

Józef SZTEŁAK

Instytut Geologii Stosowanej  
Politechnika Śląska - Gliwice

## SZKODY GÓRNICZE TYPU HYDROGEOLOGICZNEGO

**Streszczenie.** Przedstawiono rodzaje szkód górniczych spowodowanych zmianą układów hydrogeologicznych w wyniku działalności górniczej. W artykule tym omówiono szkody górnicze typu hydrogeologicznego w zabudowie powierzchni terenu oraz w gospodarce rolnej i leśnej. Charakter i wielkość szkód górniczych autor uzależnia od takich czynników przyrodniczych jak: budowa geologiczna, grubość pokładów kopaliny, charakter ich zalegania, układ hydrogeologiczny i hydrograficzny, warunki geologiczno-inżynierskie itp. Omawiany typ szkód uzależniony jest również od sposobu prowadzenia robót górniczych. Biorąc za podstawę rodzaj odkształceń i mechanizm ich powstawania wydzielono odkształcenia kompresyjne, sufozyjne, zapadliwowe i kominowe. Znając mechanizm oraz warunki powstawania poszczególnych szkód można prognozować szkody dla różnych złóż kopalin stałych.

### 1. WPROWADZENIE

W rejonach górniczych na skutek deformacji górotworu spowodowanej eksploatacją górniczą powstają duże zaburzenia w układzie stosunków wodnych, zarówno układzie w hydrograficznym jak i hydrogeologicznym.

I tak na przykład w niektórych obszarach zmienia się zupełnie układ hydrograficzny, to znaczy zanikają zupełnie w tym obszarze potoki, stawy i źródła, natomiast w innych zaś rejonach powstają wielkie stawy i zalewiska. Podobnie rzecz przedstawia się ze zmianą układu stosunków hydrogeologicznych. W wielu obszarach górniczych na skutek eksploatacji górniczej zanikają zupełnie poziomy wodonośne, występujące w nadkładzie utworów karbońskich lub na skutek deformacji górotworu, warstwy wodonośne łączące się w jeden wspólny kompleks wodonośny.

Zanik wody powierzchniowej, jak i podziemnej czy też tworzenie się na powierzchni zalewisk lub stawów jest przede wszystkim uzależnione od takich czynników, jak: układ hydrogeologiczny, ilości i grubości eksploatowanych pokładów węgla kamiennego czy też innej kopaliny, głębokości eksploatacji oraz systemu eksploatacji.

Zalewiska będą się tworzyć głównie w obszarach górniczych w południowej części niecki węglowej, ponieważ w tej części przypowierzchniowy poziom

wodonośny występujący w utworach czwartorzędowych jest odizolowany od utworów karbońskich grubym kompleksem nieprzepuszczalnym składającym się z łów trzeciorzędowych. Mokradła i zalewiska powstaną w tych miejscach, w których powierzchnia terenu w wyniku działalności górniczej obniży się poniżej zwierciadła wody poziomu przypowierzchniowego. Natomiast w północnej części niecki węglowej mamy do czynienia ze zjawiskiem częściowego zaniku poziomów wodonośnych występujących w nadkładzie, a tym samym ze zmniejszoną wielkością przepływu wody w rzekach i potokach.

W tej części zagłębia węglowego wystąpią lokalnie niewielkie zalewiska na powierzchni terenu, a dopiero po zakończeniu eksploatacji, to jest po zlikwidowaniu pompowni na poszczególnych wyłączanych z ruchu kopalniach, utworzą się rozległe zalewiska, o czym mowa w pracy [6].

Zmiany zachodzące w układzie stosunków wodnych na skutek eksploatacji górniczej, zarówno w przypadku zaniku wód powierzchniowych jak i podziemnych czy też utworzenia się stawów i zalewisk, mogą być przyczyną powstawania tak zwanych szkód górniczych:

- w zabudowie powierzchni terenu,
- w gospodarce rolnej i leśnej.

## 2. SZKODY GÓRNICZE W ZABUDOWIE POWIERZCHNI POWSTAŁE NA SKUTEK ZMIAN W UKŁADZIE HYDROGEOLOGICZNYM

Hydrogeologiczne odkształcenia powierzchni terenu w rejonach objętych działalnością górniczą są wywołane przez odwodnienie warstw wodonośnych, o których jest mowa w pracach [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Wielkość omawianych odkształceń przewyższa w wielu przypadkach wskaźniki deformacji powstałe w wyniku wybierania złóż surowców mineralnych.

Rozpatrywany typ odkształceń powierzchni terenu występuje wówczas, gdy warstwy wodonośne składają się ze skał sypkich, jak: pył, piasek, żwir lub też ze skał zwięzłych pociętych uskokiemi czy też z rozwiniętym krasem w wapieniach, dolomitach, gipsach i anhydrytach. Jeżeli skały zwięzłe nie są zaburzone przez tektonikę lub nie występuje w nich kras, wówczas osiadanie powierzchni w wyniku odwodnienia tych skał jest nieznaczne z uwagi na bardzo małą ich ścisłość.

Wielkość odkształceń wynikających z odwodnienia warstw wodonośnych jest uzależniona od następujących czynników:

- rodzaju skał wodonośnych,
- stopnia zagęszczenia skał sypkich,
- grubości warstw wodonośnych,
- sufozji mechanicznej lub chemicznej,
- rodzaju zjawisk krasowych,
- zaburzeń tektonicznych,

- charakteru drenażu górotworu,
- warunków górniczych.

W zależności od wymienionych czynników omawiane odkształcenia mogą mieć charakter ciągły lub nieciągły - typu zapadliskowego. Natomiast w zależności od mechanizmu tworzenia się rozpatrywanych odkształceń autor wydziela cztery rodzaje deformacji typu hydrogeologicznego.

### 2.1. Rodzaje odkształceń powierzchni typu hydrogeologicznego i mechanizm ich powstawania

W wyniku drenującego działania warstw wodonośnych w zależności od podstawowych czynników geologicznych, hydrogeologicznych i górniczych autor wydziela cztery rodzaje odkształceń powierzchni:

- kompresyjne,
- sufozyjne,
- zapadliskowe,
- "kominowe".

Mechanizm powstawania poszczególnych rodzajów odkształceń jest różny.

