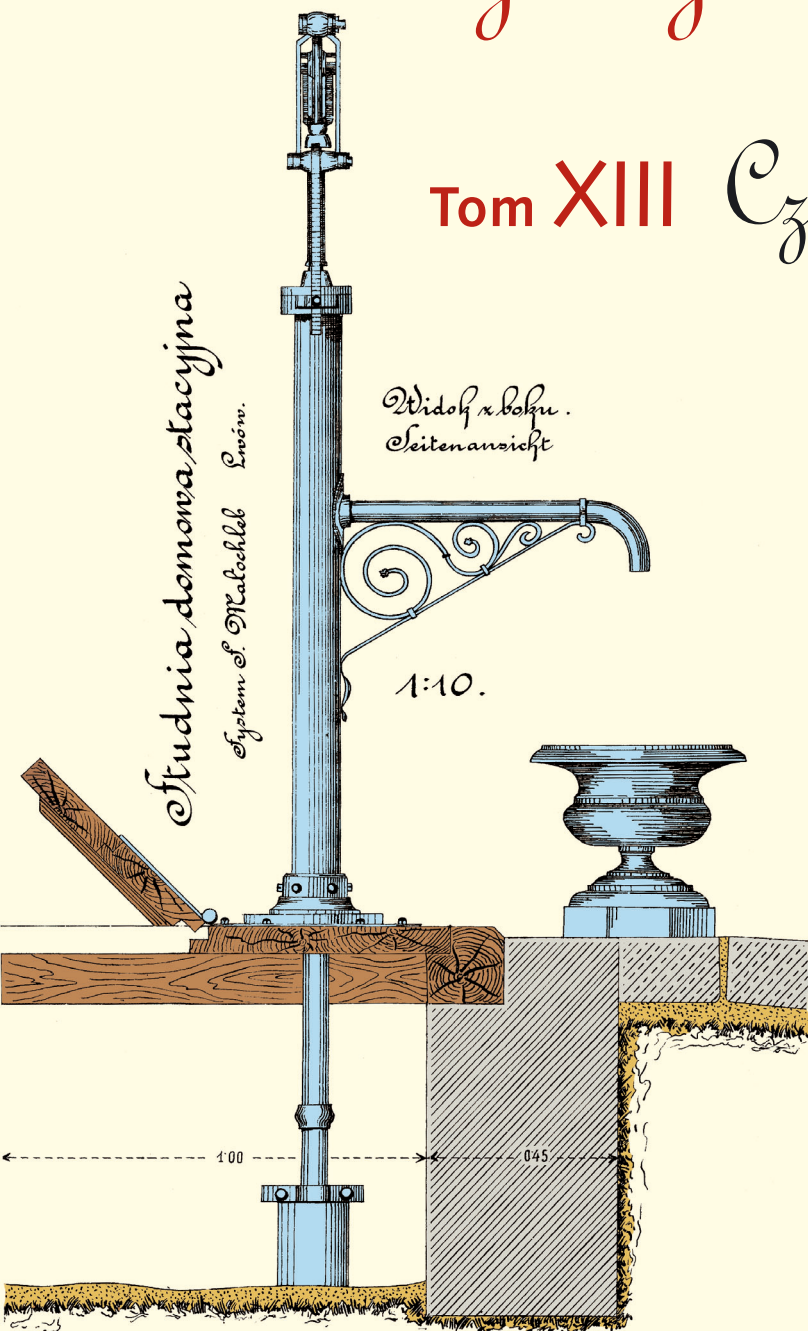


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 1.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staśko
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Andrzej Sadurski

**Stan i perspektywy rozwoju
polskiej hydrogeologii**

**Condition and Perspective
of Polish Hydrogeology Survey Development**

Słowa kluczowe hydrogeologia, polska hydrogeologia, rozwój nauki

Key words hydrogeology, polish hydrogeology, sciences development

Abstract Polish hydrogeology celebrated 100 years anniversary during the seminar has held in Kielce some years ago. The condition of this scientific and technical branch was presented by Kleczkowski (1988), Kleczkowski and Sadurski (1999). The conference "Contemporary problems of hydrogeology" gathers every two years representatives of all polish hydrogeological centres, comprising companies, high schools and administration. This large assembly creates the estimation possibility of actual state and enables forecasting of the development. The evaluation of present state comprises achievements of last 7 years since 1999 yr. One could be mentioned among others attainments the Hydrogeological map of Poland 1:50 000 elaborated in GIS/Intergraph method, manuals and monographs and documentations shown in the literature given in the end of this paper.

There are 9 hydrogeological centers in Poland: Warszawa, Kraków, Poznań, Wrocław, Górny Śląsk (Sosnowiec, Katowice, Gliwice), Toruń, Gdańsk, Częstochowa and Kielce. The number of polish hydrogeologists exceeds 1000 specialists employed by administration, companies, consultants and research institutions. There exists polish hydrogeological survey in the frame of Polish Geological Institute since 2002. The main goal of polish hydrogeology for the nearest future is the implementation of Water Framework Directive and so-called daughter directives of the European Union.

1. Wstęp

Ocena stanu polskiej hydrogeologii jest zadaniem trudnym, z uwagi na bardzo szeroki zakres studiów i działań podejmowanych w różnych ośrodkach badawczych, administracyjnych oraz w przedsiębiorstwach i firmach projektowo-konsultingowych. W ocenie wykorzystano dostępne prace publikowane w formie książkowej lub kartograficznej, materiały konferencji i seminariów a także informacje internetowe. Jedynie w zarysie oceniono dorobek opracowań niepublikowanych w formie dokumentacji, projektów i ekspertyz, gdyż istnieje on w bardzo ograniczonej liczbie egzemplarzy i przechowywany jest w różnych archiwach na terenie całej Polski. W tym zakresie wykorzystane zostały informacje zamieszczone np. w Przeglądzie Geologicznym (nr 10 z 2005 r.), który jest poświęcony 50. rocznicy powstania Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych oraz wybrane opracowania niepublikowane, jak projekty badań geologicznych i dokumentacje. W Biuletynie nr 388 Państwowego Instytutu Geologicznego (serii Hydrogeologia z 1999 r.) oraz w Przeglądzie Geologicznym (vol. 46, nr 2 z 1998 r.) przy okazji Ogólnopolskiego Sympozjum w Kielcach podana została ogólna ocena stanu polskiej hydrogeologii. Z tego względu w pracy skoncentrowano się na dokonaniach polskich ośrodków w czasie licznym od 1999 r.

