

Bronisław PACZYŃSKI

Z zagadnień systematyki i oceny zasobów wód podziemnych

W artykule przedstawiono niektóre aspekty metodyczne dotyczące map hydrogeologicznych podstawowych, stanowiących punkt wyjścia schematyzacji poziomów wodonośnych na mapach zasobów, oraz wydzielenia bloków obliczeniowych. Cechą szczególną map podstawowych było podanie maksymalnej ilości informacji typu ilościowego (miąższość, wodoprzewodność, wydajność potencjalna, izohipsy stropu i hydroizohipsy), przy rezygnacji ze ścisłych oznaczeń wieku i genezy poziomów wodonośnych. Na mapach zasobów obok charakterystyki ilościowej przedstawiono podział regionalny i strefy kontaktów oraz przepływów między użytkowymi poziomami wodonośnymi. Omówiono systematykę zasobów wód podziemnych oraz koncepcję ich podziału, zastosowaną w prognozie ogólnokrajowej. Porównano wyniki oceny zasobów w ZSRR, Bułgarii i Polsce, głównie w aspekcie metodycznym.

WSTĘP

W 1974 r. Instytut Geologiczny zakończył prace nad ustalaniem zasobów zwykłych wód podziemnych Polski. Ta pierwsza prognoza ogólnokrajowa, zamykająca etap hydrogeologicznych badań przeglądowych, przyczyni się do racjonalnego wykorzystania wód podziemnych w przyszłości oraz wskaże kierunki dalszych badań regionalnych. Wstępną informację o wynikach przedstawiono na posiedzeniu Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych przy Centralnym Urzędzie Geologii jesienią 1974 r. Rezultaty badań były tematem sesji naukowej Instytutu Geologicznego w 1975 r., natomiast problematykę regionalizacji oraz metody oceny zasobów prezentowano rok później na Uniwersytecie Wrocławskim. O przeprowadzonych badaniach, a częściowo także o wynikach informowano w kilku publikacjach (S. Łodziński, B. Paczyński, Z. Płochniewski, 1973; S. Łodziński, B. Paczyński, 1974; B. Paczyński, 1975; J. Malinowski, 1976). Wynikom nadano formę atlasu, w którym część tekstowa dotyczy głównie informacji ogólnych i metodycznych.

Celem artykułu jest przedstawienie niektórych zagadnień dotyczących interpretacji kartograficznej oraz oceny zasobów wód podziemnych; zagadnienia te nawiązują do atlasu, ale mają także szerszy aspekt metodyczny.

METODYKA OPRACOWYWANIA MAP

Mapy hydrogeologiczne podstawowe, łącznie 6 plansz w podziale 1:500 000 (robocze 1:200 000), mimo znacznej różnorodności i nierównomiernego rozpoznania warunków hydrogeologicznych w Polsce, utrzymane są w jednakowej manierze interpretacyjnej, stosowanej zgodnie z następującymi zasadami:

1. Układem, treścią i przedziałami wydzieleń mapy te są podporządkowane prognozie zasobów wód podziemnych. Wiąże się z tym pewna swoistość wydzieleń w stosunku do przeglądowych map hydrogeologicznych, polegająca na podaniu maksymalnej ilości parametrów charakterystyki ilościowej utworów wodonośnych (miąższość, izohipsy stropu, wodoprzewodność, wydajność potencjalna), co jest niezbędne dla regionalizacji i określenia zasobów. Osiągnięto to kosztem rezygnacji ze ścisłych oznaczeń wieku i genezy poziomów wodonośnych na rzecz umownego „głównego poziomu użytkowego”. Podział stratygraficzny ograniczono wyłącznie do okresów bez dalszego różnicowania na epoki i piętra, mimo że w mezozoiku i kenozoiku odrębność hydrogeologiczna pięter nie budziła wątpliwości. Taki sposób ujęcia umożliwił charakterystykę ważniejszych poziomów użytkowych Polski na kilku planszach.

2. W wersji roboczej mapy hydrogeologiczne podstawowe opracowywano w skali 1:100 000—1:200 000, natomiast w atlasie w skali 1:500 000.

3. Interpretacja przestrzenna obejmuje główny (zarazem najpłytszy) powszechnie występujący poziom wodonośny o typie użytkowym. Jak już wspomniano, czytelność map wymagała rezygnacji ze ścisłego korelowania poziomów wodonośnych. W pewnym zakresie informuje o tym analiza miąższości, przewodności, izohips stropu, głębokości, a także hydroizohips.

4. Hydrochemizm poziomów wodonośnych jest treścią mapy jakości wód podziemnych. Obszary o podwyższonej mineralizacji wód lub o zawartości w nich niekorzystnych składników, jak: chlorki, siarczany, żelazo, mangan, oraz o cechach wód, jak np. barwa, określono na mapach podstawowych jako pozbawione poziomu użytkowego.

5. Dla uniknięcia nadmiernego zagęszczenia informacji na mapach zrezygnowano z sygnatur zasięgu odwodnienia wyrobisk górniczych oraz skoncentrowanych ujęć wód podziemnych komunalnych i przemysłowych, uznając, że strefy te mogą być odczytane z układu izohips, a w skrajnym przypadku z zasięgu i miąższości poziomu użytkowego.

6. Wszędzie tam, gdzie materiał dokumentacyjny świadczył o wpływie powierzchniowych systemów drenujących na układ powierzchni piezometrycznej nawet głębszych i pozornie izolowanych poziomów użytkowych, wprowadzano poprawki na podstawie hipsometrii. Przebieg hydroizohips wskazuje, że prawidłowość ta dominuje w obrębie niemal wszystkich zespołów użytkowych.