Kompresyjne odkształcenia powstają w wyniku konsolidacji skał poszczególnych drenowanych warstw wodonośnych. Ściśliwość drenowanych warstw wodonośnych zależy od rodzaju skały. Skały zwięźle charakteryzują się bardzo małą ściśliwością która waha się w granicach od 0,01-0,15%. Ściśliwość skał sypkich, jak pył i piasek zależy od stanu ich zagęszczenia. Zgodnie z normą budowlaną PN-74/B-02480 wyróżnia się trzy stopnie zagęszczenia, tj.: luźny, średnio zagęszczony i zagęszczony.

Stopień zagęszczenia  $I_D$  określa się według wzoru:

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (1)$$

gdzie:

$I_D$  - stopień zagęszczenia skał sypkich,

$e_{\max}$  - wskaźnik porowatości maksymalnej,

$e_{\min}$  - wskaźnik porowatości minimalnej,

$e$  - wskaźnik porowatości naturalnej,

$$e = \frac{n}{n - 1},$$

$n$  - porowatość.

W zależności od stopnia zagęszczenia wyróżnia się:

$I_D < 0,33$  - piasek jest luźny,

$0,34 < I_D < 0,67$  - piasek jest średnio zagęszczony,

$0,67 < I_D < 1$  - piasek jest zagęszczony,

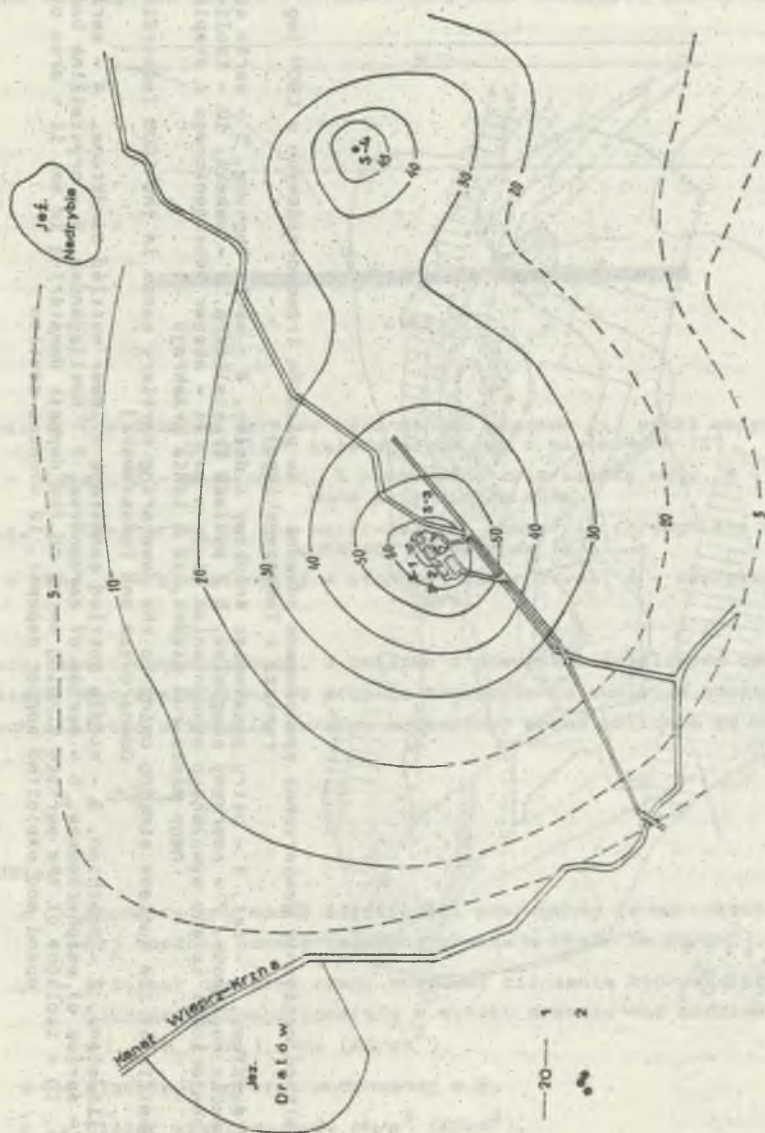
Następnymi czynnikami decydującymi o wielkości deformacji kompresyjnej jest grubość warstwy wodonośnej, a także wysokość ciśnienia hydrostatycznego przy zwierciadle swobodnym a w przypadku poziomu wodonośnego o zwierciadle napiętym ciśnienia piezometrycznego. Wzrost naprężeń w warstwie wodonośnej jest równy spadkowi ciśnienia hydrostatycznego lub piezometrycznego. Odszałcenie powierzchni terenu w przypadku odwadniania skał zwięzłych będzie niewielkie z uwagi na małą ścislność tych skał. Dla przykładu podaje się, że w wyniku drenowania piaskowców karbońskich o zwierciadle swobodnym praktycznie nie zanotowano w GZW omawianych odszałceń. Niewielkie odszałcenie omawianego typu zostało zanotowane w Lubelskim Zagłębiu Węglowym w wyniku drenowania wód w zwierciadle napiętym w wapieniach jurajskich zalegających na głębokości od około 600-700 m.

Wielkość osiadań powierzchni w LZW w zasięgu leja depresji o promieniu około 10 km w zależności od wielkości depresji 40-400 m, wód o zwierciadle napiętym waha się od 5 do 75 mm (rys. 1). Wielkości te zostały określone na podstawie pomiarów geodezyjnych.

Wielkość odszałceń kompresyjnych w przypadku odwodnienia skał luźnych jest uzależniona przede wszystkim od ich stopnia zagęszczenia. Na podstawie własnych prac badawczych [4] wynika, że objętość piasków luźnych po przejściu ich w stan zagęszczony zmniejsza się około 29%, a średnio zagęszczonych około 14%. Czas zagęszczenia wyżej wymienionych skał ulega przyspieszeniu na skutek wstrząsów spowodowanych eksploatacją górnictw. Znając grubość warstwy wodonośnej piasków oraz ich stan zagęszczenia można prognozować wielkości osiadania powierzchni terenu wynikające ze ścislności piasków w wyniku ich odwodnienia. Drenowanie warstw wodonośnych o zwierciadle napiętym a składającym się z piasków zagęszczonych na przykładzie kopalni miedzi wynosi lokalnie 450 mm (rys. 2). W rejonach obszarów górniczych kopalń miedzi LGOM drenowane są lokalnie piaski trzeciorzędowe zalegające bezpośrednio na wapieniach cechsztyńskich. Pierwotna wysokość ciśnienia piezometrycznego poziomu wodonośnego piasków trzeciorzędowych wynosiła około 400 m, a obecnie w granicach od 0-100 m.

