

*hydrogeologia, model numeryczny,
modelowanie, kopalnie LGOM*

Monika DERKOWSKA-SITARZ*, Janusz FISZER*

ZASTOSOWANIE BADAŃ MODELOWYCH W ROZPOZNANIU WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH DLA OBSZARU LGOM

Wpłynęło 17 czerwca 2010 r., zaakceptowano 30 czerwca 2008

W artykule omówiono historię badań modelowych prowadzonych dla Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego począwszy od pierwszych prac prowadzonych w latach siedemdziesiątych XX w. do modelu regionalnego zrealizowanego w 2004 r. przez autorów niniejszego artykułu.

1. WSTĘP

Pierwsze prace nad numerycznym modelem krążenia wód w górotworze w obszarze oddziaływania kopalń LGOM podjęto w połowie lat siedemdziesiątych, gdy w środowisku hydrogeologów, badających złożę miedzi tego obszaru, utwierdziło się przekonanie, że metody obliczeń analitycznych wykorzystywane do prognozowania dopływów są niewystarczające i powinno się je zastąpić metodami numerycznymi (Fiszer, Kalisz, Szczepiński, 1995). Metody numeryczne pozwoliły w maksymalnym stopniu uwzględnić całą złożoność czynników geologicznych, hydrogeologicznych i techniczno-górnicyznych, które wpływają na formowanie się dopływów do kopalń.

Celem obliczeń modelowych prowadzonych na badanym obszarze było (Bocheńska i in. 2000):

- ustalenie współczynnika filtracji dla modelowanego górotworu, gdyż infiltrację z opadów atmosferycznych oraz dopływu z filtracji i zasilania z dolin rzecznych,

* Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa, Zakład Geologii i Wód Mineralnych, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław.

- ustalenie udziału każdej warstwy wodonośnej w formowaniu się dopływu całkowitego, oszacowanie dopływu do poszczególnych kopalń oraz rozwoju leja depresji.

Cele te zostały osiągnięte w wyniku budowy pięciu kolejnych modeli numerycznych obejmujących trzydziestoletni okres eksploatacji kopalń. Wyniki kolejnych badań modelowych pozwoliły na rozwój modelu hydrogeologicznego pod względem zasięgu oraz parametrów hydrogeologicznych w odwadnianym górotworze.

2. MODELE NUMERYCZNE ZREALIZOWANE DLA OBSZARU LGOM

2.1. PIERWSZY MODEL NUMERYCZNY

Pierwszy model numeryczny opracowany został w 1973 roku przez Bocheńską i Szaciło (Bocheńska 1979; Bocheńska i in. 2000) w programie autorstwa A. Szaciło. Model obejmował jedynie warstwę cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1 w rejonie wychodni i uwzględniał rozwój pól eksploatacyjnych do 1990 roku. Model filtracji sprowadzał się do rozwiązania równań różnicowych dla przepływu nieustalonego w płaskim dwuwymiarowym polu filtracji przy użyciu metody różnic skończonych. Założono, że zmienny współczynnik odsączalności, obliczony na podstawie objętości regionalnego, wielowarstwowego leja depresji dla górotworu w południowym obszarze kopalń Lubin i Polkowice, odpowiada ilościowo wartości zasilania warstwy wodonośnej odwadnianej przez wyrobiska na wychodniach warstw.

Model był tarowany tylko na podstawie dopływów wód do kopalń, ponieważ brakowało wiarygodnych danych pomiarowych pochodzących z niewielu piezometrów na wychodniach warstwy wodonośnej cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1.

2.2. DRUGI MODEL NUMERYCZNY

Drugi model obejmował dane rozpoznania hydrogeologicznego do roku 1979 (Bocheńska i in., 2000). Model został opracowany w 1980 roku przez Bocheńską, Fiszerę i Kalisza. Obejmował on całą warstwę cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1. Model uwzględniał szeroki zakres eksploatacji w rejonie podtrzeciorzędowych wychodni cechsztyńskich, a obliczenia obejmowały przewidywany dopływ do kopalń do 2000 roku. Obliczeń dokonano w programie FNN4 autorstwa Fiszera (Fiszer 1978) przy użyciu metody elementów skończonych. Przyjęto model filtracji nieustalonej w płaskim, dwuwymiarowym polu. Udział innych warstw wodonośnych uwzględniono w obliczeniach w formie dodatkowego zasilania. Obliczenia pozwoliły na korektę i poprawki w schemacie obliczeniowym przyjętym do obliczeń dla modelu pierwszego z 1973 r. Zasadniczą zmianą było uwzględnienie w schemacie obliczeniowym udziału międzywęglowego poziomu wodonośnego

trzeciorzędu w zasilaniu poziomu cechsztyńskich skał węglanowych W-1. Określono współczynnik zasilania warstwy W-1 z nadległego kompleksu wodonośnego.

