

## LEJ DEPRESYJNY WYWOŁANY ODWADNIANIEM ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO „BELCHATÓW”

UKD 622.5:622.332:553.96:556.343.5:[628.112 + 631.171 + 634.0 + 624.131.54(438—191.2 Belchatów)]

Złoże węgla brunatnego „Belchatów” zalega w stosunkowo skomplikowanych warunkach geologicznych. Surowiec ma być eksploatowany z dwóch odkrywek (ryc. 1), z których jedna osiągnie głębokość niespełna 200, a druga 300 m. Odwadnianie górotworu wywołuje procesy hydrodynamiczne o rozległym zasięgu wpływu. Ich wynikiem będzie powstanie leja depresyjnego. Dotychczasowe studia i badania tego problemu dostarczyły niezupełnie zgodnych wyników. Zróżnicowanie wyników jest spowodowane niedostatecznym rozpoznaniem terenu badań, stosowaniem odmiennych metod obliczeń i uproszczeń danych podstawowych. Ponadto czyniono nie całkiem jednolite założenia przy poszczególnych obliczeniach w odniesieniu do słabo poznanych warunków hydrogeologicznych oraz rzadko rozmieszczonych wierceń, znajdujących się poza granicami złoża. Dlatego w różnych opracowaniach przedstawiono różny zasięg leja depresyjnego. Wyniki prognoz przedstawione w tej pracy uwzględniają aktualną ocenę warunków hydrogeologicznych złoża. Autor dziękuje głównemu projektantowi odwadniania kopalni „Belchatów” mgr inż. Ludwikowi Sewerynowi za przedyskutowanie pewnych zagadnień zawartych w tej pracy oraz udostępnienie materiałów podstawowych.

### WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE ZŁOŻA I OBSZARÓW PRZYLEGLYCH

Złoże węgla brunatnego „Belchatów” zalega w rowie tektonicznym o przebiegu równoleżnikowym. Szerokość tej struktury wynosi ok. 1–2 km, natomiast długość — kilkadziesiąt km (ryc. 1). Podłoże budują skały jurajskie i kredowe, wśród których w sposóblicie występują wapienie z rozwiniętymi zjawiskami krasowymi, zwłaszcza w utworach oksfordu. W pobliżu południowego konturu złoża znajduje się wydajny solny cechsztyński pokrywający czapą ilowo-gipsową.

W utworach kredowych i jurajskich występuje wspólny poziom wodonośny o bardzo zróżnicowanej wodoprzepuszczalności. Przyczyną tego jest duża różnorodność litologicznych odmian skał oraz kawernowo-szczelinowy charakter horyzontu wodonośnego. Fragmenty o przepływie intergranularnym nie mają większego znaczenia w zawodnieniu górotworu. Na podstawie wyników dotychczasowych badań nie można określić położenia spągu omawianego horyzontu wodonośnego. Współczynnik jego wodoprzepuszczalności, rozumiany jako przeciętny w otworach badawczych, z których wykonywano próbną pompowanie, ocenia się w odniesieniu do skał jurajskich na ok. 8 m/d, natomiast w odniesieniu do kredowych — 5 m/d.

Na obszarze rowu tektonicznego zalega najgrubszy i najbardziej rozwinięty stratygraficznie zespół utworów trzeciorzędowych. W jego obrębie wyróżnia się 3 części — serię podwęglową, pokład węgla i serię nadwęglową. Seria podwęglowa jest zbudowana z przeławień piasków z mulkami i utworami ilastymi. W jej obrębie wydziela się podwęglowy poziom wodonośny, którego zasięg jest ograniczony wyłącznie do zapadliskowego obniżenia podłoża. Poziom ten w wielu miejscach kontaktuje się z wodami podłoża, zwłaszcza za pośrednictwem powierzchni uskokowych w ich skrzydłach podniesionych. Horyzont ten łączy się lokalnie z wodami nadwęglowymi. Jego współczynnik filtracji określa się przeciętnie na ok. 2 m/d.

Seria nadwęglowa litologicznie jest podobna do podwęglowej. Występuje ona zarówno w obszarze rowu tektonicznego, jak i poza nim, tworząc tam nie-

ciągłą pokrywę podłoża. W niej występuje kolejny poziom wodonośny, zawierający liczne kontakty hydrauliczne z wodami kredowo-jurajskiego podłoża oraz bardzo powszechnie stwierdzone okna hydrogeologiczne, dające połączenia z wodami podziemnymi w utworach czwartorzędowych.

