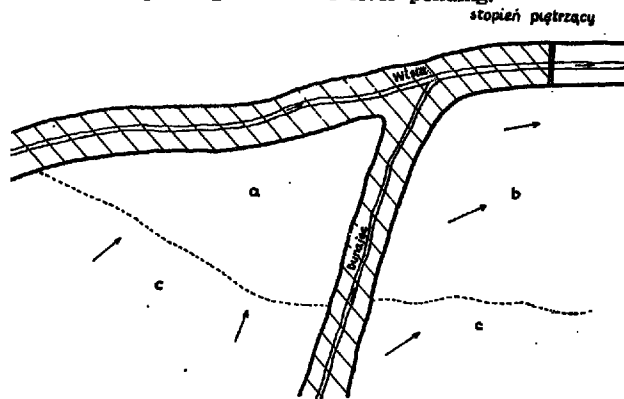


Ryc. 2. Tereny depresyjne i tereny podtopione po spiętrzeniu rzeki.

1 — wysokość zatopienia terenów depresyjnych równa rzędnej spiętrzenia rzeki. Pozostałe oznaczenia jak na ryc. 1.

Fig. 2. Depression areas and seepage areas after river ponding.

1 — height of inundation in the depression areas corresponding to that of river ponding.



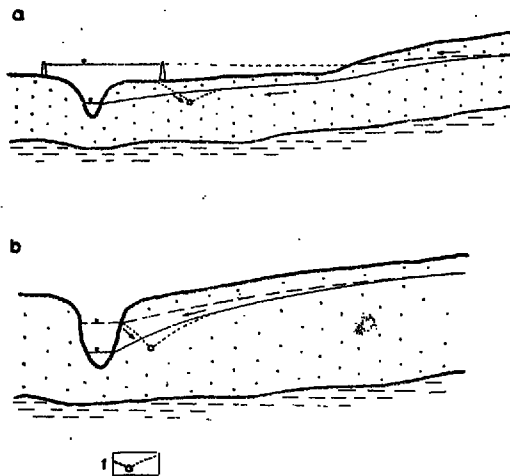
Ryc. 3. Schemat terenów depresyjnych i terenów podtopionych na prawym brzegu Wisły, w rejonie projektowanego stopnia piętrzącego w Nowym Korczynie (wg prognozy wpływu piętrzenia rzeki na wody podziemne).

1 — zbiornik przystopniowy, 2 — wały przeciwpowodziowe, 3 — warstwica, równa rzędnej projektowanego piętrzenia rzeki, 4 — przewidywane kierunki przepływu wód podziemnych, a — tereny depresyjne zamknięte, b — tereny depresyjne otwarte, c — tereny podtopione.

Fig. 3. Scheme of depression and of seepage areas on the right Vistula river bank in the region of projected dam at Nowy Korczyn (according to the prognosis on the influence of river ponding upon ground waters).

1 — near-dam reservoir, 2 — ramparts, 3 — contour line corresponding to the ordinate of the river ponding projected, 4 — supposed directions of ground water flows, a — closed depression areas, b — open depression areas, c — areas of water seepage.

Na prawym brzegu Wisły powyżej ujścia Dunajca, w widłach obu tych rzek, powstana po spiętrzeniu tzw. zamknięte tereny depresyjne o powierzchni ok. 26,8 km². Na terenach tych po spiętrzeniu rzeki woda mogłaby się gromadzić na obszarach zawala Wisły i Dunajca, nawet do wysokości rzędnej piętrzenia, gdyż odnoga zbiornika przystopniowego, sięgająca w górę Dunajca, nie pozwoli na swobodny, powierzchniowy spływ wody w dół doliny Wisły. Granice zbiornika przystopniowego przesunęłyby się wtedy do faktycznych granic zalewu, poza którymi powstałyby tereny podtopione. Natomiast poniżej ujścia Dunajca powstałyby po spiętrzeniu Wisły, na prawym jej brzegu, tzw. otwarte tereny depresyjne o powierzchni ok. 57,6 km². Także i tu spiętrzenie zwierciadła wody w rzece znajdzie się o kilka metrów powyżej powierzchni terenów zawala, ale brak podobnej przeszkody terenowej, jaką w poprzednim



Ryc. 4. Schemat hydrauliczny „rzeka — system odwadniający — wody podziemne”.

a — na terenach depresyjnych, b — na terenach podtopionych.