Badania modelowe potwierdziły istotny wpływ stref kontaktów oraz podwęglowego poziomu trzeciorzędowego na kształtowanie się całkowitego dopływu wód do kopalń. Do kalibracji wykorzystano wyniki pomiarów z piezometrów i dopływów do kopalń oraz dokonano korekty parametrów hydrogeologicznych.

2.3. TRZECI MODEL NUMERYCZNY

Trzeci model powstał w 1990 roku, a jego autorami byli Bocheńska i Fiszer. Obliczenia przeprowadzono w programie FKWL autorstwa Fiszera (Bocheńska i in., 2000). Model powstał w oparciu o dane z szerszego rozpoznania rezultatów odwadniania kopalń. Obliczenia wykonano w oparciu o wielowarstwowy schemat obliczeniowy, biorąc pod uwagę kontakty hydrauliczne pomiędzy czterema warstwami wodonośnymi. Obliczeń dokonano metodą elementów skończonych w oparciu o nierównomierną trójkątną siatkę dyskretyzacyjną. Kalibracji dokonano na podstawie pomiarów w piezometrach oraz dopływów do kopalń.

2.4. CZWARTY MODEL NUMERYCZNY

Czwarty model stworzony został w 1995 roku przez Fiszera, Kalisza i Szczepińskiego (Fiszer i in. 1995; Bocheńska i in. 2000). Obliczeń dokonano w programie ModCad z zastosowaniem metody różnic skończonych przy założeniu quasi-ustalonych warunków filtracji. Model przewidywał dopływy do kopalń w latach 1996–2013, czyli z okresu największego rozwoju kopalń. Celem modelowania było również określenie wpływu odwadniania kopalń rudy miedzi na środowisko, szczególnie na jakość wód czwartorzędowego poziomu wodonośnego, uważanego za poziom odizolowany od głębszych warstw wodonośnych. Granice modelu oparto na naturalnych geologicznych i geomorfologicznych elementach obszaru oddziaływania drenażu kopalń LGOM. Schemat obliczeniowy obejmował trzy warstwy: wapieni i dolomitów W-1, pstręgo piaskowca oraz podwęglowego i międzywęglowego poziomu trzeciorzędowego. Założono, że podwęglowy poziom wodonośny jest w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z pstrym piaskowcem, zatem można je potraktować jako jeden kompleks wodonośny. Udział czwartorzędowego oraz trzeciorzędowego nadwęglowego poziomu wodonośnego zasymulowano poprzez założenie zasilania pionowego. Prześtrenny rozkład zasilania był modyfikowany podczas kalibracji modelu i ostatecznie przyjęty na poziomie 2%. Parametry filtracyjne warstw zostały określone przez zadanie współczynnika wodoprzewodności $T = k \cdot m$, (gdzie k – współczynnik filtracji, m – miąższość warstwy wodonośnej) Założono, że warunki brzegowe dla warstw trzeciorzędowych w południowej i północnej ich części będą I rodzaju ($H = \text{const}$). Dla rzek

i ich dolin zawartych w obszarze modelu założono warunek brzegowy III rodzaju ($H = Q(f)$). Warunek I rodzaju ustalono również dla centrów drenażu w kopalniach.

Badania modelowe z 1995 roku (Fiszer i in. 1995; Bocheńska i in. 2000) wykazały, że dalsze odwadnianie kopalń spowoduje wzrost zmian hydrodynamicznych w odwadnianych warstwach. Nastąpi rozwój leja depresji w każdej z odwadnianych warstw. Zasięg leja depresji powiększy się w kierunku południowym ku uskokowi brzeżnemu sudeckiemu. Spowoduje to wzrost dopływu wód do kopalń z południa poprzez wychodnie cechsztyńskich skał węglanowych W-1. Badania wykazały również, że po stronie północnej i wschodniej dolina Odry wraz z Pradolina Barucko-Głogowską znajdują się w zasięgu leja depresji w kompleksie trzeciorzędowym. Wyniki modelu wskazały, że dopływ do pola Polkowice wzrośnie w latach 1995–2013 o 25%, natomiast dla kopalni Rudna i Lubin pozostanie na tym samym poziomie. Według obliczeń dopływ wód w 11% pochodzi z zasobów statycznych, a pozostałe 89% stanowi zasilanie z zasobów dynamicznych (m.in. z infiltracji, opadów, z zasilania z dolin rzecznych).