Punktem wyjścia do analizy tzw. rozwojowych kierunków hydrogeologii są trzy czynniki:

- wdrażanie dyrektyw Unii Europejskiej (UE),
- rozwój infrastruktury technicznej kraju,
- restrukturyzacja gospodarki oraz ochrona środowiska przyrodniczego.

Od akcesji Polski do Unii Europejskiej stały się obligatoryjne w warunkach krajowych regulacje prawne Unii, która właśnie wprowadziła nową politykę w zakresie gospodarki wodnej. Zgodnie z tą polityką, celem gospodarki wodnej jest ochrona zasobów wodnych w obszarach zlewni i dorzeczy oraz zapewnienie dobrego stanu chemicznego i ilościowego zasobów wód w jednolitych częściach wód podziemnych (*ground water bodies* — GWB). Na dalszym planie znajduje się zaopatrzenie ludności w wodę i ochrona przed skutkami powodzi lub suszy. W nowej polityce środowiskowej potrzeby wodne ekosystemów są uwzględnione na równi z potrzebami mieszkańców. Wprowadzono zasadę zrównoważonego rozwoju z zachowaniem ochrony środowiska. Zmiana orientacji celów polityki w zakresie gospodarki wodnej i konieczność ich wprowadzenia do ustawodawstwa krajowego wywołała duże zmiany w dotychczasowej praktyce. Obserwujemy kolejne nowelizacje ustaw: „Prawo ochrony środowiska”, „Prawo wodne”, „Prawo geologiczne i górnicze”. Nowelizowane ustawy wymuszają nowe akty wykonawcze: zarządzenia i rozporządzenia. Na bieżąco wprowadzane są poradniki i przewodniki dotyczące ujednolicenia np. monitoringu, oceny sta-

nu GWB, współpracy transgranicznej lub raportowania wyników kontroli stanów. Jeżeli weźmiemy pod uwagę konieczność prezentowania wyników na stronach biuletynów informacji publicznej (BIP), to jawi się wielokrotnie wzrost zadań hydrogeologicznych w zakresie gromadzenia i przetwarzania danych w bazach danych, obsługi administracji wodnej, raportowania i sporządzania komunikatów, informatorów i ostrzeżeń dla decydentów. Nowe zadania spowodowały konieczność powołania nowej państwowej służby hydrogeologicznej podlegającej w początkowym okresie pośrednio Ministrowi Środowiska a od lipca 2006 r. bezpośrednio Krajowemu Zarządowi Gospodarki Wodnej. Działania dotyczące realizacji celów tej polityki są finansowane ze środków unijnych, krajowych i samorządowych. Wielkość tych środków może decydować o rozwoju wybranych dziedzin naukowych i technicznych.

Duże środki finansowe kierowane są na budowę dróg, linii kolejowych, remediację terenów zanieczyszczonych, likwidację kopalń i uciążliwych dla środowiska technologii. Działania te wymagają rozpoznania warunków hydrogeologicznych podłoża budowlanego, zasięgu zanieczyszczeń i skażeń, prognoz zmian środowiska wodnego oraz prowadzenia monitoringu stanu jednolitych części wód podziemnych (GWB). Dyrektywy: ramowa wodna, „azotanowa” i w sprawie zanieczyszczenia wód podziemnych wprowadzają obowiązek nie tylko ograniczania zanieczyszczeń, lecz także poprawy stanu wód, w tym również podziemnych. Są to nowe wyzwania dla szeregu specjalności, w tym dla hydrogeologii.

2. Ewolucja hydrogeologii

Według klasycznej definicji hydrogeologia jest dziedziną nauki zajmującą się wodami podziemnymi, środowiskiem tych wód, ich genezą, wzajemnymi relacjami wód i ośrodka skalnego (Słownik Hydrogeologiczny, 2002).

Od dawna jednak hydrogeolodzy zajmowali się wodami towarzyszącymi kopalinom i wprowadzili własną metodologię badawczą nazywaną metodami paleohydrogeologicznymi. Uczestniczyli w projektowaniu i eksploatacji zasobów wód zwykłych do celów zaopatrzenia w wodę mieszkańców i podmiotów gospodarczych. Projektowali i nadzorowali odwodnienia górnicze i budowlane, a także byli zaangażowani w dużych projektach hydrotechnicznych, melioracjach rolnych i leśnych.

Wraz ze zmianą polityki w zakresie gospodarki wodnej określonej w „Ramowej dyrektywie wodnej” Unii Europejskiej (2000) pojawiły się nowe zainteresowania hydrogeologów. Oprócz rozpoznawania i dokumentowania zasobów wód podziemnych do celów ich eksploatacji, równie istotne stały się działania na rzecz poprawy stanu ich zasobów. Nowe horyzonty badawcze zaowocowały pojawieniem się kierunku hydrogeologii środowisko-

wej, w którym szczególny nacisk położono na rozpoznanie zanieczyszczeń środowiska wód podziemnych, metody remediacji i oczyszczania wód oraz ośrodka skalnego. Coraz więcej specjalistów z hydrogeologii uczestniczy lub samodzielnie wykonuje oceny oddziaływania na środowisko przedsięwzięć związanych z obiektami górniczymi, budowlanymi, wysypiskami odpadów i magazynami paliw, wydobyciem kopalin i inwestycjami liniowymi.