1 — system odwadniający oraz położenie zwierciadła wody podziemnej po spiętrzeniu rzeki i odwodnieniu terenów nadbrzeżnych. Pozostałe oznaczenia jak na ryc. 1.

Fig. 4. Hydraulic scheme "river — drainage system — ground waters".

a — in the depression areas, b — in the seepage areas. 1 — drainage system and ground water level after river ponding and after drainage of near-bank zones. Other explanations as in Fig. 1.

przypadku stanowiło obwałowane koryto Dunajca, tworzące część zbiornika przystopniowego, umożliwi powierzchniowy spływ wody. W tych warunkach na otwartych terenach depresyjnych woda mogłaby wystąpić na powierzchni tylko w bezodpływowych zagłębieniach, natomiast spiętrzenie rzeki spowodowałoby bardzo znaczne podtopienie tych terenów, sięgające nawet do ich powierzchni.

W przypadku terenów depresyjnych szkodliwość piętrzenia rzeki dla ich zagospodarowania jest oczywista. Ponieważ zatopienie ich ze względów ekonomicznych jest niedopuszczalne więc równocześnie ze spiętrzeniem rzeki musi być gotowy do użytku odpowiedni system zabezpieczający, niedopuszczający do powstania sytuacji awaryjnej na terenach depresyjnych. Najczęściej taki system zabezpieczający buduje się w postaci urządzeń odwadniających (drenaż poziomy lub pionowy), usytuowany zwykle wzdłuż zapór (wałów) bocznych zbiornika.

System odwadniający w odniesieniu do wód podziemnych przejmuję w pewnym sensie dotychczasowe działanie rzeki jako ich recypienta. O ile bowiem przed spiętrzeniem czynnikiem drenującym dolinę była rzeka, do której spływały wody podziemne o tyle teraz, po spiętrzeniu rzeki, rolę drenażu doliny spełniać będzie system odwadniający. Powstanie tym samym nowy układ hydrauliczny: „zbiornik przystopniowy — system odwadniający — wody podziemne” (ryc. 4a), zastępujący dawny układ hydrauliczny: „rzeka — wody podziemne” (ryc. 1). Ten nowy układ hydrauliczny może zresztą zaistnieć nie tylko na terenach depresyjnych gdzie jest nieomal że regułą, ale także na terenach podtopionych, jeżeli wymagają one odwodnienia (ryc. 4b). Dla określenia roli prognozy stanów wód podziemnych w tym nowym układzie należy wpiętych ustalić wzajemne związki trzech, występujących w nim składników.

W układzie hydraulicznym „zbiornik przystopniowy — system odwadniający — wody podziemne” (podobnie jak w układzie „rzeka — wody podziemne”) warunki przyrodnicze doliny nie ulegają zmianie po spiętrzeniu rzeki, są wartością stałą. Po wprowadzeniu do istniejącego dawniej układu hydraulicznego „rzeka — wody podziemne” nowego składnika „system odwadniający”, przestaje istnieć bezpośred-

ni związek wód powierzchniowych i wód podziemnych. Powstają natomiast dwa nowe bezpośrednie związki: „zbiornik przystopniowy — system odwadniającający” i „system odwadniającający — wody podziemne”, połączone wprawdzie w jeden układ hydrauliczny składnikiem „system odwadniającający” ale w zasadzie działające o tyle niezależnie od siebie, że bezpośredni wpływ stanów wody w rzece na wody podziemne (i vice versa wpływ wód podziemnych na stany wody w rzece) przestaje istnieć.