7. Informacja przestrzenna na mapach hydrogeologicznych podstawowych objęła całą Polskę, niezależnie od stopnia udokumentowania hydrogeologicznego. W rejonach słabiej rozpoznanych o wodonośności wnioskowano przez analogię do stref dobrze zbadanych. Przy uśrednianiu parametrów hydrogeologicznych w rejonach słabiej rozpoznanych obniżano ich wartość nawet o jedną klasę wydzielen. Świadome zubożenie oceny wodonośności stref słabiej rozpoznanych należy uwzględnić na przykład przy planowanym odwodnieniu obszaru, korygując odpowiednio wskaźniki obliczeniowe. Dla głównego zadania — prognozy zasobowej — taki sposób interpretacji zwiększa wiarygodność podanych rezerw.

Mapy hydrogeologiczne podstawowe wykorzystano do opracowania mapy zasobów odnawialnych oraz mapy zasobów eksploatacyjnych. Obie mapy w podziałce 1:500 000 uzupełniają się wzajemnie, informując o odnawialności, a zatem o trwałości zasobów i o rezerwach eksploatacyjnych. Na mapie zasobów eksploatacyjnych ważnym elementem jest podział regionalny zwykłych wód podziemnych, natomiast na mapie zasobów odnawialnych zasięgi kontaktów między poziomami. Utrzymano tu jednolity system interpretacji dla całego kraju; na mapie wykazano kontakty wyłącznie w obrębie poziomów użytkowych.

Dalsze zróżnicowanie stref kontaktu w aspekcie przepływów między poziomami umożliwiła analiza zjawisk hydrodynamicznych. Przepływy między poziomami należy rozpatrywać szerzej, jako strefy teoretycznie możliwej wymiany wód. Generalizacja hydroizohips ograniczyła wprawdzie wydzielenie przepływów do stref, w których różnice ciśnień przekraczają 5 m, ale mapa prezentuje ważniejsze anomalie hydrodynamiczne. W uzyskanym schemacie krążenia zasilanie płytszych poziomów użytkowych w głównych strefach drenażu dominuje z dołu, natomiast na działach wód podziemnych ma miejsce zjawisko odwrotne.

POJĘCIA PODSTAWOWE ORAZ SYSTEMATYKA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

W języku polskim termin zasoby oznacza „... pewną ilość... zebraną dla wykorzystania w przyszłości...”¹. Synonimami są terminy: zapasy, rezerwy lub — przestarzałe — rezerwy. W naszej literaturze hydrogeologicznej te ostatnie nie były w użyciu, pozostałe zaś zwłaszcza rezerwy nie wносиły dodatkowej treści merytorycznej. Bardziej kontrowersyjnie przedstawia się to zagadnienie za granicą, szczególnie w ZSRR, gdzie w systematyce wód podziemnych przeciwstawia się sobie pojęcia zapasy i rezerwy. Pierwsze oznaczają najogólniej zasoby statyczne, drugie — wprowadzone do literatury radzieckiej przez P. P. Sawarińskiego — zasoby odnawialne. W ostatnim piętnastolecu B. I. Kudelin (1966) oraz N. N. Bindeman i F. M. Boczewier (1964) termin zapasy zastąpili terminem rezerwy, jednak bez wyraźnego rozdziału merytorycznego tych pojęć². Próby uzasadnienia różnej interpretacji hydrogeologicznej obu ter-

¹ Słownik Języka Polskiego (1968) — pod redakcją W. Doroszewskiego, PWN. Warszawa.

² Z definicji wynika, że niektórzy interpretują ten termin w znaczeniu zasobów ogólnych, łącząc zasoby dynamiczne i statyczne, inni zaś jako zasoby dynamiczne.

minów, podejmowane przez N. N. Bindemana i L. S. Jazwina (1970), nie są zbyt przekonujące z uwagi na bliskie znaczenie tych pojęć.

Najpoważniejsze kłopoty nastęrcza pojęcie zasoby eksploatacyjne, które nie mogą być włączone do żadnej z wyżej wymienionych grup. Próba zastąpienia niezbyt udanego, a przyjętego również w Polsce, podziału na zasoby statyczne, dynamiczne i eksploatacyjne doprowadziła do jeszcze większej dowolności interpretacji i zagubienia istoty definicji rewersów, jako zasobów odnawialnych w pierwotnym zamysle P. P. Sawarieńskiego.

Bardziej konsekwentny, choć również niezupełnie jednoznaczny, jest schemat francuski z podziałem na rewersy, rezerwy i odnawialność rezerw (G. Castany, 1972), co odpowiada pojęciom: zasoby eksploatacyjne, statyczne i dynamiczne.

W literaturze amerykańskiej klasyfikacja zasobów jest mniej rozbudowana, lecz dość konsekwentna i na ogół jednoznaczna. Zasoby wód podziemnych — *ground water resources* — podzielić można umownie (D. K. Todd, 1959; C. F. Tolman, 1937) na zasoby statyczne — *storage*, dynamiczne — *recharge* i eksploatacyjne — *safe yield* lub *available yield*. Ostatni termin, w znaczeniu zasobów gwarantowanych, charakteryzuje często (D. K. Todd, 1959) wydajność potencjalną ujęć — *potential yield*, nie zaś zasoby eksploatacyjne. Te dwa pojęcia są zresztą i w naszej praktyce hydrogeologicznej niesłusznie utożsamiane.