Powszechne wprowadzenie do warsztatu hydrogeologicznego metod numerycznych i pojawienie się na rynku komercyjnych wersji oprogramowania skierowało wielu specjalistów w stronę geoinformatyki i geomatyki (Michalak, 2004).

Zintegrowane podejście do zasobów wód powierzchniowych i podziemnych wymuszone podejściem przyjętym w UE, wskazuje na konieczność szerszego zainteresowania hydrogeologów gospodarką wodną i bilansami wodno-gospodarczymi w systemach zlewniowych. Hydrogeologia uznawana dotychczas jako dyscyplina naukowa na pograniczu nauk przyrodniczych i technicznych staje się obszarem wiedzy również w zakresie praktyki, planowania przestrzennego i zarządzania środowiskiem.

3. Ośrodki hydrogeologiczne w Polsce

Wykształcenie wyższe z geologii ze specjalnością hydrogeologia pojawiło się na dyplomach absolwentów szkół wyższych w Polsce prawie 50 lat temu. Można szacować liczbę specjalistów z tym dyplomem na około 3000 osób, z których obecnie czynnych zawodowo jest mniej niż 1000 osób. Z hydrogeologią związało się wielu absolwentów innych dziedzin, takich jak: informatyka, fizyka, geodezja, geofizyka lub chemia, którzy znakomicie uzupełniają umiejętności, doświadczenia i warsztat badawczy w zakresie badań wód podziemnych. Z tego względu łączna liczba specjalistów zatrudnionych w branży może pozostawać w przedziale 1200–1300 osób. Personel ze średnim wykształceniem geologicznym systematycznie zmniejsza się i w ciągu najbliższych 10–15 lat praktycznie zaniknie, wraz z odejściem wielu pracowników na emeryturę.

Aktualnie istnieje w kraju osiem ośrodków akademickich, mających uprawnienia do nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego w dziedzinie nauk geologicznych lub nauk o Ziemi, promujące hydrogeologów. Są to: Warszawa, Kraków, Poznań, Wrocław, z tym, że w dwóch pierwszych istnieją dwie lub trzy instytucje naukowe (PAN, uniwersytet, politechnika oraz oddział regionalny PIG). Kolejne ośrodki uniwersyteckie to Sosnowiec i Toruń, które mają takie uprawnienia w dziedzinie nauk o Ziemi. Doktorat nauk technicznych hydrogeolog może uzyskać na Politechnice we Wrocławiu, Częstochowie, Gliwicach, a także w AGH w Krakowie. Ośrodki te mają własną specjalizację i uprawiają od lat specyficzne kierunki badań.

Warszawa, w której aktywnie w badaniach uczestniczy Uniwersytet, Politechnika, PAN i Państwowy Instytut Geologiczny, a w mniejszym stopniu SGGW, wyspecjalizowała się w kartografii i systemach GIS, ocenach zasobów wód podziemnych w kraju, badaniach izotopowych, modelowaniu przepływu wód podziemnych oraz zagadnieniach ochrony środowiska wód podziemnych.

Kraków ma imponujące doświadczenia i stał się ośrodkiem wiodącym w hydrogeologii kopalnianej, modelowaniu przepływu wód, oznaczeniach składu izotopowego wód a także ocenach genezy wód oraz modelowaniu i prognozach zmian chemizmu wód podziemnych. Dominującą pozycję ma tu Akademia Górniczo-Hutnicza, z którą współpracują poszczególni specjaliści z Uniwersytetu Jagiellońskiego, Politechniki i Akademii Nauk. AGH wykazuje także dużą aktywność w promowaniu polskiej hydrogeologii na forum Unii Europejskiej, uczestnicząc w programach i projektach bliźniaczych oraz w opracowywaniu nowych standardów i przepisów prawnych.

Dynamiczny rozwój w ostatnich 15 latach wykazuje Uniwersytet w Poznaniu, gdzie w ramach Wydziału Nauk o Ziemi prowadzone są liczne projekty badawcze z zakresu badań laboratoryjnych i terenowych, rozwijane są badania modelowe przepływu wód podziemnych oraz prowadzona jest bogata działalność ekspercka dla przedsiębiorstw wodociągowych. To właśnie wieloletnia i dobra współpraca z administracją i wodociągami stały się podstawą do specjalizacji ośrodka w projektowaniu, badaniach terenowych, eksploatacji ujęć oraz ocenach zasobów wód podziemnych.

Ośrodek wrocławski reprezentowany jest głównie przez Uniwersytet i Politechnikę oraz JBR CUPRUM i POLTEGOR. Specjalizuje się w wodach leczniczych, hydrogeologii ośrodków szczelinowych na przykładzie Sudetów i hydrogeologii kopalnianej. W ostatnich latach podjęto tam próby wykorzystania wyników badań izotopowych wód do celów hydrogeologicznych oraz modelowanie przepływu wód podziemnych.

Specjalizację w zagadnieniach hydrogeologii kopalnianej oraz skał szczelinowo-krasowych wykazuje także ośrodek w Sosnowcu, w którym wysoką pozycję uzyskał Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego. Współpracuje z nim największa wśród oddziałów PIG pracownia państwowej służby hydrogeologicznej w Sosnowcu. Modelowaniem przepływu wód podziemnych oraz remediacją środowiska gruntowo-wodnego zajmuje się Zakład Hydrogeologii i Zaopatrzenia w Wodę Politechniki Częstochowskiej. W zagadnieniach wód kopalnianych specjalizuje się Zakład Hydrogeologii Górniczej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Pozostałe ośrodki mają bardzo szeroki profil działań, uzależniony od bieżących zamówień ze strony administracji i przedsiębiorstw oraz przyznaných grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Gdańsk specjalizuje się ponadto w problemach równowagi wód słonych i słodkich na wybrze-

zach morskich, natomiast Toruń w ocenach oddziaływania przedsięwzięć na środowisko przyrodnicze, głównie wód podziemnych.