Najwyżej położony horyzont wodonośny o swo- bodnym, na ogół, zwierciadle wody wiąże się z piaskami i żwirami czwartorzędowymi. W obrębie tej serii zalegają również gliny zwałowe, ropy i mulki. Łączna grubość tego ogniwa stratygraficznego jest bardzo zmienna. W obszarze stanowiącym przedmiot rozważań występuje rozbudowana dolina kopalna o maksymalnej głębokości ok. 300 m. Struktura ta jest wypełniona w bardzo znacznej części materiałem sypkim. Dzięki temu wody czwartorzędowego poziomu wodonośnego kontaktują się bardzo aktywnie z pozostałymi horyzontami wodonośnymi. Ze względu na powszechne połączenie hydrauliczne pomiędzy czwartorzędowym i nadwęglowym poziomem wodonośnym, wielkość współczynnika filtracji ustalono łącznie dla obu tych horyzontów tworzących nadkład nad złożem węgla brunatnego. Wynosi on w odniesieniu do obszaru złożowego przeciętnie ok. 24 m/d, a w otoczeniu złoża (poza rowem tektonicznym) ok. 20 m/d.

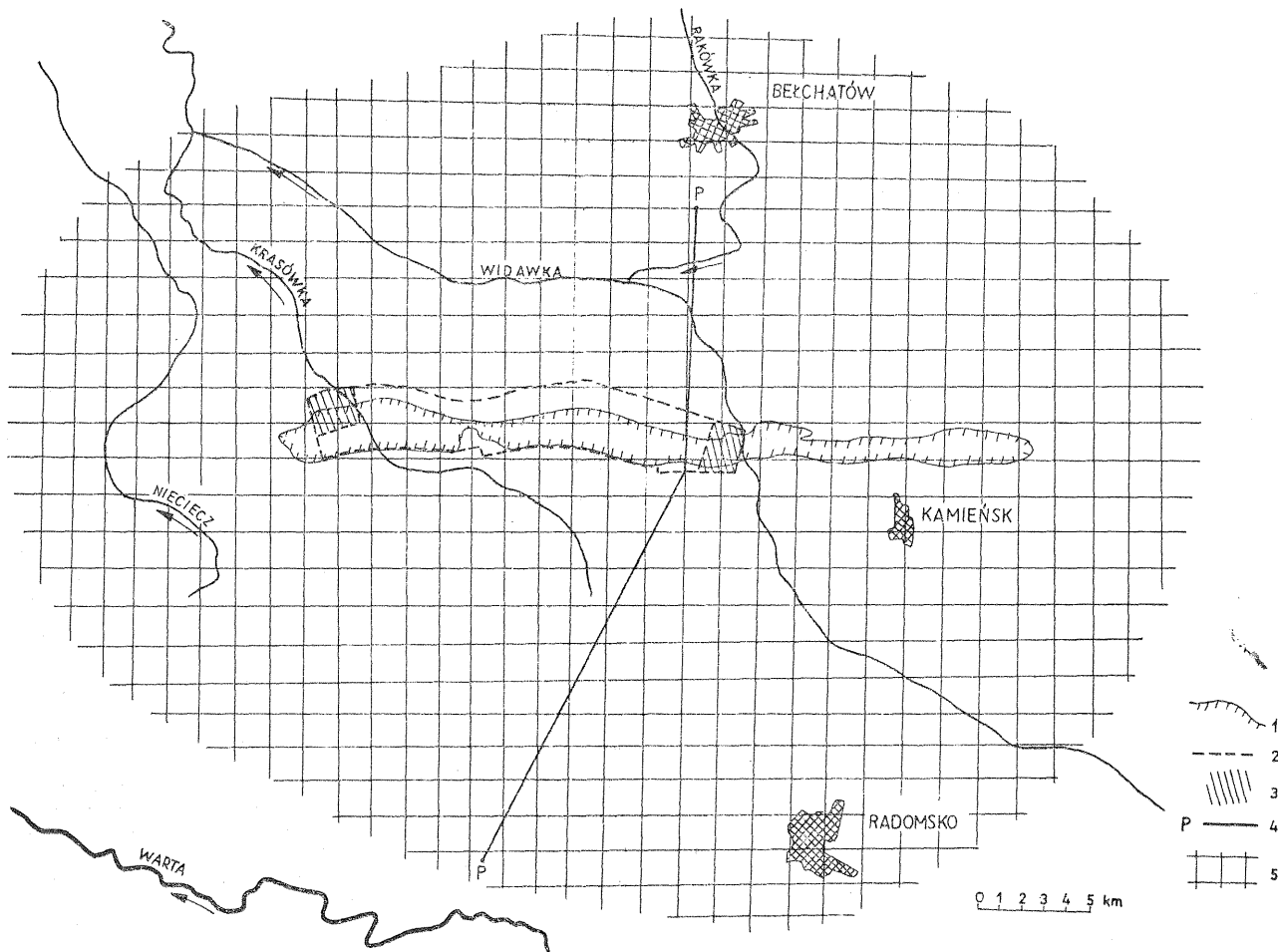
Ogólnie trzeba podkreślić, że między poszczególnymi poziomami wodonośnymi występuje tak dużo połączeń, iż cały opisany zespół skał wodoprzepuszczalnych charakteryzuje się przeważnie jednolitym zawodnieniem, rozpoczynającym się od głębokości 1 m do kilku metrów ppt. Można zatem powiedzieć, że wszystkie poziomy wodonośne w skali regionu tworzą łączny hydrauliczny kompleks. Kompleks ten jest zasilany za pośrednictwem czwartorzędowego poziomu wodonośnego opadami infiltrującymi do wód podziemnych w przeciętnej ilości 172 m m/rok.