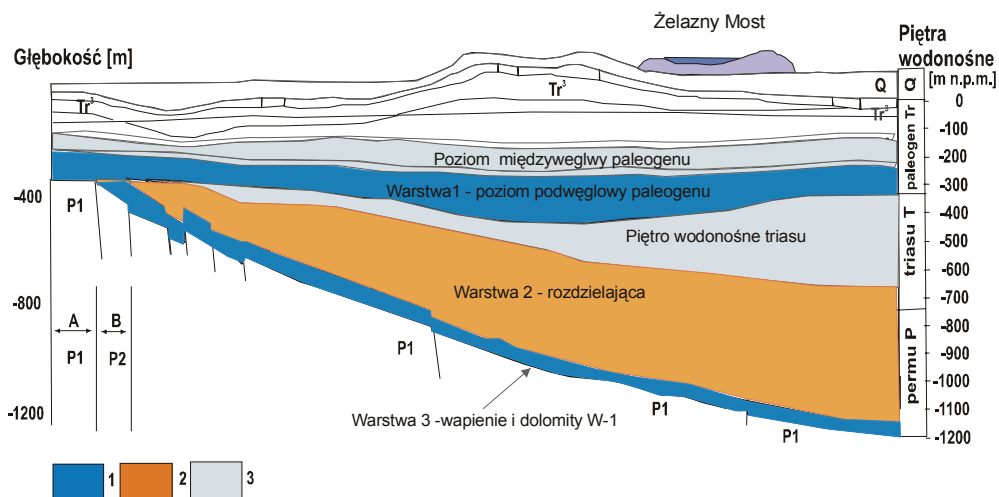
2.5. PIĄTY MODEL NUMERYCZNY

Piąty model autorstwa Fiszera i Derkowskiej-Sitarz (Derkowska-Sitarz 2006) został zrealizowany w programie Visual Modflow w 2004 r. i obejmuje swym zasięgiem obszar taki jak model go poprzedzający z 1995 roku. Opracowany model jest drugim z kolei modelem o zasięgu regionalnym i pierwszym dla obszaru kopalń LGOM o tak dużym stopniu szczegółowości. Zasięgiem powierzchniowym obejmuje ponad 3000 km², a zasięg pionowy wynosi 1200 m. Model częściowo opiera się na badaniach i wynikach modelu poprzedniego, jednakże dziesięcioletni okres, jaki upłynął od realizacji poprzedniego modelu sprawił, że do analiz mogły być wzięte wyniki aktualnych pomiarów, a model mógł opierać się na potwierdzonych już hipotezach o warunkach przepływu i budowie geologicznej.

W modelu bezpośrednio odwzorowano dwa główne poziomy wodonośne: podwęglowy paleogenu oraz cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1. Pozostałe poziomy odwzorowano w sposób pośredni: poziom wodonośny pstrego piaskowca powiększył przepuszczalność utworów podwęglowego paleogenu, a międzywęglowy poziom wodonośny stanowił dla nich źródło dodatkowego zasilania w strefach możliwych kontaktów hydraulicznych. Założono, że drenaż modelowanego kompleksu odbywa się bezpośrednio w poziomie wodonośnym cechsztyńskich wapieni i dolomitów W-1, w miejscach odpowiadających lokalizacji otworów odwadniających. Przyjęto, że kontakty hydrauliczne występują na wychodniach skał węglanowych W-1 pod utworami podwęglowymi paleogenu i mają one charakter okien hydrogeologicznych typu sedymentacyjnego, a na północ od tej strefy brak jest kontaktów pomiędzy modelowanymi poziomami wodonośnymi.