Ważną sprawą ostatnich lat jest współpraca między wymienionymi ośrodkami. W dużych projektach hydrogeologicznych (np. uzupełnianie warstw informacyjnych do Mapy hydrogeologicznej Polski, 1:50 000), w monitoringu wód podziemnych, w realizacji zadań państwowej służby hydrogeologicznej, biorą udział liczne (od kilkudziesięciu do ponad dwustu osób) zespoły hydrogeologów z całego kraju. Współpracę tę widać w licznie ostatnio wydawanych monografiach i podręcznikach. Dzięki tej współpracy oraz aktywności Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznej obserwuje się stałe podnoszenie kwalifikacji specjalistów i poziomu wykonywanych opracowań, poświęconych wodom podziemnym.

4. Nowe zadania hydrogeologiczne

Dokonania polskich hydrogeologów w ostatnim dziesięcioleciu zostały wyrażone w licznych publikacjach, poradnikach i podręcznikach oraz opracowaniach kartograficznych dotyczących całej Polski lub regionów. W niniejszym artykule możliwe jest tylko krótkie przedstawienie najbardziej istotnych problemów.

Obszerne zbiory prac hydrogeologicznych ukazują się w tomach „Współczesnych problemów hydrogeologii”, które każdorazowo zawierają ponad 100 artykułów i komunikatów. Prace hydrogeologiczne są również publikowane w wydawnictwach ciągłych, takich jak: Zeszyty Naukowe AGH, Biuletyn Uniwersytetu Warszawskiego, Geologos — pismo UAM w Poznaniu, Biuletyny PIG — seria hydrogeologia, materiały sympozjów „Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych” organizowanych przez Uniwersytet Śląski, Acta Universitatis Wratislaviensis, seria Hydrogeologia, materiały sympozjum naukowo-technicznego PZiTS Częstochowie, w tomach „Modelowanie przepływu wód podziemnych”, które organizowane są przez różne ośrodki przemienne z sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii”. Pojawiły się publikacje państwowej służby hydrogeologicznej: „Kwartalny biuletyn informacyjny wód podziemnych” oraz „Rocznik wód podziemnych” (Kazimierski, red., PIG-PSH).

Ponadto prace hydrogeologiczne publikowano w materiałach konferencji i sympozjów geologicznych i pokrewnych dziedzin, takich jak: hydrologia, geofizyka, ochrona środowiska, gospodarka wodna.

W ostatnich latach zadania hydrogeologiczne zdominowane zostały przez problemy związane z wdrażaniem dyrektyw UE. Głównym wyzwaniem stało się łączne traktowanie zasobów wód podziemnych i powierzchniowych oraz kwestia konieczności podejmowania działań dla ochrony tych

zasobów, a także działań zmierzających do poprawy ich jakości w przypadku stwierdzenia złego stanu chemicznego wód podziemnych (Dyrektywa 2000/60/UE; Dyrektywa 91/676/UE — Chmielewska, Jezierski, 2004). Od 2007 r. obowiązuje także Dyrektywa 2006/118/WE z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. Podstawowymi jednostkami gospodarowania wodami i ochrony zasobów wód stały się jednolite części wód podziemnych — hydrogeosomy (ang. *GWB — groundwater bodies*). Ich delimitacją, charakterystyką i oceną stanu wód zajmowali się w ostatnich latach liczni hydrogeolodzy, co znalazło wyraz w materiałach XIV i XV sympozjum PZiTS w Częstochowie w latach 2004 i 2006. Zagadnienia prawne zarówno polskie, jak i unijne, są coraz częściej poruszane przez hydrogeologów i zainteresowania te będą systematycznie wzrastać w najbliższych latach. Coraz szerszy krąg specjalistów, nie tylko zatrudnionych w administracji państwowej i samorządowej, ale także z uczelni i ośrodków naukowo-badawczych, uczestniczy w tworzeniu nowych aktów prawnych i zarządzeń wykonawczych.

Nadal prowadzone są prace nad udokumentowaniem głównych zbiorników wód podziemnych. Prawie połowa z nich ma zatwierdzoną przez KDH dokumentację (Paczyński, 2005). Jest to głównie osiągnięcie przedsiębiorstw geologicznych. Niestety w 2006 r. dalsze prace dokumentacyjne GZWP zostały wstrzymane na szczeblu Ministerstwa Środowiska.

Badania hydrogeologiczne prowadzone są na terenie projektowanych i eksploatowanych ujęć wód leczniczych i potencjalnie leczniczych dla celów rozlewnictwa. W wielu uzdrowiskach, np. w Krynicy, rozbudowa zakładów rozlewniczych prowadzi do poważnych konfliktów eksploatacyjnych i prawnych w obszarach górniczych ustanowionych dla ujęć zakładów przyrodoleczniczych.

Coraz częściej sieć wodociągów wiejskich, w miejsce małych ujęć, bazuje na dużych ujęciach grupowych. Zwiększony pobór może prowadzić do pogorszenia się jakości wody i rodzić szereg nowych problemów. Niestety obserwuje się spadek zainteresowań badaniami terenowymi w rejonie projektowanych ujęć, chociażby z powodu ograniczania środków finansowych. Z tych samych powodów nie są ustanawiane strefy ochrony pośredniej ujęć, tzw. obszaru spływu do ujęć (ochrony zasobów eksploatacyjnych). Wyjątkiem może być Warszawa, gdzie przystąpiono do projektowania a wkrótce budowy największego ujęcia w Polsce.