Drugim elementem okresowego zasilania wód podziemnych jest ucieczka wód z lokalnej sieci hydrograficznej. Wody powierzchniowe bowiem wykazują wyraźne związki hydrauliczne z wodami podziemnymi. Ilustrację warunków strukturalnych stanowi syntetyczny przekrój geologiczny przez obszar złoża i tereny przyległe (ryc. 2).

### ODWADNIANIE GÓROTWORU

Prace nad odwadnianiem złoża i nadkładu są prowadzone za pomocą barier studziennych. W wyniku działania tych urządzeń drenażowych ma powstać depresja odpowiadająca głębokością odkrywkom. Utworzy wodoprzepuszczalne zalegające w nadkładzie ma być odwodnione i pozostaną tam jedynie wody resztkowe, natomiast w podwęglowych poziomach wodonośnych wystąpi obniżenie ciśnienie hydrostatyczne w stopniu umożliwiającym sprowadzenie powierzchni piezometrycznych tych horyzontów do głębokości spągu odkrywek. Według obecnej przysiętych, najbardziej wiarygodnych prognoz (2) maksymalny zasięg leja depresyjnego wystąpi w otoczeniu starszej kopalni po 10 latach odwadniania (w 1985 r.) i w młodszej również po 10 latach odwadniania (w 1990 r.). Osiągnięcie największych w tym czasie depresji (ok. 230 m) nastąpi w odkrywce starszej w 1985 r. i w młodszej (ok. 160 m) w 1990 r.

Systemy odwadniania górotworu obydwóch odkrywek będą współdziałać hydraulicznie, a odległości między tymi obiektami wyniosą kilkanaście km. Łączna ilość wody czerpana w procesie odwadniania górotworu w omawianym okresie będzie się zawierała w przedziałach 140 m<sup>3</sup>/min (1975 r.) do 760 m<sup>3</sup>/min

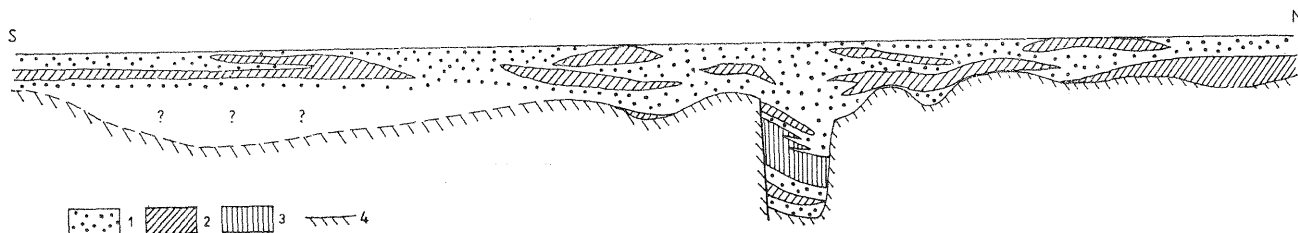


Ryc. 1. Szkic sytuacyjny obszaru maksymalnej powierzchni depresji wód podziemnych wywołanej odwadnianiem złoża „Bełchatów” (2).

Fig. 1. Location sketch of area of maximum groundwater depression surface resulting from drainage of Belchatów deposit (2).