Osiadanie powierzchni terenu wynikające z odwodnienia poziomów wodonośnych o zwierciadle napiętym powstaje w wyniku konsolidacji warstwy wodonośnej pod wpływem zwiększonego nacisku nadległych warstw, które przed obniżonym ciśnieniem piezometrycznym znajdowały się pod wpływem jego naporu.

Odszałcenia typu kompresyjnego występują przede wszystkim w tych rejonach, gdzie w nadkładzie eksploatowanych złóż surowców mineralnych, zbudowanych ze skał zwięzłych, zalegają warstwy wodonośne składające się z pyłów, piasków i żwirów. Warstwy te są drenowane nie bezpośrednio, lecz

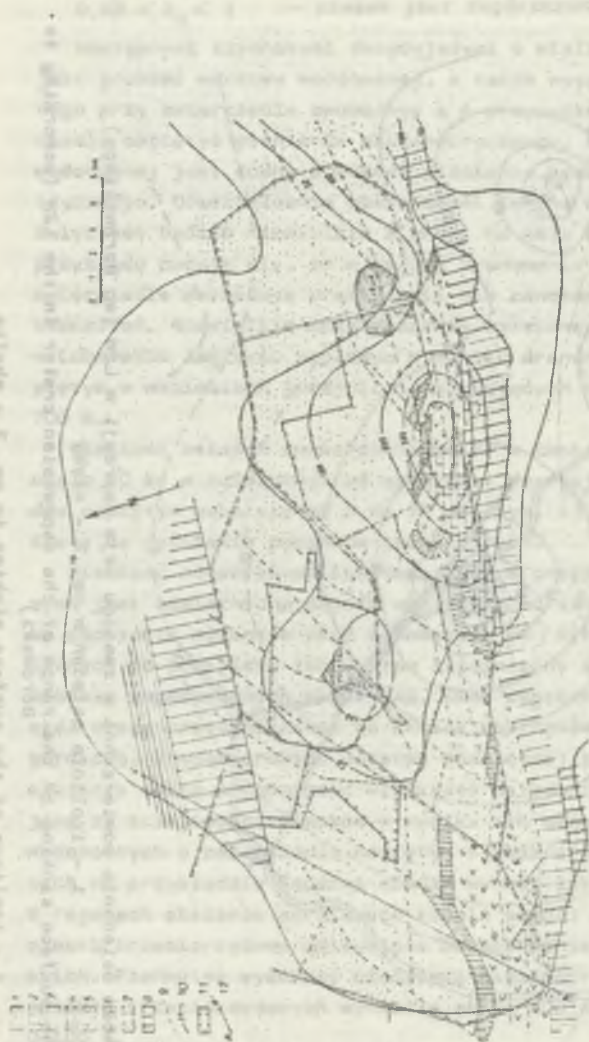


rys. 1. Wielkość osiedlenia powierzchni w zasięgu lasu depresji w LZW (wg Borowkiego)

1 - izolinie osiedań w mm, 2 - szyby

Fig. 1. Quantity of the surface sinking in the range of the depression crater in the LZW (according to Boroweki)

1 - isoligne of the surface sinking in mm, 2 - shafte



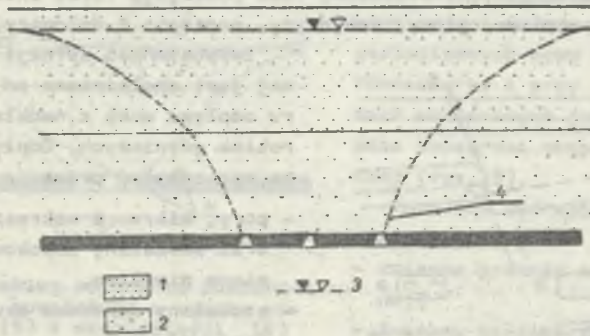
Rys. 2. Wielkońc osiedlenia powierzchni spowodowana odwadnieniami 6piask6w trzecziorz6dowych w LGOM (wg Downe-  
rowicza i Tomaszewskiego)

1 - wapieni muezylowy, 2 - rat, 3 - pietry pleaskowiec 6rodkowy i dolny, 4 - seria 6upkowa, 5 - seria 6ierczanowa, 6 - seria w6glenowa, 7 - czerwony 6pegowiec, 8 - pod6o6e krystaliczne, 9 - uskoki, 10 - izolacje osiedlenia powierzchni terenu wywo6anego odwadnianiem 6o6a w mm, 11 - obszar udost6pnionego i eksploatawanego 6o6a rud miedzi, 12 - linie przekroju

Fig. 2. Quantity of the surface sinking owing to the dewatering tertiary sands in the LGOM (according to  
Downerowicz and Tomaszewski)

1 - shell limestone, 2 - Roethian, 3 - middle mottled sandstone - lower mottled sandstone, 4 - series of shales, 5 - series of sulphuraceous, 6 - series of carbonates, 7 - Rotliegendes, 8 - crystalline basin, 9 - faults, 10 - isoglines of the surface sinking owing to the deposit dewatering in mm, 11 - area of the opened and exploited copper deposit, 12 - cross-section

przez przepuszczalne skały zwięzłe, jak na przykład: piaskowce, wapienie, dolomity, gipsy itp. (rys. 3). W rozpatrywanych warunkach odpływ wody odbywa się poprzez pory i mikroszczeliny skał zwięzłych bez wynoszenia przez



Rys. 3. Odwodnienie warstwy wodonośnych piasków (1) przez warstwę skał zwięzłych składających się z piaskowców (2)

1 - piasek, 2 - piaskowiec, 3 - swobodne zwierciadło wody, 4 - zdepresjowane zwierciadło wody

Fig. 3. Dewatering of the water-bearing sands (1) through the bed of coherent sandstones (2)