Dla zakładów górniczych, w których prowadzona jest eksploatacja: węgla kamiennego, węgla brunatnego, rud cynku i ołowiu, rudy miedzi, siarki i surowców skalnych, nadal prowadzone są badania hydrogeologiczne dla celów: rozpoznania hydrogeologicznego, wykonania dokumentacji warunków hydrogeologicznych i opracowania prognoz zawodnienia, a także oceny zagrożenia wodnego wyrobisk i terenów sąsiadujących (Szczepański, 2003, 2004; Pluta, 2005). Likwidacja kopalń w zagłębiach rodzi nowe problemy

— zagrożenia wodne dla istniejących zakładów górniczych, na co zwrócili uwagę S. Szewczyk i in. (1995) oraz A. Szczepański (1998, 1999). W latach 1994–1998 został zrealizowany projekt celowy pod kierunkiem A. Szczepańskiego dotyczący odwadniania likwidowanych kopalń za pomocą pomp głębinowych. Projekt ten został zakończony patentem. Odkrywkowe kopalnie siarki koło Tarnobrzega również likwidowane są na podstawie prac badawczych i projektów opracowanych przez AGH, SIARKOPOL i PIG pod kierunkiem A. Szczepańskiego. Analogiczne prace dla kopalń węgla brunatnego wykonali J. Szczepiński (2000) i R. Zdechlik (2004). Po wyłączeniu wielu zakładów górniczych konieczne jest prowadzenie monitoringu wód podziemnych dla celów oceny degradacji zasobów wód podziemnych kwaśnymi wodami kopalnianymi oraz prognozy zmian ciśnień piezometrycznych wód podziemnych i oceny ewentualnych podtopień (Szczepański, Haładus, 1993; Razowska, 2000; Kania, 2002). Można zakładać dalszy systematyczny wzrost zainteresowania tą problematyką.

Hydrogeolodzy nie znajdują niestety uznania wśród budowniczych systemów grzewczych, wykorzystujących energię geotermiczną Ziemi — pompy ciepła. Powszechnie wykonywane są otwory wiertnicze o głębokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów bez konieczności zatwierdzenia projektów badań i dokumentacji hydrogeologicznych. Instalacje wykorzystujące pompy ciepłe podlegają przepisom Prawa budowlanego i dlatego otwory wiertnicze nie muszą mieć zatwierdzonych projektów badań i dokumentacji zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym. Tracimy w ten sposób cenne informacje na temat profilu geologicznego i wodonośności ośrodków skalnych. Budowa instalacji bazujących na otworach wiertniczych nie podlega przepisom „Prawa geologicznego i górniczego” oraz nie są wymagane projekty i dokumentacje geologiczne. Niezlikwidowane otwory wiertnicze są zagrożeniem dla stanów i chemizmu wód podziemnych.

Warto jednak krytycznie ocenić istniejące dane na temat gęstości ziemskiego strumienia ciepłego, gdyż dotychczas pomijano zmiany czynnika klimatycznego (Szewczyk, 2005). Brakuje także rozpoznania parametrów hydrogeologicznych warstw wodonośnych na dużych głębokościach do 2–3 tys. m. Gromadzone przez dziesiątki lat wyniki pomiarów hydrogeologicznych są obciążone dużymi błędami i nie są reprezentatywne. Hydrogeologia wód głębinowych jest w Polsce słabo rozwinięta i wymaga dalszych badań. Problem ten jest szerzej prezentowany w „Atlasie energii geotermalnej...” wydanym w 2006 r. pod redakcją W. Góreckiego.

W ostatnich latach nastąpiło wielkie ożywienie w zakresie regionalnych syntez hydrogeologicznych Polski (zasoby, zagrożenia i ochrona wód podziemnych, wody mineralne i termalne) tak w ujęciu kartograficznym, jak i tekstowym. Corocznie aktualizowana jest przez PIG „Mapa głównych zbiorników wód podziemnych, 1:500 000” (Kleczkowski, 1990). W 2003 r. opracowana została „Mapa wstępnej waloryzacji głównych zbiorników wód podziemnych,

1:500 000" (Paczyński, 2003). W tym samym roku ukazała się również „Mapa perspektywicznych i dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych w regionach wodnych, 1:500 000” autorstwa P. Herbicha, Cz. Nowakowskiego i S. Dąbrowskiego, natomiast w 2004 r. w PIG, zakończono edycję seryjnej „Mapy hydrogeologicznej Polski, 1:50 000”. Trwają prace nad modernizacją bazy danych tej mapy i wprowadzeniem do bazy danych warstwy informacyjnej dotyczącej pierwszego poziomu wodonośnego (Ćwiertniewska i in., 2005). Aktualnie, od 2005 r. mapa ta jest uzupełniana o pierwszy poziom wodonośny, który zazwyczaj nie ma charakteru użytkowego, natomiast spełnia istotną rolę w funkcjonowaniu ekosystemów lądowych od wody zależnych.

Do osiągnięć kartografii hydrogeologicznej, zwłaszcza w odniesieniu do wyspecjalizowanych opracowań mapowych, należy publikacja o użytkowych poziomach wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Różkowski, 2004) oraz „Mapa podatności wód...” (Witczak, 2005).

Metody GIS w połączeniu z grafiką komputerową od 10 lat są intensywnie wdrażane w badaniach i w praktyce hydrogeologicznej. Widać to po starannej formie edytorskiej wielu opracowań. Równolegle tworzone są banki danych hydrogeologicznych, z których największe mają ponad 100 tys. rekordów, np. bank HYDRO w PIG. Stosowane jest tu profesjonalne oprogramowanie Oracle, w miejsce dawniej wykorzystywanych prostych programów. Tworzone są aktualnie cyfrowe platformy integracyjne w celu wykorzystywania informacji z różnych, w tym geologicznych, hydrologicznych i geodezyjnych baz danych.