Mimo różnego nazewnictwa i odmiennej kolejności w akcentowaniu elementów zasobowych podziału cechuje znaczna zbieżność. Dominuje podział zasobów z uwagi na ich genezę (naturalne i sztuczne lub dodatkowe), a także na sposób przedstawiania — objętość (zasoby statyczne lub inaczej wiekowe, geologiczne) oraz przepływ (zasoby dynamiczne, odnawialne, rewersy itd.). Dosłowny sens podziału na zasoby statyczne, jako pozostające w spoczynku, i zasoby dynamiczne, jako pozostające w ruchu, utracił pierwotne znaczenie. Wyrazem tego było powszechnie przyjęte dalsze rozdzielenie zasobów statycznych na zasoby stałe (wiekowe, geologiczne, nieodnawialne) oraz na zasoby zmienne (regulacyjne, maksymalne, odnawialne itp.). Istotą zagadnienia jest zatem nie kryterium podziału wynikające ze statycznego (pojemność) lub dynamicznego (przepływ) sposobu wyrażania zasobów, lecz stopień ich odnawialności.

Zasoby sztuczne, powstające w wyniku działalności człowieka, najpełniej ujęte w klasyfikacji F. M. Boczewiera, uznawane są również w naszej literaturze (W. Wiczysty, 1970; B. Paczyński, 1971). Wykaz dodatkowych źródeł alimentacji w zasięgu oddziaływania ujęć wód podziemnych ma jednak charakter umowny, gdyż dotyczy zasobów wybranych zespołów wodonośnych, a niekiedy nawet samych stref ujęć. Szereg procesów sztucznych, na przykład wynikających z przemieszczenia działów wód podziemnych lub dopływu wód z innych poziomów wodonośnych (przesączanie), wzbogaca strefę przewidzianą do eksploatacji kosztem poziomów towarzyszących. Przy bilansowaniu zasobów wód podziemnych w skali regionalnej znika większość wymienionych w klasyfikacjach źródeł sztucznych zasobów. Nawet tak oczywiste rezerwy dodatkowe, jak wzmoczona infiltracja wód powierzchniowych lub zwiększenie odpływu podziemnego na skutek zmniejszania się parowania ze strefy podziemnej, nie zawsze mogą być uwzględnione w prognozie z uwagi na ochronę środowiska naturalnego, nienaruszalność zasobów dyspozycyjnych wód powierzchniowych lub nieodpowiednią ich jakość.

Zasoby wód podziemnych wszystkich rodzajów można wyrazić w jednostkach objętości lub przepływu. Tak na przykład zasoby dynamiczne można przedstawić objętościowo, jako średnią z wieloletnią ilość wody grawitacyjnej, natomiast zasoby statyczne, nawet praktycznie nieodnawialnych zbiorników, można przeliczyć na jednostki przepływu, przy zamierzonym ich szczytowaniu. Niewątpliwie ważniejsza, zwłaszcza dla prognoz przeglądowych, wydaje się odnawialność zasobów, która znalazła wyraz w klasyfikacji przedstawionej w wytycznych regionalnych Instytutu Geologicznego oraz w monografiach hydrogeologicznych. Klasyfikacja ta ma charakter uproszczony i terminologicznie umowny, niemniej jest wystarczająca dla określenia zasobów w skali ogólnokrajowej.

Przedstawiona w atlasie ocena ilościowa dotyczy wód podziemnych o mineralizacji poniżej 1 g/l w obrębie strefy aktywnej wymiany, a zatem zbiorników w ogólnym pojęciu odnawialnych. Przyjęty schemat podziału wyróżnia zasoby odnawialne, nieodnawialne oraz eksploatacyjne. Zasoby odnawialne, będące odpowiednikiem zasobów dynamicznych, można zdefiniować jako średnią ilość wody grawitacyjnej, zasilającej poziom użytkowy i przepływającej przez niego lub odpływającej (strefa drenażu). Objętościowo zasoby odnawialne odpowiadają umownie (wartość zaniżona) zasobom statycznym zmiennym, zwanym również regulacyjnymi. Wprowadzony w atlasie dodatkowy podział zasobów odnawialnych na potencjalne i rzeczywiste ma na celu zaakcentowanie, zacieranej często, istotnej różnicy między ilością wody infiltrującej w grunt, a tą jej częścią, która dociera do analizowanego poziomu użytkowego.

Zasoby nieodnawialne oznaczają ilość wody grawitacyjnej, wypełniającej poziom użytkowy poniżej sezonowych i rocznych wahań zwierciadła i odpowiadają zasobom statycznym stałym lub, inaczej, wiekowym.

Termin zasoby eksploatacyjne ma znaczenie umowne, gdyż nie odpowiada ściśle definicji zawartej w obowiązujących przepisach CUG. W atlasie są to zasoby geologiczne, perspektywiczne, utożsamiające zasoby naturalne wód podziemnych poziomów użytkowych. Oprócz ogólnej orientacji w rozmieszczeniu i ilości wód podziemnych, upoważniają one do programowania dalszych badań regionalnych oraz prognoz w zakresie gospodarowania wodami podziemnymi. Zasoby te nie mogą być zatem podstawą bezpośredniej działalności inwestycyjnej.