1 - sand, 2 - sandstone, 3 - standing water level, 4 - depressed water level

wodę części mechanicznych. W związku z powyższym ścisłość odwadnianych warstw jest uzależniona od stopnia zagęszczenia skały. W omawianych warunkach wielkość osiadania warstwy wodonośnej można obliczyć ze wzoru:

$$s = \frac{\Delta \sigma \cdot m}{n}, \quad (2)$$

gdzie:

$n$  - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej (w warunkach niemożliwej bocznej rozszerzalności gruntu w MPa), (w  $\text{KG}/\text{cm}^2$ ),

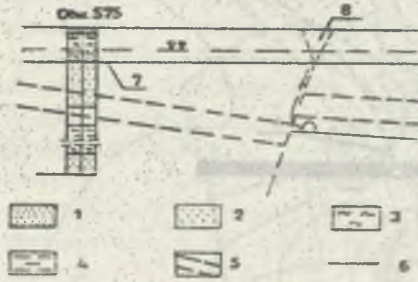
$\Delta \sigma$  - przyrost naprężeń równy spadkowi ciśnienia hydrostatycznego lub piezometrycznego powstały w wyniku drenażu wód podziemnych  $\Delta p = \gamma_w (H_1 - H_2)$ , MPa ( $\text{KG}/\text{cm}^2$ ),

$m$  - miąższość warstwy wodonośnej w m,

$\gamma_w$  - ciężar właściwy wody  $\text{MN}/\text{m}^3$  ( $\text{G}/\text{cm}^3$ ).

Odształcenie powierzchni terenu typu sufozyjnego tworzy się wówczas, gdy poprzez makroszczeliny otwarte odpływająca woda wynosi mechanicznie drobne części ilaste, pylaste i piaszczyste.

Zjawisko to nosi nazwę sufozji mechanicznej i polega ono na wynoszeniu przez wodę drobnych frakcji gruntu z porów ziarn o większej średnicy lub wynoszenie całej masy gruntów sypkich. W przypadku szczelin otwartych występuje także zjawisko sufozji chemicznej, która polega na ługowaniu przez wodę części rozpuszczalnych. Procesowi temu podlegają takie skały, jak: sole kamienne i potasowe, gipsy, anhydryty, wapienie i dolomity.



Rys. 4. Zapadlisko powstałe w wyniku sufozji

1 - piaski, 2 - piaskowiec, 3 - gliny, 4 - iłowiec, 5 - pokłady węgla, 6 - spływ wody, 7 - powierzchnia utworów karbońskich, 8 - zapadlisko

Fig. 4. The bowl on account of the collapse

1 - sands, 2 - sandstone, 3 - clays, 4 - clay-shales, 5 - coal seams, 6 - water confluence, 7 - surface of coal measures, 8 - the bowl

Spływająca woda na skutek działania ciśnienia spływowego unosi już nie tylko ziarna drobne, lecz również ziarna żwiru, a nawet duże otoczaki. W tym przypadku woda z piaskiem tworzy jedną mieszaninę hydrauliczną. W omawianych warunkach w wyniku sufozji mechanicznej tworzą się odkształcenia typu nieciągnięgo, których wysokość pionowa może być równa grubości warstwy wodonośnej.

Bezpieczną grubość warstwy izolacyjnej można określić na podstawie wzoru:

$$t = \sqrt{\frac{h \cdot 1^2}{2K}} \quad (3)$$

gdzie:

t - bezpieczna grubość warstwy izolacyjnej, m,

Intensywność sufozji mechanicznej jest uzależniona od charakteru odpływu wody z nadkładu do wyrobisk górniczych. Odpływ ten może się odbywać przez:

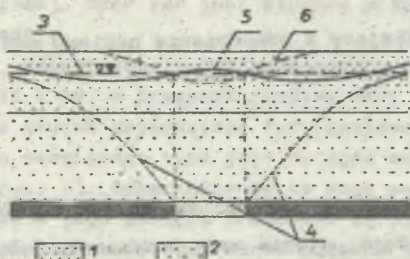
- pory, mikro- i makroszczeliny oraz szczeliny uskokowe wypełnione piaskiem,
- szczeliny uskokowe otwarte (rys. 4).

W pierwszym przypadku odpływająca woda wynosi części mechaniczne zwłaszcza w tych miejscach, w których szczeliny mają wymiary większe od średnicy ziarn piasku. Wielkość deformacji w rozpatrywanym przypadku jest uzależniona od ilości odprowadzonych wraz z wodą części mechanicznych.

W drugim przypadku odpływ wody z warstw nadkładu do wyrobisk górniczych odbywa się całym przekrojem szczeliny uskokowej.



- $h$  - ciśnienie hydrostatyczne, m,  
 $l$  - prześwit wyrobiska wybierkowego, m,  
 $K$  - wytrzymałość ławców na rozciąganie,  $t/m^2$ ,



Rys. 5. Przebieg osiadania powierzchni terenu powstałego w wyniku odwodnienia (5) i eksploatacji (6)

1 - piasek, 2 - piaskowiec, 3 - zwierciadło wody przed osuszeniem, 4 - lej depresji

Fig. 5. Process of the surface sinking owing to the dewatering and exploitation (6)

1 - sand, 2 - sandstone, 3 - the water level before the dewatering, 4 - the depression crater

Wielkość osiadania powierzchni terenu spowodowana ubytkiem części stałych odprowadzanych wraz z wodą można obliczyć, gdy znana jest zawartość frakcji pylasto-piaszczystych w piaskach średnio-lub gruboziarnistych czy też w żwirach. Należy pamiętać, że zawartość frakcji ilasto-pylastych w piaskach czy żwirach nie przekracza kilku procent, gdyż przy większej ilości piasek staje się już bardzo słabo przepuszczalny.

Wielkość osiadania powierzchni terenu spowodowana ubytkiem części stałych odprowadzanych wraz z wodą można obliczyć, gdy znana jest zawartość frakcji pylasto-piaszczystych w piaskach średnio-lub gruboziarnistych czy też w żwirach. Należy pamiętać, że zawartość frakcji ilasto-pylastych w piaskach czy żwirach nie przekracza kilku procent, gdyż przy większej ilości piasek staje się już bardzo słabo przepuszczalny.