5. Kierunki dalszych badań hydrogeologicznych

Hydrogeologia polska w ostatnim dziesięcioleciu zbliżyła się do problemów gospodarki wodnej i ochrony środowiska wodnego. Jest to obecnie zgodne z wymogiem polityki Unii Europejskiej wyrażonym w „Ramowej dyrektywie wodnej”. Wskazuje to na potrzebę kontynuowania badań nad waloryzacją wód podziemnych oraz oceną ich podatności na zanieczyszczenia z powierzchni terenu, zagrożeniem ascenzją lub ingresją wód słonych, metodami kontroli stanu chemicznego i zmianami ilościowymi zasobów. Zagadnienia wynikające z ochrony środowiska wodnego wskazują na potrzebę jeszcze lepszego wykorzystania metod stosowanych w chemii i biologii środowiska. Stosowane na coraz szerszą skalę badania izotopowe włączane są w badania czasu przebywania wód w ośrodku skalnym, podatności warstw wodonośnych na zanieczyszczenia i projektach ochrony środowiska wodnego.

Badania hydrogeologiczne były i są niezbędne dla wszystkich działów budownictwa wodnego i lądowego. Polska ma zdaniem hydrologów i hydrotechników niską retencję gruntową, a także zbyt małą pojemność zbiorników retencyjnych w przypadku wystąpienia poważnej suszy. Należy zakładać

konieczność budowy wielu małych zbiorników retencyjnych, dla których konieczne będzie rozpoznanie warunków hydrogeologicznych. Analogiczne rozpoznanie konieczne jest w przypadku dużych inwestycji infrastrukturalnych, np. budowy autostrad i dróg ekspresowych. Prace te zostały podjęte i należy przyjmować ich przyspieszenie w najbliższym dziesięcioleciu.

Aktualnym, chociaż nie nowym zadaniem hydrogeologów jest udział w opracowaniu bilansów wodno-gospodarczych zlewni lub obszarów bilansowych. Rozpoczęte na początku lat 90. ubiegłego wieku przez HYDRO-PROJEKT w Warszawie bilanse, stają się konieczne w aspekcie wdrażania „Ramowej dyrektywy wodnej” UE i przyjętej strategii gospodarki wodnej Polski. Pod kierunkiem KZGW bilanse wodno-gospodarcze będą sporządzane dla 99 obszarów w celu realizacji programów gospodarowania zasobami wód w dorzeczach.

Nadal sporadycznie ukazują się w literaturze hydrogeologicznej prace dotyczące wód strefy aeracji. Na potrzebę takich badań wskazano na ostatnim seminarium „Modelowanie przepływu wód podziemnych”, które odbyło się w Ciężeniu k. Poznania (2006). Jest to zadanie, którym już w najbliższym czasie powinni zainteresować się w znacznie większym stopniu hydrogeolodzy.

Wprowadzone do praktyki hydrogeologicznej badania modelowe wymagają podniesienia poziomu merytorycznego. Okres pierwszego zachwytu modelami przepływu już minął. Pomimo dobrego startu w latach 80. polskiego oprogramowania, np. stosowany do dzisiaj pakiet programów HYDRYLIB (zespół J. Szymanki) lub ANPLA (J. Michalak), nie odnotowano po 2000 r. nowych, rodzimych programów w hydrogeologii. Powszechnie kupowane i wdrażane do badań i praktyki są programy komercyjne, m.in. Groundwater Vistas, MT3D, GMS, MOCDENCE a zwłaszcza Firmy Waterloo Hydrogeologic — MODFLOW, VISUAL MODFLOW, FEEFLOW. W opracowaniach opiniowanych przez KDH obserwuje się poważne mankamenty w weryfikacji, kalibracji i walidacji modeli, stosowane są zbyt duże uproszczenia w budowie modeli, zwłaszcza w modelach regionalnych. Brakuje rozbudowanych modeli hydrologiczno-hydrogeologicznych, w których uwzględniono by przepływy w rzekach i więź wód podziemnych z powierzchniowymi. Brak jest dokładniejszych modeli przepływów wód głębinowych, w których uwzględnia się przepływy 3 fazowe (gazy i dwie niemieszające się ciecze o różnej gęstości). Postulowane są aktualnie modele wysokorozdzielcze, w których możliwe jest obliczanie stanów i przepływów między wieloma studniami, ujęciem i jeziorem lub rzeką. Bardziej szczegółowe informacje podane przez J. Michalaka, znajdują się w niniejszym, XIII tomie „Współczesnych problemów hydrogeologii” (cz. 3).

W najbliższych latach należy zakładać systematyczny wzrost zainteresowań programami komputerowymi równowag chemicznych. Aktualnie trwają prace nad wdrożeniem do praktyki hydrogeologicznej programów pozwalających na symulację zmian chemizmu wody na drodze ich przepływu,

wzdłuż linii prądu, np. PHAST. Obserwuje się aktualnie dominującą liczbę publikacji z zakresu chemizmu wód podziemnych, procesów hydrogeochemicznych oraz prognoz ich zmian w czasie, przy równocześnie malejącym zainteresowaniu dziedziną dynamiki wód podziemnych.

Istnieje potrzeba opracowania i wydania szeregu nowoczesnych podręczników w szeroko pojętej dziedzinie hydrogeologii. Pierwsze pojawiły się w ostatnich latach: „Podstawy hydrogeologii stosowanej” — A. Macioszczyk (red., 2006), „Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych” — A. Macioszczyk i D. Dobrzyński (2002), „Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych” — J. Szczepańska i E. Kmieciak (2005). Do nowoczesnych ostatnio wydanych poradników można zaliczyć publikacje: W. Ciężkowskiego i in. (2002), S. Dąbrowskiego i in. (2004), S. Dąbrowskiego i J. Przybyłka (2005) oraz J. Małeckiego i in. (2006).