ASPEKTY MERYTORYCZNE PROGNOZY OGÓLNOKRAJOWEJ

W latach 1920—1950 bardzo orientacyjne prognozy ograniczały się do szacunku odpływu podziemnego zlewni Wisły (R. Rosłoński, 1959). Dominująca w tym czasie przy ustalaniu zasobów wód podziemnych rola metody hydrologicznej była przede wszystkim wynikiem słabego rozpoznania hydrogeologicznego kraju, zwłaszcza poziomów głębszych. Znaczenie użytkowe poziomu z wodami pod ciśnieniem było interpretowane rozmaicie. Niektórzy, jak na przykład B. Krygowski (1960), kierując się rozmiarami zbiorników artezyjskich oraz doskonałymi niekiedy parametrami filtracyjnymi utworów wodonośnych, szacowali wysoko rezerwy eksploatacyjne, utożsamiając je z zasobami nieodnawialnymi wód pod-

ziemnych. Te ostatnie jednak, w warunkach występowania poniżej 150—200 m poniżej powierzchni terenu mają bardzo ograniczoną wartość użytkową. Inni odrzucali niemal całkowicie ten typ zbiorników. R. Rosłoński (1959) pisze: „... wody głębszego poziomu, zazwyczaj artezyjskie, są objawem tak rzadkim, że na bilans wodny dużego dorzecza nie mają wpływu...”. Ten pogląd, uzupełniony bardzo ostrożnym szacunkiem odpływu podziemnego zlewni Wisły (ok. 1 l/s/km²), prawie do ostatnich lat kształtował opinię hydrologów i administracji wodnej o zasobach wód podziemnych kraju, których rolę sprowadzano często do rezerwy strategicznej.

Doświadczenia ostatnich 25 lat wniosły istotne zmiany w rozpoznaniu hydrogeologicznym kraju, a także w poglądach i metodach tamtych lat. Głębokość występowania strefy wód użytkowych została dokładniej zbadana i stwierdzono większe, niż pierwotnie przypuszczano, jej zróżnicowanie, od kilkudziesięciu do ok. 1500 m (A. Kleczkowski, 1966; B. Paczyński, J. Pałys, 1970). Doceniono rolę przesączania w zasilaniu poziomów użytkowych, sprowadzono do właściwej proporcji znaczenie gospodarcze zbiorników artezyjskich, określono zadania dotyczące ochrony i wzbogacania wód podziemnych. Mimo znacznej ewolucji poglądów na temat udziału zasobów nieodnawialnych w zasobach eksploatacyjnych, stopień odnawialności stanowi nadal podstawę prognoz regionalnych i ogólnokrajowych.

W ocenie zasobów wód podziemnych Polski wykorzystano kierunek metodyczny wprowadzony w ZSRR przez N. N. Bindemana i F. M. Boczewiera (1964). Zasady i tryb ustalania zasobów tą metodą sygnalizowano we wcześniejszych pracach (B. Paczyński, 1971), szerzej zaś omówiono w atlasie, zatem tutaj poruszone zostaną tylko niektóre aspekty zagadnienia.

W toku ustalania zasobów wód podziemnych na terenie ZSRR, zmodyfikowano pierwotne założenia metodyczne N. N. Bindemana i F. M. Boczewiera (1964). Podstawą obliczeń był odpływ podziemny określany hydrologicznie dla lat 1936—1958. Sposób rozdziału hydrogramu, a także rozrząd zasobów odnawialnych na poziomy wodonośne uzależniono od reżimu odpływu oraz warunków hydrogeologicznych zlewni. Ten kierunek metodyczny nie wszędzie mógł być stosowany. Na przykład w znacznej części Ukrainy (Gidrogeologia SSSR, t. 5, 1971) zrezygnowano z metody hydrologicznej oraz wskaźnika infiltracji z uwagi na szczególne warunki zasilania wód podziemnych (miejscami kondensacja do 100 mm/r.) ustalając zasoby odnawialne metodą przepływu hydrodynamicznego lub z bilansu źródeł. Uzyskaną wartość odnawialności, przed wprowadzeniem do równania zasobów eksploatacyjnych, korygowano współczynnikiem w granicach 0,25—0,10. Takie zmniejszenie wartości wyjściowej uzasadniano tam bardzo nierównomiernym i na ogół słabym rozpoznaniem warunków hydrogeologicznych, zwłaszcza w części azjatyckiej, oraz stosowaniem hydrologicznej metody oceny.

Przy opracowywaniu atlasu punktem wyjścia obliczeń była metoda przepływu hydrodynamicznego, pozwalająca bezpośrednio ustalać zasoby odnawialne poziomów użytkowych bez stosowania współczynników zmniejszających. Zasoby odnawialne stanowią 0,5—0,6 średniego odpływu

podziemnego. Wartości te (0,5—0,6) mieszczą się w ogólnie uznanym przedziale współczynnika gwarancji 0,25—0,75.

Zasoby eksploatacyjne ustalane w ZSRR, a także w Bułgarii pochodzą z:

1. Zasobów odnawialnych, stanowiących 0,1—0,25 ustalonej hydrologicznie wartości odpływu podziemnego.

2. Zasobów nieodnawialnych, przy założonym okresie eksploatacji 50 lat oraz przy odpowiednich parametrach depresji, jakości wody, schematach studzien itp.

3. Zasobów infiltracyjnych dla wybranych odcinków większych rzek.

Ostatnia grupa ma poważny udział w zasobach eksploatacyjnych, wynoszący na przykład dla obszaru Bułgarii aż 36% (N. N. Bindeman, I. S. Zekcer, R. I. Jowczew, i in., 1974). W atlasie nie podjęto obliczeń zasobów infiltracji brzegowej, ponieważ bardziej są one związane z reżimem hydrologicznym cieków powierzchniowych niż z warunkami regionalnymi wód podziemnych.