Granice modelu wyznaczono w oparciu o zasięg wodonośnego poziomu podwęglowego, zakładając że występuje on na całym obszarze modelu. Jego nieciągłości zasymulowano poprzez przyjęcie przepuszczalności o wartości zbliżonej do zera. Granice obszaru poprowadzono głównie wzdłuż naturalnych elementów hydrograficznych i geomorfologicznych. Od strony S obszar modelu ograniczony jest uskokiem brzeżnym sudeckim, od SE rzeką Kaczawą, od E i N doliną Odry i Pradolina Barucko-Głogowską, a od W rzeką Bóbr. Granica NW została ustalona wzdłuż działu wodnego zlewni Szprotawy i Białej Wody.

Granice warstw opierają się o ich wychodnie od strony południowej, natomiast od strony północnej, zachodniej i wschodniej granice systemu stanowią granice zasięgu wpływu drenażu górniczego kopalń LGOM.



Rys. 1. Schemat obliczeniowy przyjęty do modelu z 2004 r. (wg Derkowskiej-Sitarz 2006)
 1 – warstwy odwzorowane bezpośrednio, 2 – warstwy rozdzielające słabo przepuszczalne,
 3 – warstwy odwzorowane w sposób pośredni

Dla poszczególnych warstw wyznaczono strefy wartości współczynnika k , kierując się przesłankami geologicznymi. Podstawą wyznaczenia zasięgu stref dla warstwy 1 był rozkład miąższości utworów piaszczystych i żwirowych w podwęglowym poziomie wodonośnym paleogenu. Pod uwagę wzięto zasięg stożków pra-Bobru i pra-Kaczawy oraz doliny kopalnej Lubin–Legnica zakładając, że utwory budujące te struktury będą wykazywać się zwiększonym współczynnikiem filtracji.

Wartości zasilania dynamicznego poziomów wodonośnych objętych odwadnianiem zostały opracowane na podstawie hydrologicznych obliczeń bilansowych dla zlewni rzek Przedgórze Sudeckiego oraz nizinnej części obszaru LGOM (Fiszer i in. 1995). Podczas obliczeń założono, że źródłami zasilania warstw wodonośnych są kopalne stożki napływowe oraz głębokie doliny rzeczne, a także przesączanie się wód

z warstw o wyższym ciśnieniu do warstw położonych poniżej poprzez istniejące na tym terenie kontakty hydrauliczne. Przy analizach posłużono się materiałami obliczeniowymi Sawickiego (1978) oraz Atlasem hydrologicznym Polski (Stachy 1986).

Warunki brzegowe zewnętrzne założono jedynie dla warstwy 1, kierując się zasięgiem wpływu odwadniania kopalń LGOM. Wpływ odwadniania odpowiada niecce osiadań terenu, a poza nią ciśnienia hydrostatyczne w podwęglowym poziomie wodonośnym odpowiadają w założeniu wartościom pierwotnym. Przyjęto, że warunki brzegowe mają stałą wysokość hydrauliczną $H = \text{const}$ na niektórych odcinkach Odry i Kaczawy oraz na granicy południowej i zachodniej modelu.

Celem kalibracji modelu było uzyskanie zadowalającej zgodności pomiędzy rzeczywistą powierzchnią piezometryczną poziomów wodonośnych, ustaloną na drodze pomiarów w piezometrach, a powierzchnią uzyskaną z badań modelowych oraz pomiędzy wielkościami dopływów rzeczywistych do poszczególnych kopalń a dopływami obliczonymi.

Wynikiem przeprowadzonych badań nad modelem były:

- szczegółowe mapy rozkładu współczynnika filtracji utworów budujących warstwę podwęglowa paleogenu oraz wapieni i dolomitów W-1,
- szczegółowa mapa współczynników zasilania dla warstwy podwęglowej paleogenu,
- odtworzenie rzeczywistej powierzchni piezometrycznej w warstwach pozostających pod ścisłym wpływem systemu odwadniania kopalń LGOM, czyli w warstwie W-1 oraz w warstwie podwęglowej paleogenu,
- odtworzenie rzeczywistych dopływów do centrów drenażu kopalń LGOM,
- weryfikacja hipotez dotyczących obszarów zasilania paleogenu oraz warstwy W-1, a także związanych z budową leja depresji w warstwie podwęglowej,
- uzyskanie nowych szczegółów dotyczących budowy geologicznej, zasilania i rozwoju dwupoziomowego leja depresji powstałego w analizowanym obszarze badań.