Wielkość osiadania powierzchni terenu wynikającą z osuszenia warstwy wodonośnej można określić na podstawie wzoru:

$$S = h \cdot c, \quad (4)$$

gdzie:

$S$  - osiadanie w m,

Odszałcenie powierzchni spowodowane zmianą układu stosunków hydrogeologicznych bywa na ogół nierównomierne i przy ciągłych poziomach wodonośnych jest największe poza konturami eksploatacji górniczej (rys. 5).

Może ono być spowodowane takimi przyczynami, jak:

- zmienna grubość warstwy wodonośnej,
- zmienny stopień zagęszczenia warstwy wodonośnej,
- zmienna zawartość frakcji drobnoziarnistych, pylastych, ilastych lub występowanie wśród piasków torfów.

Uzasadnia się to tym, że bezpośrednio nad wybranym pokładem węgla czas odwodnienia warstwy wodonośnej jest bardzo krótki, a zatem ilość wyniesionych frakcji stałych z tej części jest niewielka w porównaniu do ilości frakcji stałych wyniesionych przez wodę z obszaru znajdującego się poza konturami pola eksploatacyjnego.

$h$  - grubość warstwy wodonośnej w m,

$c$  - współczynnik zależny od charakteru odwodnienia warstwy wodonośnej i waha się on w granicach 0,01-1.

Maksymalny zasięg odkształceń wynikający z odwodnienia poziomu wód o zwierciadle swobodnym można obliczyć na podstawie wzoru:

$$R = S + 410 \sqrt{\frac{Q}{\alpha}} \quad (5)$$

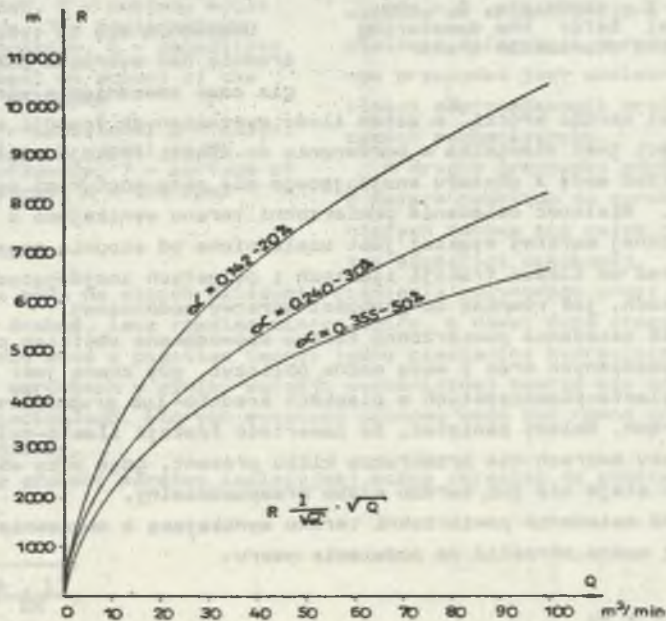
gdzie:

$Q$  - dopływ wody do wyrobisk górniczych, ujęcia wody podziemnej lub badawczego otworu hydrogeologicznego wyrażony w  $m^3/min$ ,

$\alpha$  - współczynnik określający w metrach roczną ilość opadów infiltrujących w głąb utworów skalnych; wynosi on 30 do ok. 50% opadów rocznych,

$S$  - depresja w m.

Promień zasięgu leja depresji zależy głównie od wielkości dopływu wody do kopalni oraz od współczynnika infiltracji  $\alpha$  (rys. 6).

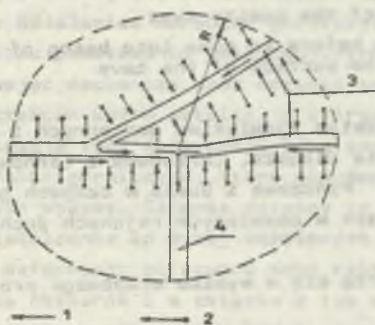


Rys. 6. Zależność pomiędzy wielkością promienia  $R$  a dopływem  $Q$  i współczynnikiem  $\alpha$

Fig. 6. Dependence between the radius  $R$ , inflow  $Q$  and coefficient  $\alpha$

Wykres na rysunku określa zasięg lejka depresji przy współczynniku  $\alpha$  równym: 0,142, 0,240 i 0,355 m. Współczynniki te odpowiadają 20,33 i 50% infiltracji z 0,710 m opadów rocznych w rejonie górnośląskiej niecki węglowej. Wzór ten jest słuszny przede wszystkim dla wód o zwierciadle swobodnym.

Odształcenia omawianego typu mogą wystąpić także w układzie I, II, III i IV, w przypadku spływu wody z piaskiem poprzez szczeliny powstałe na skutek uszkodzenia rury szybowej. Zasięg odształceń powierzchni terenu omawianego typu jest na ogół mniejszy od promienia lejka depresji R (rys. 7). Odształcenia te mogą wystąpić w zasięgu lejka depresji wówczas, gdy w jego zasięgu drenowane są piaski luźne i średnio zagęszczone, jak również wtedy, gdy wśród piasków zalegają gniazda torfów.



Rys. 7. Odształcenia typu syfozyjnego wzdłuż szczelin uskokowych w zasięgu lejka depresji

1 - odpływ wody do wyrobiska górniczego, 2 - odpływ wody i piasku do szczeliny uskokowej, 3 - szczelina uskokowa, 4 - wyrobisko, R - promień zasięgu lejka depresji

Fig. 7. Deformations of the collapsional type longways to the slit of faults in the range of the depression crater

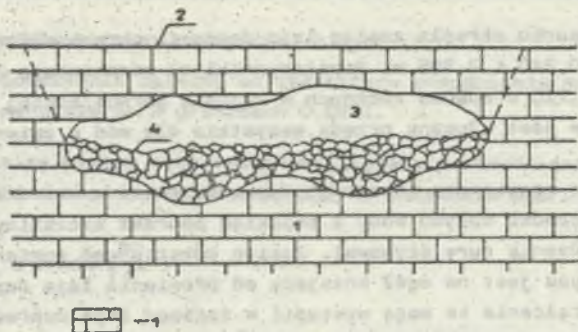
1 - water confluence into the mine excavation, 2 - water confluence into the slit of fault, 3 - slit of fault, R - the radius in the range of the depression crater

W przypadku odwadniania piasków zagęszczonych odształcenia mogą wystąpić wówczas, gdy będzie miało miejsce zjawisko sufozji, np. przy przechodzeniu wyrobiskami górniczymi przez szczeliny uskokowe otwarte. W tym przypadku zjawisko sufozji wystąpi w zasięgu lejka depresji, lecz tylko w bezpośrednim sąsiedztwie szczeliny uskokowej, gdyż wynoszenie części mechanicznych jest uwarunkowane wielkością spadku hydraulicznego.