Wśród hydrogeologów zauważa się w ostatnich latach brak zainteresowania wodami geotermalnymi i wykorzystaniem energii cieplnej płytszych poziomów wodonośnych, pomimo rosnącego zainteresowania energią odnawialną w Polsce i budową wielu instalacji wykorzystujących pompy ciepła oraz zbudowania sześciu siłowni geotermicznych. Wody lecznicze, wysokozmineralizowane i termalne są sporadycznie przedmiotem aktualnych badań hydrogeologicznych. Badania konsekwentnie prowadzi w tym zakresie ośrodki wrocławski (Politechnika) i krakowska AGH oraz Polska Akademia Nauk.

Coraz większe znaczenie ma hydrogeologia obszarów miejskich czy też miejsko-przemysłowych, dla których już obecnie wykonywane są mapy i atlasy hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie w skali 1:20 000 i 1:25 000. Warto tu wspomnieć o cennej inicjatywie ośrodka w Sosnowcu z Uniwersytetem Śląskim na czele, w zakresie organizowania sympozjów poświęconych tej problematyce.

Obecność Polski w Unii Europejskiej stwarza dogodne warunki do rozwoju kontaktów zagranicznych i podejmowania współpracy z ośrodkami innych krajów. Istnieją tu przykłady udziału polskich specjalistów w pracach komitetów ekspertów Unii, np. zespół hydrogeologów z AGH w Krakowie. Organizowane są konferencje i sympozja międzynarodowe, jak np. „Hydrobridge” (PIG, Warszawa) lub „Salt Water Intrusion Meeting 16th SWIM-Hydrogeology of the Coastal Aquifers” (UMK, Toruń).

Wyraźne opóźnienia istnieją w prowadzeniu badań laboratoryjnych. Są one kosztowne, długotrwałe i wymagające budowy stanowisk badawczych a także koniecznej bazy lokalowej. Przewodzącym ośrodkiem jest UAM w Poznaniu i zespół pod kierunkiem M. Marciniaka. Od lat na wysokim poziomie utrzymuje się laboratorium AGH prowadzone przez J. Szczepańską. Systematycznie wzmacnia swoją pozycję zespół Uniwersytetu Warszawskiego, kierowany przez J. Małeckiego. W najbliższej przyszłości można przewidy-

wać wzrost zapotrzebowania na wyniki badań laboratoryjnych. Dotyczy to zwłaszcza oznaczania stałych konstytutywnych do modeli transportu masy, właściwości sorpcyjnych ośrodków skalnych i kinetyki reakcji w systemie woda–skała. Wyniki tych badań są wykorzystywane w przypadku analiz i prognoz migracji zanieczyszczeń, w ocenach stanu GWB lub planowaniu działań remediacyjnych.

6. Podsumowanie

Generalnie, aktualny stan polskiej hydrogeologii można ocenić jako bardzo dobry, chociaż pozostają obszary zapuszczone i wymagające przyśpieszenia w nadrobieniu zaległości. Do jasnych punktów w jej dorobku należy cyfrowa kartografia hydrogeologiczna — MhP jest pierwszą seryjną mapą szczegółową w Polsce i jedną z nielicznych w Europie. Wiąże się to z powszechnym wykorzystaniem metod informacji przestrzennej GIS w badaniach i pracach hydrogeologicznych. MhP była opracowana w 22 ośrodkach hydrogeologicznych w Polsce, w których opanowano technikę cyfrową GIS/Intergraph. W uproszczeniu mapa ta jest relacyjną bazą danych dotyczących wód podziemnych z interfejsem graficznym. Powszechnie wprowadzone zostały w Polsce cyfrowe bazy danych, które, jak można przypuszczać, w najbliższej przyszłości będą traktowane jako niezależne opracowania, na równi z projektami i dokumentacjami.

Dużym osiągnięciem jest wprowadzenie do praktyki hydrogeologicznej modelowania matematycznego zarówno przepływu wód podziemnych, jak i równowag chemicznych. Narzędzia te są na poziomie rozwiniętych technologicznie krajów, a ich wprowadzenie do praktyki świadczy o dużym potencjale polskiej hydrogeologii.

Do zadań wymagających szerszego zainteresowania hydrogeologów należą energia geotermiczna i jej wykorzystanie połączone z badaniami wód głębinowych. Wykorzystanie tzw. czystej energii lub magazynowanie w ośrodku skalnym podgrzanych wód może stać się ważnym zadaniem również dla hydrogeologów.

Konieczny jest dalszy rozwój metod badań terenowych i udział specjalistów w projektowaniu i dokumentowaniu a także budowie ujęć wód podziemnych oraz rozpoznawaniu warunków hydrogeologicznych dla potrzeb budownictwa. Nowe zadania hydrogeologiczne powstają również w dziedzinie geoinżynierii, np. przy projektowaniu i wykonawstwie budowli podziemnych, takich jak metro, tunele, podziemne magazyny a nawet uciążliwe dla środowiska zakłady przemysłowe.

Dalszy rozwój hydrogeologii i tworzenie nowych horyzontów badawczych oraz ram dla działalności praktycznej zależy od wykształconych, młodych

kadr, a te, od programów kształcenia hydrogeologów. Niestety programy dydaktyczne w szkołach wyższych wymagają gruntownych zmian i unowocześnienia.