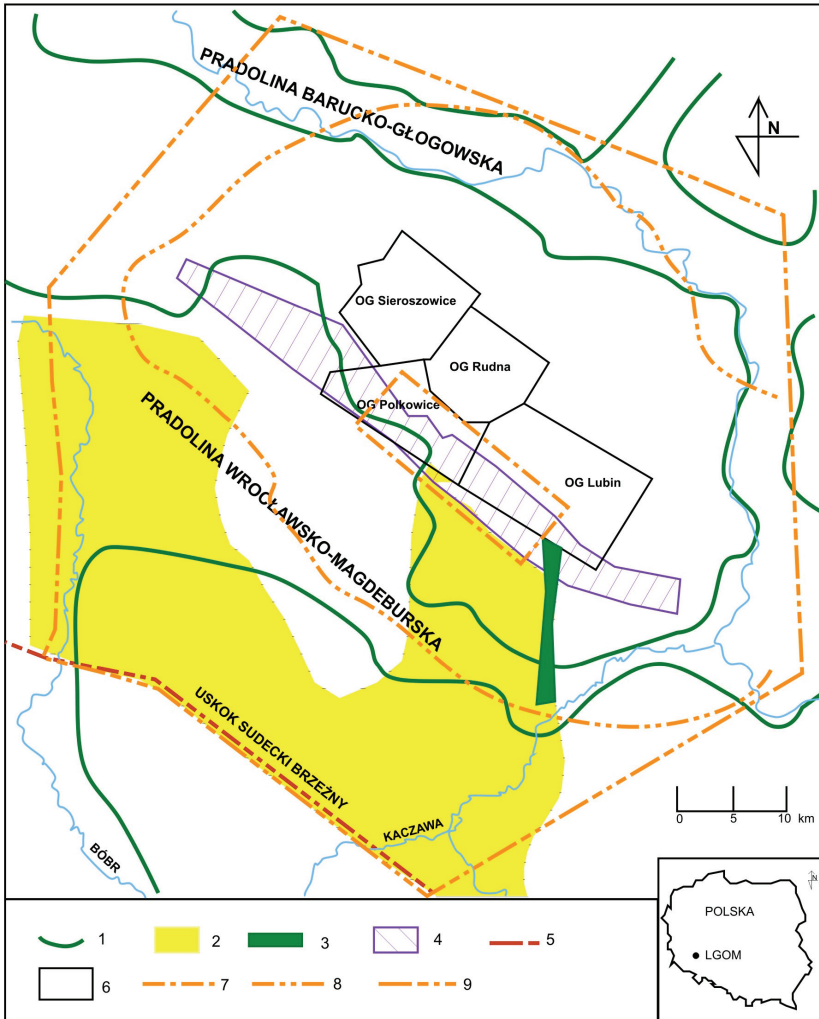
Tabela 1. Modele numeryczne dla obszaru LGOM (kolumny I–IV wg Bocheńskiej i in. 2000)

Model numeryczny	I	II	III	IV	V
Autorzy	T. Bocheńska, A. Szaciło	T. Bocheńska, J. Fiszer, M. Kalisz	T. Bocheńska, J. Fiszer	J. Fiszer, M. Kalisz, J. Szczepiński	M. Derkowska – Sitarz, J. Fiszer
Zasięg modelu	fragment leja depresji w warstwie węglanów W-1	obszar leja depresji w warstwie trzeciorzędu	obszar leja depresji w warstwie trzeciorzędu	obszar większy niż lej depresji ograniczony naturalnymi granicami zasilania i drenażu	obszar większy niż lej depresji ograniczony naturalnymi granicami zasilania i drenażu