Wpływ stanów wody w rzece na działanie systemu odwadniającającego można w niniejszych rozważaniach pominąć. Natomiast wzajemne oddziaływanie na siebie składników „system odwadniającający” i „wody podziemne” wytwarza w dolinie rzeki nowy układ stosunków wodnych, charakterystyczny tym, że jest on obustronnie, z góry uregulowany projektem odwodnienia. Wobec tego, że bezpośredni związek hydrauliczny wód podziemnych i wód powierzchniowych przestał istnieć a stany wód podziemnych kształtują się teraz niezależnie od stanów wody w rzece traci również rację bytu prognoza wpływu piętrzenia rzeki na stany wód podziemnych, pomyślana analogicznie jak dla układu hydraulicznego „rzeka — wody podziemne”.

Powstaje pytanie, czy w nowym układzie hydraulicznym „zbiornik przystopniowy — system odwadniającający — wody podziemne” w ogóle istnieje zagrożenie prognozy stanów wód podziemnych (rozumianej teraz jako prognoza wpływu systemu odwadniającającego na wody podziemne). Aby odpowiedzieć na to pytanie trzeba przede wszystkim stwierdzić, że projekt odwodnienia powinien nie tylko zabezpieczyć określone tereny przed zatopieniem, ale także projektowi temu powinno towarzyszyć kompleksowe rozpoznanie wpływu systemu odwadniającającego na wody podziemne, obejmujące całkowicie tę część doliny rzecznej, na której system odwadniającający oddziaływać będzie na reżim wód podziemnych.

Jednym z częściej spotykanych nieporozumień w projektach odwodnienia jest ograniczanie ich zakresu tylko do ochrony bezpośrednio zagrożonych obiektów lub terenów, bez równoczesnego rozpoznania oddziaływania systemu odwadniającającego na stany wód podziemnych w dalszym zasięgu, poza granicami bezpośredniego zainteresowania projektu odwodnienia. Ograniczenie to prowadzić może do tego, że wprawdzie zagrożone obiekty lub tereny zostaną z powodzeniem uchronione przed zawodnieniem, ale równocześnie w szerszym promieniu działania systemu odwadniającającego stany wód podziemnych zostaną obniżone (lub podwyższone) w stopniu szkodliwym dla prowadzonej tu gospodarki lub istniejącej zabudowy. Ponadto poprawnie wykonany projekt odwodnienia powinien uwzględniać naturalne wahania stanów i przepływów wód podziemnych, które w zależności od przyjętego rozwiązania systemu odwadniającającego mogą poważnie rzutować na określenie jego technicznych parametrów.

Uwzględnienie zmienności stanów i przepływów wód podziemnych jest szczególnie ważne przy wyborze koncepcji odwodnienia, kiedy trzeba zdecydować o tym, czy ideą odwodnienia będzie utrzymanie stałych poziomów wody podziemnej przy zmiennej w czasie wydajności wody z urządzeń odwadniającających, czy też można dopuścić do wahań zwierciadła wody podziemnej w zasięgu działania systemu odwadniającającego, pracującego ze stałą wydajnością (zagadnienie to było np. jednym z trudniejszych do rozwiązania przy projektowaniu zabezpieczenia m. Krakowa przed podtopieniem ze względu na równoczesne wykorzystanie wody z odwodnienia do zaopatrzenia miejscowego przemysłu). Określenie już w toku projektowania wpływu działania systemu odwadniającającego na stany wód podziemnych oraz ustalenie warunków pracy urządzeń odwadniającających w istniejącym na danym terenie reżimie wód podziemnych jest jednym z warunków poprawnego wyboru koncepcji i szczegółów technicznych systemu odwadniającającego.

Z przytoczonych wyżej rozważań wynika wniosek, że łącznie z projektem odwodnienia należy sporządzić prognozę wpływu działania systemu odwadniającającego na wody podziemne (w niektórych przypadkach może to być raczej prognoza wpływu reżimu wód podziemnych na działanie systemu odwadniającającego). Badania prognostyczne wpływu odwodnienia dotyczyć będą oczywiście układu hydraulicznego „zbiornik przystopniowy — system odwadniającający — wody podziemne”, charakterystycznego dla terenów depresyjnych, ale występującego również na terenach podtopionych jeżeli zachodzi konieczność ich odwodnienia.