Literatura

- Ciężkowski W., Duliński W., Józefko I., Liber-Maziarz E., Witczak S., Zuber A., Żak S., 2002: *Występowanie, dokumentowanie i eksploatacja endogenicznego dwutlenku węgla w Polsce*. Poradnik metodyczny. Wrocławskie Wyd. Nauk., Wrocław.
- Ćwiertniewska Z., Herbich P., Sadurski A., 2005: *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 — stan aktualny i rozwój bazy danych*. Współ. Problemy Hydrogeol. T. XII: 141–148. Wyd. UMK, Toruń.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005: *Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych*. Min. Środow., Warszawa.
- Dąbrowski S., Górski J., Kapuściński J., Przybyłek J., Szczepański A., 2005: *Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych*. Poradnik metodyczny. Min. Środow., Warszawa.
- Dowgiałło J., Kleczkowski A. S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.), 2002: *Słownik hydrogeologiczny*. Wyd. II. Min. Środow., Warszawa.
- Dragon K., Okońska M., Marciniak M., Przybyłek J., (red.), 2006: *Modelowanie przepływu wód podziemnych*. Geologos, nr 10. UAM, Poznań.
- Duda R., Witczak S., Żurek A., 2003: *Koncepcja mapy podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie*. Współczesne Problemy Hydrogeologii, T. XI, cz. 1: 269–278.
- Dyrektywa 91/676/EWG Parlamentu Europejskiego z dnia 12.12.1991 w sprawie ochrony wód przed zanieczyszczeniem powodowanym przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych. Dz.Urz. UE 1991 r., L 375.
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 23.10.2000 ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz.Urz. UE 2000 r., L 327/1.
- Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 12.12.2006 w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. Dz.Urz. UE 2006 r., L 372/19.
- Górecki W., (red.), 2006: *Atlas energii geotermalnej na Niziu Polskim*. AGH, Kraków.
- Kania J., 2000: *Wpływ likwidacji kopalni odkrywkowych siarki na zmiany stosunków wodnych w ich otoczeniu*. Biul. PIG, 403: 5–61.
- Kleczkowski A. S., 1990: *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce, wymagających szczególnej ochrony*. Wyd. AGH, Kraków.
- Kleczkowski A. S., 1998: *Sto lat polskiej hydrogeologii — od narodzin terminologii w końcu XIX wieku do Słownika hydrogeologicznego 1997*. Prz. Geol., vol. 46, nr 2: 230–232.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002: *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. PWN, Warszawa.
- Macioszczyk A., (red.), 2006: *Podstawy hydrogeologii stosowanej*. PWN, Warszawa.
- Małecki J., Nawalany M., Witczak S., Gruszczyński T., 2006: *Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska*. Poradnik metodyczny. Wyd. Geologii UW, Warszawa.

- Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój*. Instrukcja (P. Herbich, red.) 2004 — Wyd. PIG, Warszawa.
- Michalak J., 2004: *Modele pojęciowe hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych — podstawy metodyczne*. Biul. PIG, seria hydrogeologia. Wyd. PIG, Warszawa.
- Paczyński B. (red.), 2003: *Mapa wstępnej waloryzacji Głównych Zbiorników Wód Podziemnych, 1:500 000*. PIG-PSH, Warszawa.
- Paczyński B., 2005: *Złote gody Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych*. Prz. Geol. T. 53, nr 10/1: 806–809.
- Pluta I., 2005: *Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego — geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania*. Prace Nauk. GIG. Nr 865, Katowice.
- Razowska L., 2000: *Zmiany hydrogeochemiczne w rejonie częstochowskim spowodowane zatopieniem kopalń rud żelaza*. Biul. PIG, 390: 35–96.
- Rózkowski A., (red.), 2004: *Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Wyd. Uniw. Śląsk., Katowice.
- Szczepański A., 2003: *Hydrogeologiczne uwarunkowania i skutki likwidacji zakładów górniczych w Polsce*. [W:] Współczesne problemy hydrogeologii. Wyd. Polit. Gdańsk., Gdańsk. Tom XI/1: 221–229.
- Szczepański A., 2004: *Wpływ górnictwa na środowisko wodne*. Przegl. Geol., 52 (10): 968–971.
- Szczepański A., 1999: *Problemy hydrogeologiczne związane z likwidacją kopalń*. Biul. PIG, Hydrogeologia. Nr 388: 211–228.
- Szczepański A., 1998: *Centralny system odwadniania likwidowanych kopalń w północno-wschodniej części GZW. SYNERGY „Przyszłość węgla kamiennego w Europie środkowej”*. GIG, Katowice, ss. 149–180.
- Szczepański A., Haładus A., 1993: *Górnictwo-hydrogeologiczne uwarunkowania likwidacji kopalń i składowania słonych wód kopalnianych w starych wyrobiskach*. [W:] „Współczesne problemy hydrogeologii”. Uniw. Wrocław., Tom VI: 307–312.
- Szczepiński J., 2000: *Prognoza zmian warunków hydrogeodynamicznych w obszarze leja depresyjnego kopalni Bełchatów w aspekcie opracowywania zasad zagospodarowania wielkoprzestrzennych wyrobisk poeksploatacyjnych*. Praca dokt. Polit. Wrocław., Wrocław.
- Szewczyk J., 2005: *Wpływ zmian klimatycznych na temperaturę podpowierzchniową Ziemi*. Przegl. Geol. 54 (1): 1109–1113.
- Szewczyk S., Barski J., Maszczyk Cz., 1995: *Zagrożenia wodne dla kopalń czynnych na skutek likwidacji poszczególnych kopalń lub ich części w obrębie GOP*. [W:] Współczesne problemy hydrogeologii. Wyd. PROFIL, Kraków. Tom VII/2: 201–208.
- Witczak S. (red.), 2005: *Mapa podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, skala 1:500 000*. Arcadis-Ekokonrem., Wrocław.
- Zdechlik R., 2004: *Wpływ odwadniania KWB Bełchatów na zmiany warunków hydrogeologicznych w rejonie wysadu solnego Dębina*. Agencja Wyd. ART-TEKST, Kraków.