1 — granice węgla, 2 — granica projektowanej eksploatacji, 3 — wkop otwierający, 4 — linia przekroju, 5 — obszar depresji.

1 — extent of coals, 2 — boundaries of projected mining area, 3 — piloting open cast, 4 — line of cross-section, 5 — depression area.



Ryc. 2. Syntetyczny przekrój geologiczny przez rejon wpływu odwadniania złoża węgla brunatnego „Bełchatów” (przewiększenie 20 X).

Fig. 2. Synthetic geological cross-section through the area influenced by draining of Belchatów brown coal deposit (exaggeration X 20).

1 — piasek lub piasek ze żwirem, 2 — gliny, ility, mułki, 3 — węgiel brunatny, 4 — strop utworów przedtrzeciorzędowego podłoża.

1 — sand or sand with gravel, 2 — tills, clays, silts, 3 — brown coal, 4 — top of pre-Tertiary substrata.

(1983 r.). Wielkości dopływu przyporządkowane do systemów odwodnieniowych poszczególnych odkrywek w kolejnych latach podano w tabeli I.

#### ZASIĘG LEJA DEPRESYJNEGO

Jak wspomniano, lej depresyjny osiągnie największy zasięg przypuszczalnie w latach 1985—1990. Ogólnie jego kształt będzie eliptyczny. Oś dłuższa elipsy (ryc. 1) o ułożeniu równoleżnikowym, zdeteminowana położeniem odkrywek, będzie wynosiła w tym czasie ponad 50 km, natomiast oś krótsza — ponad 40 km. Powierzchnia leja depresyjnego będzie obejmowała obszar ok. 1900 km<sup>2</sup>. Jego kontur będzie bardzo nieregularny, jak się to obserwuje w otoczeniu

innych kopalń węgla brunatnego. Nieregularności te są spowodowane dużym zróżnicowaniem oporów hydraulicznych i struktur w czwartorzędowym horyzoncie wodonośnym. Zatoki i wypustki granic omawianego leja depresyjnego będą zapewne osiągały kilkometrowe rozmiary.

Zasięg leja depresyjnego określono za pomocą wzorów empirycznych (2). Zbieżne wyniki uzyskano również dzięki zastosowaniu modelowania przy rozwiązaniu pełnego bilansu wód w każdym bloku zdykretyzowanego obszaru filtracji. Zastosowano metodę elementów skończonych przy wykorzystaniu maszyny cyfrowej (3). Warto jednak poddać wynik określenia maksymalnego zasięgu leja depresyjnego

DOPEŁYW WODY Z GÓROTWORU ODKRYWEK PROJEKTOWANYCH W CELU EKSPLOATACJI ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO „BEŁCHATÓW” (2)

Z rejonu odkrywki	Wielkość dopływu w m <sup>3</sup> /min w poszczególnych latach											
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1990
starszej	140	240	320	380	420	460	490	500	470	450	430	280
młodszej						110	170	240	290	270	260	330
obu						570	660	740	760	720	690	610

Tabela II

STRUKTURA UŻYTKOWANIA GRUNTÓW I KLASY GLEB W OTOCZENIU KOP. „BEŁCHATÓW” (1)

Sposób użytkowania gruntów	%	Gleby poszczególne klas w %			
		III	IV	V	VI
orne	63	5	32	33	30
użytki zielone	15	3	35	42	20
las	16				
rolniczo nieprzydatne oraz inne	6				

prostemu sprawdzianowi, polegającemu na porównaniu wielkości zasilania infiltracją opadów z ilością czerpanej przez systemy odwodnieniowe wody. Średnia wielkość opadów z wielolecia wynosi 615 mm/a, zatem 0,00117 mm/min. Według bilansu wody w obszarze „Bełchatów” (2) wielkość miarodajnej infiltracji do wód podziemnych wynosi 28%, a zatem  $0,00177 \times 0,28 = 0,0003276$  mm/min, co daje z 1 km<sup>2</sup> 0,328 m<sup>3</sup>/min. Powierzchnia maksymalnego rozwoju leja depresyjnego ma wynosić ok. 1900 km<sup>2</sup>, zatem dopływ będzie równy 623 m<sup>3</sup>/min. Jak zatem widać, wynik jest zbieżny z prognozowaną wielkością dopływu.