Schemat obliczeniowy	1 warstwa: wapień i dolomity W-1 (P)	1 warstwa: wapień i dolomity W-1 (P)	4 warstwy: wapień i dolomity W-1 (P) pstry piaskowiec (Tp) podwęglowy (Tr)	3 warstwy: wapień i dolomity W-1 (P) pstry piaskowiec (Tp) + podwęglowy (Tr) międzywęglowy (Tr)	3 warstwy: wapień i dolomity W-1 (P) pstry piaskowiec (Tp) podwęglowy (Tr)
Program	autorstwa A. Szaciło	FNN4 (J. Fiszer)	FKWH (J. Fiszer)	MODFLOW (ModCad)	VISUAL MODFLOW 3.1 Pro
Okres obl.	1965–1975	1965–1979	1965–1991	1990–1996	do 2004
Parametry hydrogeologiczne	wodoprzewodność T	wsp. filtracji k	wsp. filtracji k wsp. odsączalności μ^* wsp. przesączania wybranych koryt	wodoprzewodność T wsp. odsączalności μ^* wsp. przesączania wybranych koryt	wsp. filtracji k wsp. odsączalności μ^* zasilanie W
Warunki brzegowe	Zew. $Q = 0$, $H = f(t)$ Wew. $H = \text{const}$	Zew. $H = f(t)$ Wew. $H = f(t)$	Zew. $H = f(x,y)$, $Q = 0$ Wew. $H = f(x,y,z)$	Zew. $H = f(x,y)$, $Q = f(H)$, $Q = f(x,y)$ Wew. $H = f(t,x,y)$	Zew. $H = \text{const}$ Wew. $H = \text{const}$
Kalibracja	dopływ do kopalń	dopływ do kopalń, ciśnienie w warstwie W-1	dopływ do kopalń, ciśnienie w 4 warstwach będących w związku hydraulicznym	dopływ do kopalń, ciśnienie w 4 warstwach będących w związku hydraulicznym	dopływ do kopalń, ciśnienie w piezometrach podwęglowych i węglanowych
Wynik	przewidywanie dopływu	przewidywanie dopływu, rozkład wartości wsp. k w warstwie W-1, przestrzenny rozkład dopływu	przewidywanie dopływu, udział każdej z warstw w formowaniu dopływu, wsp. przesączania dla wybranych koryt	przewidywanie dopływu, udział warstw w formowaniu dopływu, wsp. przesączania dla wybranych koryt	udział każdej z warstw w formowaniu dopływu, rozkład wartości wsp. k rozkład stref zasilania, rozkład dopływów, rozwój leja depresji
Okres obl.	1965–1975	1965–1979	1965–1991	1990–1996	do 2004

Badania modelowe potwierdziły uprzywilejowaną rolę stożków napływowych pra-Bobru i pra-Kaczawy w zasilaniu poziomów trzeciorzędowych. Równie duże znaczenie mają głęboko wcięte w trzeciorzędowe podłoże eoplejstocieńskie doliny kopalne (Lubin–

Legnica). Rola Pradoliny Barucko-Głogowskiej i doliny Odry nie okazała się być duża w zasilaniu warstw trzeciorzędowych. Odra ze względu na głęboką dolinę wykazuje cechy raczej drenujące niż zasilające. Zwiększony współczynnik zasilania, w porównaniu z utworami otaczającymi, wykazały utwory zamknięte słabo przepuszczalną strefą, co wskazywać może na obecność doliny powstałej w wyniku erozji. Kierunek przepływu wód odbywa się od uskoku sudeckiego brzeżnego w kierunku doliny Odry.



Rys. 2. Granice modeli zrealizowanych dla obszaru LGOM (za Bocheńską i in. 2000 oraz Derkowską-Sitarz 2004): 1 – pradoliny, 2 – stożki napływowe, 3 – dolina kopalna Lubin–Legnica, 4 – strefa silnego zawadnienia kopalń LGOM, 5 – uskoki sudecki brzeżny, 6 – granice obszarów górniczych, 7 – zasięg pierwszego modelu numerycznego, 8 – zasięg drugiego i trzeciego modelu numerycznego, 9 – zasięg czwartego i piątego modelu numerycznego

Powstały obraz leja depresji potwierdził wcześniejsze hipotezy o dwóch głównych centrach drenażu umiejscowionych w polu Polkowice i kopalni Lubin. Badania wskazały jednocześnie, że centra drenażu są wyraźnie od siebie oddzielone strefą o utrudnionych warunkach przepływu. Omawiane centra znajdują się w miejscach kontaktów hydraulicznych warstwy podwęglowej paleogenu z warstwą W-1. Obraz leja potwierdził hipotezy o dużej roli tych kontaktów w zasilaniu warstwy węglanów W-1 z nadległych trzeciorzędowych poziomów i znaczny stopień ich odwodnienia.

Na podstawie zrealizowanego modelu dokonano w 2004 r. obliczeń prognostycznych dla projektowanej bariery hydroizolacyjnej w kopalni „Polkowice–Sieroszowice” (Fischer, Derkowska-Sitarz 2004). W 2005 r. wykonano obliczenia prognostyczne dopływów wód podziemnych do udostępnianej partii złoża w południowej części OG Polkowice (Fischer, Derkowska-Sitarz 2005). W 2007 r. dokonano weryfikacji prognoz dopływów wód do Oddziałów Górniczych KGHM Polska Miedź S.A. wraz z opracowaniem ich optymalnego obiegu w ciągu technologicznym w latach 2006–2015 (Fischer, Derkowska-Sitarz 2007).