Ocena zasobów eksploatacyjnych w ZSRR prowadzona była równolegle w dwóch kierunkach. Pierwszy z nich miał ujawnić wszystkie możliwe rezerwy eksploatacyjne, co sprowadzało się do ustalenia pojemności użytkowej poziomów wodonośnych. Zasoby te nazwane zostały przez N. N. Bindemana, M. R. Nikitina i Z. D. Fariengolca (1973) potencjalnymi. Drugi kierunek miał na celu ustalenie jaka część zasobów potencjalnych może być wydobywana systemami ujęć komunalnych i przemysłowych. Te zasoby eksploatacyjne nazwał N. N. Bindeman perspektywicznymi lub prognostycznymi. Stosunek zasobów perspektywicznych do potencjalnych określa tzw. współczynnik wykorzystania (K_w), zawsze mniejszy od jedności, bardzo niski w przypadku utworów słabo wodonośnych. Zasoby perspektywiczne ustalono wyłącznie dla wybranych poziomów wodonośnych, na ogół pod ciśnieniem, charakteryzujących się najwyższą przewodnością. W całej strefie wód zwykłych wybierano jeden, rzadziej dwa, zespoły wodonośne, przewidziane do eksploatacji, pozostałe poziomy użytkowe pełniły funkcję alimentacyjną. Mimo że w zasadzie obowiązywały dwa równania — dla izolowanych i alimentowanych poziomów wodonośnych — w praktyce dominował schemat drugi, dostosowany do zmodyfikowanego wzoru C. E. Jacoba (*vide* *Gidrogeologia SSSR*, t. 45, 1970). Po przyjęciu wartości: czas — 50 lat, promień systemu ujęcia — 10 m, zasięg oddziaływania — 2000 m, współczynnik przesączania — 20 000 m, wzór ulega uproszczeniu i przyjmuje postać:

$$M'_{eks} = 0,00003 T S'$$

gdzie: M'_{eks} — jednostkowe zasoby eksploatacyjne w l/s/km²; T — wodoprzewodność w m²/24h; S' — dopuszczalna depresja w m.

Przy tak założonych parametrach obliczenia muszą prowadzić do zaniżonej oceny zasobów eksploatacyjnych. Można to wykazać wstawiając do wzoru nawet stosunkowo korzystne parametry wodonośności: $K=10$ m/24h, $M = 50$ m, $S' = 50$ m. Uzyskane zasoby jednostkowe — 0,75 l/s/km² — kwalifikują obszar jako słabo zasobny. Potwierdza to średni moduł zasobów eksploatacyjnych — 0,36 l/s/km² — obliczony dla Obwodu Kalininogradzkiego, co stanowi 2% opadów atmosferycznych i tylko 22% zasobów odnawialnych, oszacowanych tu i tak dość nisko — 1,6 l/s/km². Podobnie,

choć nieco wyżej kształtują się perspektywiczne zasoby jednostkowe na Litwie (Gidrogeologia SSSR, t. 32, 1966), gdzie średni moduł wynosi 0,6 l/s/km². Stanowią one ok. 3% opadów atmosferycznych i nieco ponad 25% zasobów odnawialnych (2,3 l/s/km²). Oba przykłady charakteryzują bardzo zaniżony szacunek zasobów. Zamieszczone w monografiach większości republik ZSRR wartości zasobów eksploatacyjnych są na ogół wyższe, wahając się od 0,5 do 2,5, rzadziej do 5,0 l/s/km². Nawet w obszarach południowych wartości te są bliższe 1 l/s/km², na przykład w basenie wołyńsko-podolskim (Gidrogeologia SSSR, t. 5, 1971) moduł wynosi średnio 0,94 l/s/km², a w niektórych strefach tego basenu mieści się w przedziale 5—10 l/s/km². W basenie dniewrowsko-donieckim średnia wartość zasobów perspektywicznych równa się 1,6 l/s/km². W Bułgarii sięga ona nawet 2,1 l/s/km² (N. N. Bindeman, I. S. Zekcer, R. I. Jowczew i in., 1974).

Porównanie metodyki oceny zasobów wód podziemnych oraz wyników uzyskanych w ZSRR, Bułgarii i Polsce można ująć następująco:

1. Przyjęty w naszym atlasie sposób określenia zasobów odnawialnych, głównie na podstawie przepływu hydrodynamicznego, pozwolił ustalić rzeczywiste zasilanie poziomów użytkowych, bez stosowania współczynników przeliczeniowych. Potencjalne zasoby odnawialne, szacowane w ZSRR i w Bułgarii metodą hydrologiczną, określono u nas na podstawie analizy wahań retencji gruntowej (1958—1970) i wskaźnika infiltracji. Mimo tych różnic metodycznych wartości zasobów odnawialnych uzyskane w Polsce są zbliżone lub nieco wyższe od wartości przeciętnych otrzymanych w ZSRR i w Bułgarii. Zasoby rzeczywiste, utożsamiane z alimentacją poziomów użytkowych i stanowiące ok. 50—70% średniego odpływu podziemnego, są natomiast prawie dwukrotnie wyższe od przeciętnych dla ZSRR i Bułgarii, określonych tam według umownych współczynników obniżających, co jest jedną z przyczyn rozbieżności wyników.