Omawiane odształcenia mogą występować w dalekiej odległości od czoła wyrobisk górniczych w bardzo wysokim pasie, wzdłuż szczeliny uskokowej.

Odształcenia wynikające z działalności sufozji chemicznej są związane głównie z ługowaniem złóż soli, siarki, wapieni i gipsów.

Odształcenia typu zapadliskowego powstają na skutek załamania się stosunkowo cienkich warstw zbudowanych ze skał zwięzłych, a zalegających bezpośrednio nad komorami krasowymi po zdrenowaniu wymienionych wyżej form krasowych. Ten rodzaj odształceń powierzchni jest głównie związany z występowaniem płytkich form krasowych w warstwach wapieni, dolomitów, gipsów i anhydrytów (rys. 8). Odształcenia te powstają po obniżeniu zwierciadła wody poniżej stropu form krasowych z czasem, gdy spójność skał na skutek procesów wietrzenia będzie mniejsza od ciężaru nadległych warstw.



Rys. 8. Odkształcenia typu zapadliskowego

1 - wapienie, 2 - powierzchnia terenu przed powstaniem zapadliska, 3 - kawerna, 4 - powierzchnia zapadliska

Fig. 8. Deformations of the cavity type

1 - limestones, 2 - the ground surface before to come into being of the cave, 3 - the cave, 4 - the surface of the cave

Odkształcenia omawianego typu są częstym zjawiskiem wapiennych i dolomitycznych złóż cynku i ołowiu w rejonie Olkusza, Chrzanowa i Tarnowskich Gór, a także w złożach gipsu w rejonie Pińczowa i Buska, w czapach gipsowych wysadów solnych. Głębokość zapadlisk w omawianych rejonach dochodziła do kilkunastu metrów.

Odkształcenia typu "kominowego" tworzą się w wyniku etapowego procesu dzielącego się na:

- tworzenie się szczelin pomiędzy poszczególnymi poziomami wodonośnymi powstałych w strefie maksymalnych odkształceń poziomych,
- rozrywanie i rozmywanie warstw izolacyjnych poszczególnych poziomów wodonośnych przez ciśnienie piezometryczne nadległych poziomów wodonośnych,
- rozmywanie i obrywanie się poszczególnych warstw wodonośnych,
- transport przez spływającą z góry wodę materiału skalnego składającego się w rozpatrywanym przykładzie z piaskowców i łupków w postaci bloków okruchów oraz frakcji piaszczystej i ilastej. Proces tworzenia się komin rozpoczyna się od dołu, to jest bezpośrednio nad czynnym wyrobiskiem górniczym i etapowo przesuwa się do góry aż do powstania jego wylotu na powierzchnię terenu.

Omawiany rodzaj odkształceń powstaje w miejscach najbardziej osłabionego górotworu w wyniku odkształceń rozciągających spowodowanych wybieraniem pokładów węgla lub innej kopaliny w strefie uskoku. Etapy powstawania omawianej deformacji można podzielić na dwa okresy.

W pierwszym okresie rozrywany i rozmywany materiał skalny jest transportowany przez wodę do wyrobisk chodnikowych, które z czasem zostają podsadzane do miejsc otamowanych. Materiał gruby osadza się bezpośrednio

u wylotu komina w postaci dużych bloków skalnych, a drobny materiał zno-  
szony jest przez wodę na dalszą odległość od wylotu komina aż do miejsc  
otamowanych.

W drugim okresie, to jest po podsadzeniu chodników głównie drobnym ma-  
teriałem skalnym podsadzana jest najpierw dolna część komina, a wysokość  
jego podsadzania zależy od pojemności wyrobisk objętych podsadzaniem.

Omawiany rodzaj deformacji nie należy w górnictwie do zjawisk częstych,  
niemniej jednak jest to odkształcenie bardzo groźne nie tylko dla powierzch-  
ni, lecz także stwarza bardzo poważne zagrożenie dla kopalni. Głębokość  
rozpatrywanego odkształcenia jest uzależniona od warunków hydrogeologicz-  
nych, geologiczno-inżynierskich i górniczych i może ona w niektórych przy-  
padkach wynosić kilkaset metrów.

Przedstawiona przez autora klasyfikacja odkształceń powierzchni pow-  
stających w wyniku zmiany układu hydrogeologicznego spowodowanego drenu-  
jącym działaniem wyrobisk górniczych została opracowana na podstawie me-  
chanizmu powstawania poszczególnych rodzajów odkształceń powierzchni.

Znając mechanizm oraz warunki tworzenia się poszczególnych rodzajów  
odkształceń można ustalić, w których rejonach mogą występować poszczegól-  
ne rodzaje tych deformacji oraz zaprojektować takie rozwiązanie prowadze-  
nia robót górniczych, które nie dopuszczą do ich tworzenia się lub złagodzą  
ich wpływ. Głównie dotyczy to trzech ostatnich rodzajów odkształceń.

Niezależnie od wyżej omówionych szkód w zabudowaniach powstałych w wy-  
niku deformacji górotworu mogą także powstać szkody ze względu na podto-  
pienie obszarów i w związku z tym wystąpi zawilgocenie budynków, zatopie-  
nie piwnic, uszkodzenie koryt rzecznych itp. Ten typ szkód wystąpi w tych  
rejonach, gdzie przypowierzchniowy poziom wodonośny jest odizolowany od  
serii złożowej grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych.