Zasięg dotychczas zrealizowanych modeli numerycznych dla obszaru LGOM przedstawiony został na rysunku 2, a ich opis przedstawiono w tabeli 1.

3. PODSUMOWANIE

Opracowane modele przybliżyły szczegóły budowy geologicznej i hydrogeologicznej analizowanego obszaru. Dały obraz o wielkości dopływów, uprzywilejowanych kierunkach zasilania, rozkładzie współczynników hydrogeologicznych, zasilaniu oraz odtworzyły zasięgi lejów depresji w warstwach trzeciorzędowych oraz wapieniach i dolomitach W-1. Modele o zasięgu regionalnym są podstawą do analiz związanych z koncepcjami zmian systemów gospodarki wodnej kopalń miedzi. Model o dużej szczegółowości może stać się przydatny przy obliczeniach prognostycznych dla projektowanych nowych pól eksploatacyjnych.

LITERATURA

- [1] BOCHEŃSKA T., *Prognoza dopływów wód w warunkach głębokich kopalń miedzi*, Prace Nauk. Inst. Górnictwa PWr., Nr 31, Seria: Monografie Nr 13, Wrocław 1979.
- [2] BOCHEŃSKA T., FISZER J., KALISZ M., *Prediction of groundwater inflow into copper mines of the Lubin–Głogów Cooper District*, w: Environmental Geology, Springer-Verlag, 2000, 39 (6).
- [3] DERKOWSKA-SITARZ M., *Badania modelowe regionalnych warunków krążenia wód na obszarze oddziaływania drenażu kopalń LGOM*, Raporty Inst. Gór., 2006, Ser. PRE, nr 5, PWr., maszyn., Rozprawa doktorska, Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, Wrocław 2006 (niepublikowana).
- [4] FISZER J., *Numeryczne prognozowanie zmian ciśnienia wód w osuszonym górotworze za pomocą elementów skończonych*, Komunikaty Instytutu Górnictwa PWr., Nr 225, Wrocław, Rozpr. doktorska, Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, Wrocław 1978 (niepublikowana).

- [5] FISZER J., KALISZ M., SZCZEPIŃSKI J., *Prognoza dopływów wód do kopalń KGHM Polska Miedź S.A.*, Prace CBPM Cuprum, Wrocław 1995.
- [6] FISZER J., DERKOWSKA-SITARZ M., *Kalibracja wielowarstwowego modelu numerycznego i obliczenia prognostyczne z zastosowaniem programu Visual Modflow 3.1 dla projektowanej bariery hydroizolacyjnej w kopalni „Polkowice–Sieroszowice”*, Raporty Inst. Gór. PWr., 2004, Ser. SPR, nr 88 (niepublikowana).
- [7] FISZER J., DERKOWSKA-SITARZ M., *Wykonanie obliczeń prognozy dopływów wód podziemnych do udostępnianej partii złoża w południowej części OG Polkowice, metodą modelowania numerycznego*, Raporty Inst. Gór. PWr., 2005, Ser. SPR, nr 6 (niepublikowana).
- [8] FISZER J., DERKOWSKA-SITARZ M., *Weryfikacja prognoz dopływów wód do Oddziałów Górniczych KGHM Polska Miedź S.A. wraz z opracowaniem ich optymalnego obiegu w ciągu technologicznym w latach 2006–2015*, Raporty Inst. Gór. PWr., 2007, Ser. SPR, nr 11, (niepublikowana).
- [9] SAWICKI J., *Ważniejsze typy bilansu wód podziemnych Polski południowo-zachodniej*, Rozpr. doktorska, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa 1978 (niepublikowana).
- [10] STACHY J. (red.), *Atlas hydrologiczny Polski*, IMGW, Warszawa 1986.

APPLICATION OF MODELING RESEARCHES IN IDENTIFYING THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS FOR LUBIN–GŁOGÓW COOPER DISTRICT

This paper presents history of hydrogeological modeling resources which were provided for Lubin–Głogów Cooper District from the seventies of last century up to 2004. In 2004 authors of this paper realized regional model for analyzed area.