2. Zróżnicowanie zasobów eksploatacyjnych na potencjalne (ogólne) i perspektywiczne (komunalno-przemysłowe) nie znajduje odpowiednika w atlasie, podobnie jak omawiane już zagadnienie infiltracji brzegowej. Przyjęta w atlasie koncepcja obliczeń bliższa jest raczej ocenie zasobów eksploatacyjnych potencjalnych. Jakkolwiek dla obszaru Polski nie dokonano przeliczeń możliwości eksploatacyjnych ujęć zespołowych, to jednak w schemacie obliczeniowym pominięto mniej zasobne i praktycznie nieopłacalne dla większych ujęć poziomy wodonośne. Selekcja ta miała miejsce jeszcze na etapie opracowywania map podstawowych, w toku wydzielania poziomów użytkowych wód podziemnych. Przyjęte kryteria: miąższość — 5—10 m, wodoprzewodność — 1 — 2 m²/h oraz wydajność potencjalna — 10—30 m³/h eliminowały poziomy wodonośne o małym znaczeniu gospodarczo-przemysłowym. Metodyka obliczeń zasobów perspektywicznych budzi pewne zastrzeżenia. Najbardziej dyskusyjne wydaje się akcentowanie poziomów wodonośnych o wysokiej przewodności bez względu na ich warunki alimentacji. Prowadzi to do preferowania zespołów wodonośnych głębszych, słabiej odnawialnych, a więc mało zasobnych. W tej sytuacji mimo założonego dopływu ze wszystkich poziomów otaczających (przesączanie) i mimo założonego ich zdrenowania, zasoby perspektywiczne stanowią zaledwie 25% zasobów odnawialnych (Gidrogeologia SSSR, t. 45, 1970). Zrozumiałe, że preferowanie głębokich, słabo odnawialnych choć pojemnych zbiorników użytkowych, jako regionalnych źródeł zaopatrzenia perspektywicznego, prowadzi do zasadniczego

zaniżenia wyników. Jeśli do tego dodamy, z dużym zapasem przyjmowane, parametry współczynnika przesączania ($B = 20$ km), a także bardzo ograniczone zdrenowanie głównych poziomów wodonośnych ($S = 5$ m) zrozumiała staje się niska wartość współczynnika wykorzystania zasobów potencjalnych i niewysokie wartości jednostkowych zasobów eksploatacyjnych.

3. Dość istotnym elementem różniącym schemat obliczeniowy przyjęty w atlasie od schematu stosowanego w ZSRR jest okres prognozy, który wynosi 25 lat. Dla zasobów nieodnawialnych, stanowiących ok. 60—80% zasobów eksploatacyjnych na terenie ZSRR i ok. 50% w Polsce, dwukrotnie krótszy okres przyjętej prognozy powoduje istotną różnicę wyników z uwagi na prostą zależność tych zasobów od czasu.

4. Ostrożny szacunek zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych na terenie ZSRR wykazał zaledwie 328,5 km³/r. (A. A. Zabuzow, W. M. Fomin, N. I. Plotnikow, 1975). Jest to wynikiem świadomego zaniżenia obliczeń, jako następstwa przyjętych schematów, parametrów hydrogeologicznych i danych wyjściowych. Potwierdzają to publikacje ostatnich lat (Gidrogeologia SSSR, t. 5, 1971; B. W. Boriowski, L. S. Jazwin, 1975), a zwłaszcza opinia pochodząca od zespołu koordynującego całość obliczeń, że „... dla większości regionów ocena zasobów okazała się zaniżona...”. Bardzo interesującym przykładem, potwierdzającym powyższą opinię, może być obszar Litwy (Gidrogeologia SSSR, t. 32, 1966), przeciętnie przemysłowiony i nie wykazujący poważniejszych deficytów bilansu wodnego. Z porównania zasobów prognozowanych z zasobami już zatwierdzonymi można by niesłusznie wnioskować o przeeksploatowaniu niektórych pięter wodonośnych.

WNIOSKI

W literaturze brak informacji o podejmowaniu szerszych badań dla ustalenia eksploatacyjnych — dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych w skali ogólnokrajowej oprócz pozycji wyżej wymienionych. Dominuje na ogół pogląd, że dyspozycyjna ilość wody podziemnej uzależniona jest od techniczno-ekonomicznych możliwości jej wykorzystania i nie powinna przekraczać średniego odpływu podziemnego. Zasób ten na przykład dla obszaru RFN, szacowany przez Wundta (*vide* R. Grahmann, 1958), wynosi 3—5 l/s/km². Znacznie wyżej kształtuje się odpływ podziemny we Francji, gdzie według różnych źródeł (Atlas des eaux souterraines de la France, 1966; G. Castany, 1972) wynosi 5—6 l/s/km², tj. ok. 20% opadów i 60% całego odpływu.

Bardzo istotnym zagadnieniem jest stopień wykorzystania wód podziemnych, co wiąże się ściśle z całokształtem inwestycji wodnych. Prognozy dotyczące zasobów eksploatacyjnych winny być zatem przedstawiane warunkowo, w nawiązaniu do przewidywanych zamierzeń gospodarki wodnej. Wśród tych podstawowych zagadnień wymienić należy przede wszystkim uporządkowanie gospodarki ściekowej i maksymalną regenerację jakości wód powierzchniowych. Z prognozy przedstawionej w atlasie wynika, że poważna część najłatwiej dostępnych i najtańszych zasobów

wód podziemnych występuje w utworach czwartorzędowych dolin głównych rzek. Znaczenie użytkowe tych zasobów jest ściśle uwarunkowane jakością wód powierzchniowych. Ten sam postulat odnosi się również do możliwości sztucznego wzbogacania zasobów wód podziemnych. Znamienny jest tu przykład intensywnej gospodarki wodnej prowadzonej w Kalifornii, gdzie mimo bardzo ograniczonych zasobów wodnych naturalnych (w południowej części warunki pustyńne) wydobycie wody podziemnej w 1965 r. wyniosło 20 km³, tj. 1,5 l/s/km², a w 2000 r. wzrosnąć ma dwukrotnie (N. A. Płotnikow, K. I. Syczew, 1976). Z zagadnieniem tym wiąże się regulacja odpływu, która ma zasadniczy wpływ na stan zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych.