Warto zaznaczyć, że przewiduje się (2) uszczelnienie koryta tych cieków, z których ucieczka wód zagrażałaby zwiększeniem dopływów do kopalni, a zwłaszcza powrotem wód, uzyskiwanych w procesie odwadniania, do górotworu. Stanowi to jednocześnie uzasadnienie słuszności przedstawionego porównania między powierzchnią przewidywanego leja depresyjnego, wielkością infiltracji oraz prognozowaną wielkością dopływu do obu odkrywek. W obszarach rozległych depresji wód podziemnych, powstających w wyniku osuszania górotworu, ulega zwiększeniu współczynnik miarodajnej infiltracji. Przykładem mogą tu być wyniki bilansowania wód w pewnych obszarach objętych wpływem działania kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku, gdzie wielkość infiltracji miarodajnej wynosi 40%, a nawet lokalnie 50% opadów (4). Jeśli w obszarze leja wywołanego odwadnianiem złoża węgla brunatnego „Bełchatów” ulegnie zwiększeniu infiltracja miarodajna, to — przy założeniu, że właściwie określono dopływ — zasięg leja depresji może być nawet nieco mniejszy.

#### PROCESY PRZEWIDYWANE W OBSZARZE LEJA DEPRESYJNEGO

Obniżenie ciśnień hydrostatycznych w naporowych horyzontach wodonośnych oraz zwierciadła wody w becznieniowym poziomie wywoła liczne zjawiska zaliczane do szkód górniczych. Wśród nich, w konsekwencji zmian hydrodynamicznych w górotworze, wystąpią: zaniki wód w studniach zaopatrzeniowych, obniżenie wartości użytków rolnych i leśnych, wysychanie sieci hydrograficznej oraz osiadanie powierzchni terenu.

Zanik wód w studniach, które znajdują się w obszarze leja depresyjnego, wystąpią we wszystkich ujęciach wód z poziomu czwartorzędowego, z wyjąt-

kiem tych, które czerpią wody zawieszane. Te zachowują się lokalnie nad soczewkowatymi wystąpieniami glin. W programie działalności inwestycyjnej kopalni „Bełchatów” znajduje się wykonanie studni wierconych, które będą zaopatrywać w wodę użytkowników terenów położonych w osuszonym obszarze. Budowa studni będzie odpowiednio wyprzedzać rozwój leja depresyjnego, a ujęcia będą korzystać z wód głębiej położonych niż maksymalne obniżenie zwierciadła w leju depresyjnym. Wspomniane wyprzedzanie budową studni zaniku wód w istniejących ujęciach zapewni ciągłość korzystania z wód podziemnych w celach zaopatrzeniowych.

Obniżenie zwierciadła wód podziemnych wpłynie na zmianę stosunków wodnych w glebach. Wyłączone z tego wpływu będą jedynie te tereny, które charakteryzują się gospodarką wodną opadowo-retencyjną, tj. niezależną od wód gruntowych. Ostatnio wykonane opracowanie (1) zawiera analizę obszaru o średnicy ok. 25 km, położonego w centralnej strefie leja depresyjnego. Strukturę użytkowania gruntów w tym terenie ujmuje tabela II.

W użytkach rolnych omawianego obszaru przypada na gleby o gospodarce wodnej:

- opadowo-retencyjnej 47%,
- opadowo-gruntowo-wodnej 35%,
- gruntowo-wodnej 18%.

Wspomniane opracowanie (1) zawiera również prognozę szkód, z jakimi należy się liczyć w wyniku obniżenia wilgoci w glebie spowodowanego rozwojem leja depresyjnego. Szkody w przedziale:

70—80%	wystąpią na	1%	powierzchni,
60—70%	„	1%	„ „
50—60%	„	5%	„ „
40—50%	„	7%	„ „
30—40%	„	5%	„ „
20—30%	„	8%	„ „
10—20%	„	13%	„ „
0—10%	„	60%	„ „

Warto przy tym podkreślić, że obszar o szkodach bez praktycznego znaczenia (poza granicą możliwości dostrzegania) wyraźnie przekracza połowę całej powierzchni. Przewiduje się możliwość wystąpienia zaniku stałego przepływu wód niżówkowych i średnich w niektórych nie uszczelnianych odcinkach koryt mniejszych cieków. Zachowają się w nich zapewne jedynie przepływy wielkich wód w zmniejszonej, w stosunku do dzisiejszego stanu, ilości (2). Prawdopodobnie zjawisko to zaznaczy się jedynie w początkowej fazie istnienia leja depresyjnego, a następnie w wyniku samokolmatacji dojdzie do uszczelnienia koryta wspomnianych cieków i przywrócenia im możliwości prowadzenia wód niskich i średnich. Oczywiście trudno obecnie określić czas trwania tego samostojącego procesu.