Metodyka i zakres badań prognostycznych wpływu odwodnienia oraz sposób dostosowania ich do faz projektowania inwestycyjnego są obecnie przedmiotem rozpoczętych badań i studiów w Zakładzie Eksploatacji i Zasobów Wód Podziemnych Politechniki Krakowskiej, stanowiąc w pewnym sensie kontynuację prac nad sporządzoną tam (3) metodyką prognozowania wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne (układ hydrauliczny „rzeka — wody podziemne”). W chwili obecnej można więc jedynie sformułować podstawowe założenia, na których będą się one opierać. Założenia te przedstawiają się następująco.

1. Rozpoznanie warunków przyrodniczych terenu następuje w wyniku badań geologiczno-inżynierskich, których zakres terytorialny i merytoryczny powinien być dostosowany do potrzeb projektu odwodnienia i prognozy wpływu odwodnienia na wody podziemne.

2. Konieczność rozpoznania reżimu wód podziemnych w celu ustalenia wzajemnego wpływu systemu odwadniającającego na reżim wód podziemnych i vice versa wymaga przeprowadzenia obserwacji hydrogeologicznych, których zasięg i zakres są w zasadzie podobne jak w badaniach wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne.

3. Obserwacje hydrogeologiczne mają na celu rozpoznanie reżimu wód podziemnych i ustalenie charakterystycznych stanów wód podziemnych nie tylko jako podstawy do projektu odwodnienia i następnie kontroli jego działania, ale także jako podstawy do dochodzeń wodno-prawnych.

4. Kompleksowość badań hydrogeologicznych, obszerny ich zakres i znaczna długotrwałość (m. in. wieloletnie obserwacje) wskazują na celowość wykonywania ich w kilku etapach, które powinny być dostosowane do faz projektowania systemu odwadniającającego. Cechą charakterystyczną projektowania systemu odwadniającającego i prognozowania jego wpływu na wody podziemne powinien być rosnący stopień dokładności w rozpoznawaniu reżimu wód podziemnych i ustalaniu wzajemnego wpływu jego oddziaływania na wody podziemne i odwrotnie, przy równoczesnym uściśleniu parametrów technicznych — najbardziej efektywnego rozwiązania projektowanego odwodnienia.

5. Pierwszy etap badań hydrogeologicznych powinien być związany z odpowiednio wczesną fazą projektowania stopnia piętrzącego (założenia projektowe lub projekt wstępny) oraz z tworzącymi jej badaniami geologiczno-inżynierskimi. Dotyczy on jeszcze układu hydraulicznego „rzeka — wody podziemne”, a w wyniku badań tego etapu należy ustalić istnienie terenów depresyjnych wymagających odwodnienia, względnie podjąć decyzję o konieczności odwodnienia terenów podtopionych oraz ustalić granice tych terenów. Następne etapy badań hydrogeologicznych powinny doprowadzić do opracowania prognozy wpływu odwodnienia na wody podziemne i odnoszą się do układu hydraulicznego „zbiornik przystopniowy — system odwadniającający — wody podziemne”. Etapy te należy wiązać z kolejnymi fazami projektu odwodnienia.

Obok szeregu podobieństw, między metodyką prognozowania wpływu piętrzenia na wody podziemne a metodyką prognozowania wpływu odwodnienia na wody podziemne zaznaczają się także istotne róż-

nice. Ważniejsze z nich przedstawiają się następująco:

a) projektowaną wysokość piętrzenia rzeki ustala się w zależności od całego szeregu przesłanek, z których jedną tylko jest wpływ piętrzenia rzeki na wody podziemne, a więc zagrożenie terenów nadbrzeżnych podtopieniem. Zasadniczo tylko wyniki pierwszej fazy prognozy wpływu piętrzenia mogą wpływać na ustalenie projektowanej rzędnej piętrzenia, a tym samym na projektowanie inwestycji (stopnia piętrzącego). W dalszych fazach prognozowania wysokość projektowanego piętrzenia rzeki zasadniczo nie ulega już zmianie i jest od wyników tych badań niezależna. Natomiast w prognozowaniu wpływu odwodnienia na wody podziemne wzajemna zależność wyników badań prognostycznych oraz projektowania inwestycji (odwodnienie) utrzymuje się na ogół aż do całkowitego zakończenia prac projektowych i badań prognostycznych. Każda bowiem zmiana nie tylko koncepcji odwodnienia, ale także i jego szczegółów technicznych musi być następnie uwzględniona w badaniach prognostycznych i odwrotnie — wyniki kolejnych etapów prognozowania mogą spowodować zmiany nie tylko w szczegółach technicznych projektowanego systemu odwadniającego lecz nawet w jego zasadniczej koncepcji. W rezultacie projektowanie odwodnienia i prognozowanie jego wpływu na wody podziemne wymaga bardziej ścisłej współpracy między hydrogeologami a projektantami-hydoteknikami niż w przypadku projektowania stopnia piętrzącego, przy czym współpraca ta powinna trwać nieomal że przez cały czas projektowania;