Wykorzystanie prezentowanych w atlasie zasobów Polski uzależnione jest od ogólnej gospodarki wodnej kraju, a zwłaszcza od: a — zdecydowanej poprawy jakości wód powierzchniowych; b — regulacji odpływu, w tym również podziemnego; c — intensyfikacji prac, związanych ze sztucznym wzbogacaniem naturalnych zasobów wód podziemnych; d — racjonalnej i selektywnej eksploatacji i ochrony wód podziemnych, zwłaszcza w obszarach górniczych; e — współpracy w zakresie wspólnej gospodarki wodnej z sąsiednimi krajami.

Zakład Hydrogeologii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 14 lipca 1976 r.

PIŚMIENNICTWO

- ATLAS DES EAUX SOUTERRAINES DE LA FRANCE (1966) — Wyd. BRGM — DATAR. Paryż.
- CASTANY G. (1972) — Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych. Wyd. Geol. Warszawa.
- GRAHMANN R. (1958) — Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung, **105**, cz. 2. Remagen/Rhein.
- KLECZKOWSKI A. (1966) — The acratopege zone in Poland. Bull. Acad. Pol. Sc. Sér. Sc. géol. géogr., **14**, p. 99—105, nr 2. Varsovie.
- KRYGOWSKI B. (1960) — Wody podziemne Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. W: Problemy wodne Wielkopolski. Poznań.
- ŁODZIŃSKI S., PACZYŃSKI B. (1974) — Aktualne zadania w zakresie dokumentowania, zatwierdzania oraz dystrybucji zasobów wód podziemnych. Prz. geol., **22**, p. 606—610, nr 12. Warszawa.
- ŁODZIŃSKI S., PACZYŃSKI B., PŁOCHNIEWSKI Z. (1973) — Główne zadania w zakresie ochrony wód podziemnych w Polsce. Prz. geol., **21**, p. 593—597, nr 11. Warszawa.
- MALINOWSKI J. (1976) — Główne kierunki badań hydrogeologicznych Instytutu Geologicznego dla ustalenia zasobów wód podziemnych w latach 1976—1985. Kwart. geol., **20**, p. 1—10, nr 1. Warszawa.
- PACZYŃSKI B. (1971) — Klasyfikacja i obliczanie zasobów wód podziemnych. W: Poradnik Hydrogeologa. Wyd. Geol. Warszawa.
- PACZYŃSKI B. (1975) — Zwykłe wody podziemne Warmii, Mazur i Suwalszczyzny. Materiały na Sympozjum: Systemowe kształtowanie środowiska człowieka

- w regionie. Pol. Tow. Cyb. Akad. Rol.-Techn. w Olsztynie, p. 63—70. Warszawa — Olsztyn.
- PACZYŃSKI B., PAŁYS J. (1970) — Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Niżu Polskim. *Kwart. geol.*, **14**, p. 131—146, nr 1. Warszawa.
- ROŚŁOŃSKI R. (1959) — Wiadomości o wodach podziemnych w Polsce. Pr. i Stud. Kom. Gosp. Wod. PAN, **2**, cz. 1. Warszawa.
- TODD D. K. (1959) — *Ground water hydrology*. John Wiley and Sons. New York.
- TOLMAN C. F. (1937) — *Ground water*. Mc Graw — Hill Book Co, p. 341—346. New York.
- WIECZYŃSTY A. (1970) — *Hydrogeologia inżynierska* PWN. Kraków.
- БИНДЕМАН Н. Н., ЯЗВИН Л. С. (1970) — Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Изд. Недра. Москва.
- БИНДЕМАН Н. Н., БОЧЕВЕР Ф. М. (1964) — Региональная оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод. *Сов. Геол.*, № 1, стр. 65—78. Москва.
- БИНДЕМАН Н. Н., НИКИТИН М. Р., ФАРЕНГОЛЬЦ З. Д. (1973) — Об учете прогнозного коэффициента использования подземных вод. *Водные ресурсы*, № 1, стр. 151—160. Москва.
- БИНДЕМАН Н. Н., ЗЭКЦЭР И. С., ИОВЧЕВ Р. И., СЕМЁНОВА С. М., БЕРОВ Л. Б., ГЫЛЫБОВ М. М., СПАСОВ В. С. (1974) — Основные закономерности формирования ресурсов подземных вод Болгарии. Изд. Наука. Москва.
- БОРЕВСКИЙ Б. В., ЯЗВИН Л. С. (1975) — Принципы региональной оценки эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод в различных гидрогеологических условиях. *Разв. и Охрана Недр*, № 4, стр. 32—37. Москва.
- ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР: Украинская ССР, **5** (1971); Литовская ССР, **32** (1966); Калининградская Область, **45** (1970), Изд. Недра. Москва.
- ЗАБУЗОВ А. А., ФОМИН В. М., ПЛОТНИКОВ Н. И. (1975) — Использование подземных вод для орошаемого земледелия. *Разв. и Охрана Недр*, № 1, стр. 49—52. Москва.
- КУДЕЛИН Б. И. (1966) — Подземный сток на территории СССР. Изд. МГУ, Москва.
- ПЛОТНИКОВ Н. А., СЫЧЕВ К. И. (1976) — Оценка эксплуатационных запасов подземных вод с искусственным их восполнением. Изд. Недра. Москва.