W wyniku odwadniania złoża węgla brunatnego „Bełchatów” zajdą duże zmiany warunków wodnych zarówno pod, jak i na powierzchni terenu. Obecnie prowadzi się różne obserwacje wód powierzchniowych i podziemnych. Posłużą one zapewne do kompleksowego rozwiązania problemu gospodarki wodnej tego obszaru. Studium takie, łączące interesy

wszystkich użytkowników oraz potrzeby ochrony środowiska, jest gospodarczą koniecznością o randze państwowej. Jego realizację rozpoczęło już Centralne Biuro Studiów i Projektów „Hydroprojekt”.

Rozległe zmiany ciśnień wód podziemnych mogą spowodować dziś trudne do konkretniejszego przewidywania procesy. Wśród nich istotniejsza wydaje się ewentualność uruchomienia się przepływów wód krasowych, o zasięgu nie odpowiadającym przedstawionym poglądom na temat leja depresyjnego, oraz ewentualność zmian hydrochemicznych własności wód podziemnych, postępująca w miarę rozwoju leja depresyjnego. Obniżenie zwierciadła wody w beznaporowym horyzoncie oraz ciśnienia w naporowych poziomach wodonośnych górotworu spowodują osiadanie powierzchni terenu.

W skomplikowanych warunkach zróżnicowania litologicznego i strukturalnego nadkładu złoża „Bełchatów” prognoza omawianego procesu jest specjalnie złożonym problemem. J. Wojciechowski (5) określa wielkość maksymalnych możliwych osiadań powierzchni terenu na ok. 3 m. Wychodząc z różnych założeń autor ten uważa, że wspomniany wynik powinien zamykać się w przedziale uchyień 20—15%. Oczywiście mowa tu o obszarze bezpośrednio bliskim centrum odwadniania, gdzie będzie maksymalna depresja powierzchni piezometrycznej.

Największych kontrastów osiadania należy się spodziewać w strefach uskoków, stanowiących obrzeże-

nie złoża. Tam bowiem sąsiadują ze sobą obszary o dużej grubości skał luźnych (teren złoża) i o małej (na podniesionych skrzydłach uskoków — ryc. 2), a zatem o większej i mniejszej kompetencji na osiadanie w wyniku ich odwadniania.

## L I T E R A T U R A

1. Identyfikacja warunków hydrogeologicznych złoża „Bełchatów” na podstawie przebiegu odwadniania kopalni do 30.6.1977 r. (maszynopis). COB-Proj. Górn. Odkrywk. Wrocław 1977.
2. Opracowanie planu obserwacji stosunków wodnych w glebach na terenie Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” (maszynopis). AGH 1977.
3. Pazdro Z. — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., 1977.
4. Prognoza wpływu odwadniania złoża Szczerców (przy czynnej kopalni Bełchatów) na stosunki wodne terenu, części hydrogeologiczna i hydrologiczna (maszynopis). COB-Proj. Górn. Odkrywk. Wrocław 1977.
5. Wojciechowski J. — Prognozy osiadań terenu wokół wyrobiska KWB „Bełchatów” na skutek odwadniania złoża. Mat. Konferencji Naukowo-Technicznej nt. „Geodezyjne pomiary w górnictwie odkrywkowym” Bełchatów 1976.

## Р Е З Ю М Е

Обезвоживание месторождения бурого угля „Белхатов” станет причиной образования большой депрессионной воронки. Верхний край этой воронки будет иметь форму эллипса с широтно расположенной осью длиной свыше 50 км и меридианно расположенной осью длиной свыше 40 км. Уменьшение гидростатического давления в водонапорных горизонтах и понижение зеркала воды в безнапорных водных горизонтах станет причиной процессов ведущих к: исчезновению воды в колодцах эксплуатируемых для целей водоснабжения, снижению качества сельскохозяйственных и лесных угодий, уменьшение течения воды в некоторых водотоках и осадке грунтов.

## S U M M A R Y

Drainage of Bełchatów brown coal deposit will result in origin of a wide depressional cone. At its maximum, the cone will have the outline of ellipse with the longest axis longitudinal and over 50 km long and the shortest meridional and over 40 km long. Decrease of hydrostatic pressure in pressurized aquifers and drop of water table in aquifer not under pressure will result in escape of water from wells at present exploited for consumption, deterioration in quality of used lands and forests, decrease in water flow in some streams and land subsidence.