b) projekt odwodnienia oraz badania prognostyczne wpływu odwodnienia na stany wód podziemnych mogą — a nawet powinny — być realizowane niezależnie od projektowania stopnia piętrzącego i związanych z nim badań geologiczno-inżynierskich. Prowadzić je można nawet już po zakończeniu projektowania stopnia i w czasie jego budowy. Natomiast prognoza wpływu piętrzenia rzeki na stany wód podziemnych powinna być w swojej ostatecznej fazie w zasadzie zakończona przed ukończeniem projektu wstępnego stopnia piętrzącego i jest ściśle związana z projektowaniem stopnia;

c) w prognozie wpływu odwodnienia w większym stopniu niż w prognozie wpływu piętrzenia nabierają znaczenia badania prognostyczne nieustalonego, zmiennego w czasie przepływu wód podziemnych. Tym samym badania prognostyczne wpływu odwodnienia mogą być merytorycznie trudniejsze i bardziej pracochłonne od prognozowania wpływu piętrzenia. Szczególnie wielkiego znaczenia nabierają tu badania modelowe.

W podsumowaniu powyższych uwag można rolę prognozy stanów wód podziemnych w badaniach hydrogeologicznych w związku z projektowaniem stopni piętrzących przedstawić następująco:

1. W układzie hydraulicznym „rzeka — wody podziemne” prognoza dotyczy wpływu piętrzenia rzeki na stany wód podziemnych i aktualna jest w przypadku każdego piętrzenia rzeki, chyba że warunki piętrzenia z góry przesądzą o nieszkodliwości jego wpływu na wody podziemne dla warunków gospodarczych doliny. Badania prognostyczne prowadzone są do poszczególnych faz projektowania stopnia piętrzącego, a ze względu na potrzeby projektowania powinny być w zasadzie zakończone przed ukończeniem projektu wstępnego stopnia piętrzącego. Wyniki badań prognostycznych rozstrzy-

gają o potrzebie ochrony terenów nadbrzeżnych przed podtopieniem. W przypadku podjęcia decyzji o potrzebie odwodnienia doliny rzeki dalsze badania prognostyczne dotyczą wpływu odwodnienia na stany wód podziemnych, a więc układu hydraulicznego „zbiornik przystopniowy — system odwadniający — wody podziemne” i stanowią kontynuację poprzednich.

2. W układzie hydraulicznym „zbiornik przystopniowy — system odwadniający — wody podziemne” prognoza dotyczy wpływu odwodnienia na wody podziemne i aktualna jest zawsze tylko w odniesieniu do terenów depresyjnych. Dla terenów podtopionych sporządza się ją tylko w przypadku podjęcia decyzji o ich odwodnieniu. Badania prognostyczne wykonywane są w związku z projektowaniem odwodnienia, w ścisłym związku z poszczególnymi fazami tego projektu i kończą się po ustaleniu ostatecznej koncepcji i szczegółów technicznych systemu odwadniającego. Wiązanie tych badań z projektowaniem stopnia piętrzącego jest niecelowe.

3. W obu przypadkach o powodzeniu badań prognostycznych decyduje m.in. rozpoznanie warunków hydrogeologicznych doliny rzeki oraz rozpoznanie reżimu wód podziemnych. W tym zakresie metodyka prac badawczych jest podobna a charakterystyczne dla nich są wieloletnie obserwacje reżimu wód podziemnych.