Бронислав ПАЧИŃСКИ

ПО ВОПРОСУ СИСТЕМАТИКИ И ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Резюме

В статье представлены некоторые аспекты картографической интерпретации, методики подсчета, а также комментируются результаты недавно законченного Геологическим институтом атласа подземных вод Польши.

Основные гидрогеологические карты, являющиеся исходными для оценки ресурсов, от близких по масштабу обзорных карт отличаются преимуществом „пространственной”

информации о водоносных породах (мощность, водопроницаемость, кровля, глубина, потенциальный дебит, гидроизогипсы). Авторы атласа отказались от точного обозначения возраста и генезиса водоносных горизонтов, а также документирования исходных данных, например контакжей, осущающих выработок, гидрохимических аномалий. На картах возобновляемых и эксплуатационных ресурсов наряду с модулем ресурсов (цвет) проведено гидрогеологическое районирование: провинции, макрорегионы, регионы, подрегионы, а также зоны контактов и смена между водоносными горизонтами, имеющими хозяйственное значение.

Прогноз ресурсов охватил только те водоносные горизонты, которые имеют хозяйственное значение, в пределах зоны активного водообмена с минерализацией менее 1 г/л. Наряду с обобщенным делением на возобновляемые, невозобновляемые и эксплуатационные ресурсы, выделяются дополнительно потенциальные и действительные возобновляемые запасы. Первые характеризуют полную инфильтрацию атмосферных осадков, вторые — питание основных горизонтов, учтенных прогнозом.

Сравнение результатов, полученных Геологическим институтом с такими же прогнозами для территории СССР и Болгарии выглядит следующим образом:

1. Потенциальные возобновляемые ресурсы в Польше определялись по анализу режима подземных вод и коэффициента инфильтрации, а в СССР и Болгарии гидрологическим методом. Несмотря на различные методики, результаты, полученные по стране, приблизительно те же или немного выше.

2. Возобновляемые действительные ресурсы, полученные по гидродинамическому методу, составляют около 50—60% среднего подземного стока, и почти вдвое выше средней по СССР и Болгарии, где применяются условные понижающие коэффициенты.

3. Прогнозы по стране ограничиваются главным образом потенциальными — общие эксплуатационные ресурсы. Отказались от оценки береговой инфильтрации и так называемых перспективных ресурсов, устанавливаемых согласно с условными схемами больших комплексных водозаборов. Предпочтение, отдаваемое при оценке перспективных ресурсов, глубокозалегающим водоносным горизонтам с большой проводимостью, но с ослабленной обновляемостью, приводит к занижению результатов, так же как принятие слишком низких исходных параметров, экономных схем и вдвое большего периода прогнозирования (50 лет).

Использование ресурсов, приведенных в прогнозе по стране зависит от прогресса в области: а — явного улучшения качества грунтовых вод, б — регулирования стока, в — интенсификации искусственного обогащения ресурсов подземных вод, г — рациональной и селективной эксплуатации и охраны подземных вод, д — сотрудничества с соседними странами.

Bronisław PACZYŃSKI

SOME PROBLEMS OF SYSTEMATICS AND ESTIMATION OF GROUNDWATER RESOURCES

Summary

In connection with the Atlas of Groundwaters of Poland, recently prepared by the research team of the Geological Institute, the paper presents some aspects of cartographic interpretation, methodology of calculations and discussions of the results obtained.

The basic hydrogeological maps which are the starting point for estimating groundwater resources are characterized by predominance of spatial data on aquifers (thickness, permeability, top, depth, potential output, hydroisohypses) at the expense of accurate dating and reconstruction of origin of aquifer horizons and documentation of entrance data such as those on intake, drainage earthworks or hydrochemical anomalies. The maps of renewable and exploitational resources present both the modulus of resources and their subdivision into hydrogeological units.

The resource prognosis covered only exploitable aquifer horizons from the zone of active water exchange and with mineralization below 1 g/l. Besides a general subdivision into renewable, unrenewable and exploitable resources, there is introduced a subdivision into potential and actual renewable resources. The potential renewable resources are characterized by a total infiltration of precipitation waters, and the actual ones — by a supply to exploitable horizons covered by the prognosis.

The data obtained in the course of the works on the Atlas were compared with the results of similar prognoses made in the USSR and Bulgaria. Potential renewable resources were evaluated on the basis of analysis of oscillations in soil retention and infiltration index in Poland, and with the use of the hydrogeological method in the USSR and Bulgaria. Despite of these methodological differences the results obtained in Poland are close to or slightly higher than those obtained elsewhere. The actual renewable resources were calculated on the basis of hydrodynamic flow. They represent about 50—60% of mean underground flow and are almost twice higher than the mean values obtained for the USSR and Bulgaria with the use of arbitrary conventional reducing coefficient.

The prognosis for Poland was primarily limited to potential — overall — exploitational resources. The prognosis neglected marginal infiltration resources as well as so-called perspective resources estimated according to conventional schemes of large, combined groundwater intakes. In estimating the perspective resources the deeper-seated aquifer horizons are preferred. Their high permeability and poorer capability to renew result in some underestimations, similarly as in the case of too low entrance parameters, saving schemes and twice longer prognosis period (50 years).

The utilization of resources given in the prognosis made for the whole country depends on progress in: a — amelioration of the quality of surface waters, b — run-off control, c — artificial increasing of groundwater resources, d. — rational and selective exploitation and conservation of groundwaters, and e — cooperation with neighbouring countries.