4. Ze względu na ścisły związek badań prognostycznych z poprzedzającymi je wieloletnimi obserwacjami hydrogeologicznymi, niezbędnymi do prawidłowego rozpoznania reżimu wód podziemnych, wykonanie prognozy stanów wód podziemnych, wykonanie prognozy stanów wód podziemnych w ramach badań geologiczno-inżynierskich do poszczególnych faz projektowania jest na ogół nierealne. Z tych względów prognoza stanów wód podziemnych powinna być wykonywana jako osobny kompleks hydrogeologicznych prac badawczych a jej wyniki powinny stanowić uzupełnienie badań geologiczno-inżynierskich.

LITERATURA

1. Bażyński J., Perek M. — Metody prognozowania geologicznego na przykładzie badań dla stopnia wodnego „Warszawa-Północ”. Materiały na LVI sesję naukową IG. Warszawa — Gdańsk, 1966.
2. Flisowska J., Włeczysty A. — Próba ustalenia metodyki badania wpływu piętrzenia rzeki na wody podziemne. Gosp. wod. 1965, nr 4.
3. Flisowski J., Włeczysty A. — Analiza wpływu piętrzenia Wisły na reżim wód podziemnych w rejonie istniejących stopni piętrzących. T. XI. Wytyczne ustalenia zakresu i rodzaju terenowych prac badawczych i studiów kameralnych. Kat. Budowy Zapór i Siłowni Wodnych Pol. Krak. (maszynopis). Kraków, 1966.
4. Późniak R. — Prognoza zmian zwierciadła wód podziemnych w terenach przyzbiornikowych metodą stałych przepływów. Mat. na LVI sesję naukową IG. Warszawa — Gdańsk, 1966.
5. Rzegocki K. — Próba opracowania metody określania wpływu piętrzenia Wisły na zwierciadło wody gruntowej w Krakowie. Gosp. wod. 1964, nr 6.

SUMMARY

The influence of ground water ponding, caused by dam construction, upon the development of a river valley, depends not only on the height of river ponding, but also on the situation of the ponded water table in the near-dam reservoir, in relation to the height of the adjacent areas. If the near-dam reservoir situated in a natural river bed,

РЕЗЮМЕ

Влияние подпруживания подземных вод, вызванного сооружением плотины, на речную долину зависит не только от высоты подпруживания реки, но и от положения зеркала вод близ плотины по отношению к прибрежным районам. Когда близплотинный водоем располагается в естественном русле реки, то возникает явление затопления при-

the adjacent terrains reveal "water seepage" phenomena. Both the size of the "seepage" and its influence upon the valley development are determined on the basis of prognostic studies concerning the immediate influence of river waters upon ground waters. If, on the other hand, the near-dam reservoir is surrounded by side ramparts, the valley changes into a depression area, which has to be protected against inundation. In such cases, the hydraulic system "river — ground waters" is supplemented by the third element, i.e. by "drainage system", and the prognostic research concerns the influence of the drainage system upon ground waters and vice versa.

The article substantiates also the necessity of conducting prognostic studies in either of the areas, gives main principles of these studies, and presents their relationships with the engineering-geological research, as well as with the projection of dams and of drainage systems. Moreover, emphasis has also been laid on the specific character of the prognostic studies, which should be carried out step by step, according to the phases of the project.

брежных участков. Величина затопления и его влияние на использование долины определяются на основании прогнозных исследований, касающихся непосредственного влияния подпруживания реки на подземные воды. Когда близплотинный водоем ограничен боковыми дамбами, то в долине возникают депрессионные участки, которые необходимо охранять от затопления. В таком случае гидравлическая система река — подземные воды дополняется третьим элементом — водоотводящей системой, а прогнозные исследования рассматривают взаимодействие водоотводящей системы и подземных вод.

В статье выдвигается вопрос о необходимости ведения прогнозных исследований в obu случаях, представлены методические основы таких исследований и их связь с инженерно-геологическими работами, с проектированием плотин и водоотводящих систем. Отмечается вся специфика прогнозирования, которое должно проводиться в несколько этапов, связанных с отдельными стадиями проектирования.