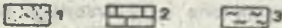
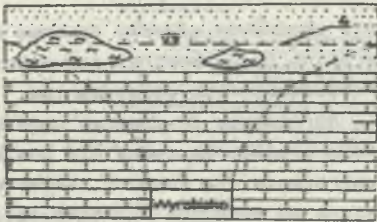
### 3. SZKODY GÓRNICZE W GOSPODARCE ROLNEJ I LEŚNEJ WYNIKAJĄCE Z OSUSZENIA LUB ZAWODNIENIA PÓL UPRAWNYCH

Na skutek zmiany stosunków hydrogeologicznych spowodowanych robotami  
górnictwymi można w obszarach górniczych wydzielić szkody w pólach roln-  
nych wynikające z:

- 1) osuszenia pól uprawnych,
- 2) zawodnienia pól uprawnych,
- 3) okresowego zawodnienia pól uprawnych.

Osuszenie lub obniżenie poziomu wód gruntowych powoduje szkody w pól-  
kach rolnych wówczas, gdy zwierciadło wody obniżyło się do takiej głęboko-  
ści, z której roślinność nie jest zdolna do pobrania wody. Omawiane szkody  
są wynikiem osuszenia pierwszego poziomu wód gruntowych lub obniżenia  
jego lustra wody [3]. Osuszenie pierwszego poziomu wód gruntowych w kopal-

niach podziemnych wystąpi wówczas, gdy zeapół skał wodonośnych danego poziomu zalega bezpośrednio nad eksploatowanym złożem lub jest oddzielony od złoża cienką warstwą izolacyjną (rys. 9 i rys. 10). Według autora cienka warstwa izolacyjna zostanie rozerwana na skutek osiadania powierzchni terenu spowodowanego eksploatacją górnictwem wówczas, gdy:



Rys. 9. Poziom wodonośny występuje bezpośrednio nad wyrobiskiem górnictwem

1 - piasek i żwir, 2 - wapień, 3 - glina, 4 - zwierciadło wody, 5 - lej depresji

Fig. 9. The water horizon occurs directly above the mine excavation

1 - sand and gravel, 2 - limestone, 3 - clay, 4 - the water level, 5 - the depression crater

$$m < \alpha \cdot S \quad (6a)$$

Warstwa izolacyjna ilasta nie zostanie rozerwana, jeżeli:

$$m > \alpha \cdot S, \quad (6b)$$

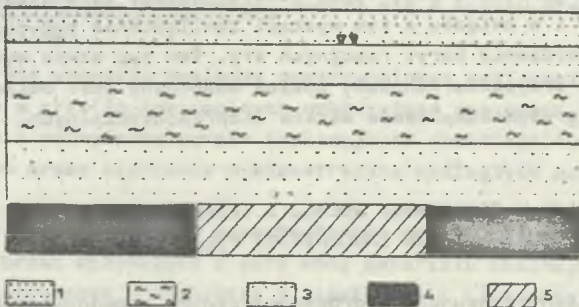
gdzie:

$m$  - grubość warstwy izolacyjnej,

$m$

$\alpha$  - ws. osiadania, dla  $i$ ków  $> 1,5$ ,

$S$  - osiadanie,  $m$ .



Rys. 10. Wyrobisko górnictwem izolowane od poziomu wodonośnego warstwą iłu grubości  $m$

1 - piasek, 2 - ił, 3 - piaskowiec, 4 - węgiel, 5 - wyrobisko górnictwem, 6 - poziom wodonośny

Fig. 10. The mine excavation is isolated from the water horizon by a bed of clay  $m$

1 - sand, 2 - loam, 3 - sandstone, 4 - coal, 5 - mine excavation, 6 - water horizon

W kopalnictwie odkrywkowym grubość warstwy izolacyjnej nie ma znaczenia ponieważ warstwa ta zostanie przez kopalnię odkrywkową rozcięta. Za-

się osuszenia górotworu, a tym samym i zasięg szkód górniczych można określić za pomocą wzoru (5). Ten typ szkód górniczych w Zagłębiu Górnośląskim będzie występował głównie w jego części północnej i wschodniej, gdzie karbon zalega bezpośrednio pod wodonośnymi utworami czwartorzędowymi i triasowymi oraz w rejonie złóż rud cynkowo-cłowianych, a także w obszarze wychodni złóż rud żelaza w rejonie częstochowskim.

Obniżenie zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego nie zawsze jest równoznaczne ze szkodami górniczymi w planach rolniczych, wynikającymi z tego tytułu i zależy to od następujących czynników:

- gatunku roślin,
- charakteru litologicznego skał występujących bezpośrednio nad lustrem wody gruntowej,
- kapilarnej wysokości podciągania wody gruntowej,
- głębokości lustra wody pierwszego poziomu, licząc od powierzchni terenu.

Poszczególne gatunki roślin mają różny stopień rozwoju systemu korzeniowego, od którego zależy, z jakiej głębokości szata roślinna może korzystać z wód gruntowych.

Drugim czynnikiem określającym głębokość, z jakiej może korzystać szata roślinna z wód gruntowych, jest wysokość podciągania wody kapilarnej. Woda kapilarna występuje nad poziomem strefy nasycenia, to jest powyżej zwierciadła wody gruntowej, w tak zwanej strefie wód kapilarnych (rys. 11).

Woda w strefie kapilarnej jest częściowo związana z gruntem i ta jest zupełnie nieruchoma, druga część wody podlega ruchom kapilarnym.

Woda kapilarna występuje w gruntach, które posiadają pory o bardzo małych średnicach, a zatem w gruntach gruboziarnistych nie występuje albo jest jej bardzo mało.

Woda kapilarna porusza się we wszystkich kierunkach, dzięki czemu wzbogaca zarówno w wilgoć, jak i składniki pokarmowe, warstwy wyższe kosztem warstw niżej zalegających. Woda ta wyrównuje wilgoć gleby i jest ona czerpana przez roślinność za pomocą korzeni. Prędkość i wysokość podnoszenia się wody kapilarnej bywa różna i zależy od typu skał. Wysokość podciągania kapilarnego można określić za pomocą wzoru:

$$h = \frac{4 \cdot T \cdot \cos \alpha}{d \cdot \rho \cdot g} \quad (7)$$

gdzie:

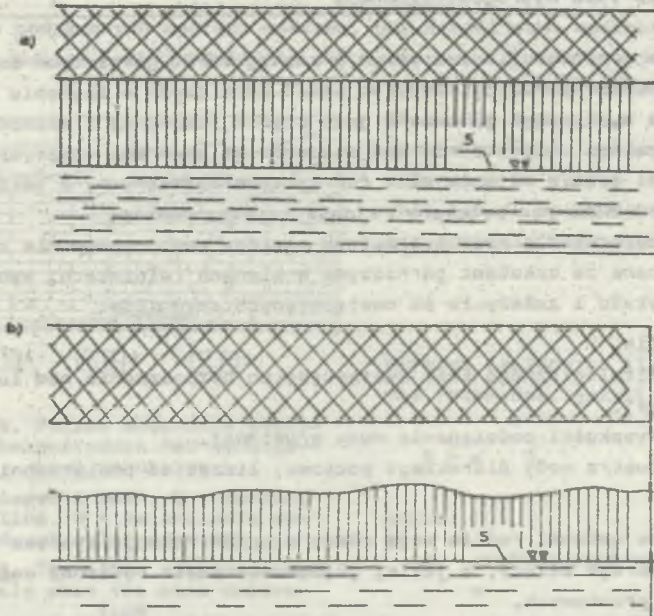
T - napięcie powierzchniowe, w dynach/cm, (N/m),

$\alpha$  - kąt styku między cieczą a ściankami rurki,

d - średnica rurki, cm, (m),

g - przyspieszenie siły ciężkości, cm/s<sup>2</sup>, (m/s<sup>2</sup>),

$\rho$  - gęstość cieczy, g/cm<sup>3</sup>, (kg/m<sup>3</sup>).



Rys. 11. Wpływ osuszenia poziomu wodonośnego na straty w płonach rolnych  
 a) osuszenie poziomu wodonośnego powoduje straty w płonach rolnych, ponieważ korzenie roślin sięgają do strefy wód kapilarnych, b) osuszenia poziomu wodonośnego nie powoduje strat w płonach rolnych, ponieważ podciąganie kapilarne nie dosięga korzeni roślin  
 1 - stefa zakorzenienia roślin, 2 - stefa kapilarnego podciągania, 3 - stefa nasycenia - poziom wodonośny, 4 - przerwa między strefą korzeni a strefą kapilarną, 5 - zwierciadło wody gruntowej

Fig. 11. The influence in the dewatering of the water horizon on the loss of crops

a) The dewatering of water level gives occasions to the loos of crops, because the capillary rise reach the roots of the plants, b) the dewatering of water level don't give occasions to the loos of crops because the cappilary don't rise reach the roots of the plants

1 - the zone of the rootness of the plants, 2 - the zone of the capillary rise, 3 - the zone of the water, logging - water horizon, 4 - the interval between the rootness zone and the capillary zone, 5 - the level of the ground water

Prędkość i wysokość podnoszenia się wody kapilarnej zależy od typu skał. Na przykład wysokość kapilarnego podciągania dla iłów wynosi około 2,0 m, dla glin od około 1 m do 2 m, dla pyłów od około 0,8 m do 1,5 m, dla piasków około 0,3 m, a dla piasków gliniastych około 0,8 m.

W skałach szczelinowatych kapilarnego podciągania nie ma ze względu na dużą średnicę tych szczelin.

Z powyższego wynika, że znajomość gatunku roślin, wysokości podciągania wody kapilarnej oraz charakteru litologicznego skał, występujących powyżej zwierciadła wody gruntowej, zezwoli na określenie w danym rejonie głębokości, z której szata roślinna czerpie wodę gruntową.



Zboża, w zależności od wysokości kapilarnego podciągania, mogą korzystać z wody gruntowej, jeżeli jej zwierciadło występuje na głębokości od około 1,5 m do około 3,3 m.

Roślinność nie korzysta z wód gruntowych, jeżeli jej zwierciadło występuje poniżej głębokości 4 m.

Wynika stąd, że szkody górnicze w płonach rolnych, spowodowane osuszeniem pól uprawnych, mogą powstać tylko w tym przypadku, gdy zwierciadło wody gruntowej przed jego obniżeniem występowało na głębokości nie większej niż 4 m. Jeżeli wyrobiska górnicze osuszyły poziom wodonośny, którego zwierciadło wody leży poniżej 4 m głębokości, wówczas osuszenie to nie powoduje szkód górniczych w płonach rolnych.

Szkody górnicze wynikające z zawodnienia pól uprawnych będą występować w rejonach, w których:

- a) poziom wód gruntowych jest odizolowany od wyrobisk eksploatacyjnych grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych,
- b) lustro wody pierwszego poziomu występuje blisko powierzchni terenu.

W takich rejonach na skutek osiadania powierzchni terenu, spowodowanego eksploatacją górniczą, powstaną zalewiska lub mokradła.



Rys. 12. Zawodnienie pól na skutek obniżenia powierzchni terenu poniżej zwierciadła wód gruntowych

- 1 - powierzchnia terenu przed obniżeniem, 2 - obniżenie terenu, 3 - zwierciadło wody

Fig. 12. The flood of fields on account of the surface sinking below the level of the ground water

- 1 - the ground surface before the sinking, 2 - the sinking of the ground, 3 - the water level

występują głównie wczesną wiosną. Powstają one w tych rejonach, w których na skutek eksploatacji górniczej utworzyły się bezodpływowe obniżenia terenu oraz gdy w podłożu tej gleby występują skały silnie przepuszczalne.

Zarówno w jednym, jak i w drugim przypadku, powstaną straty w płonach rolnych i lasach. Zatopienie pól uprawnych powstaną wówczas, gdy powierzchnia terenu obniży się poniżej lustra wód gruntowych (rys. 12).

Zalewiska pól uprawnych będą występować głównie w południowej części zagłębia węglowego, tam, gdzie utwory karbonu są oddzielone od poziomu wód czwartorzędowych grubą warstwą ilów trzeciorzędowych.

Szkody tego typu występują lokalnie i w północnej części zagłębia w miejscach, w których poziom wód czwartorzędowych jest oddzielony od warstw karbonu grubą warstwą gliny zawałowej.

Szkody górnicze w płonach rolnych wynikające z okresowego zawodnienia

W obniżeniach bezodpływowych o silnie przepuszczalnym podłożu mogą powstać zalewiska tylko wczesną wiosną, kiedy jeszcze gleba jest zamarznięta. W ten sposób woda pochodząca z topniejącego śniegu tworzy okresowe zalewiska. Z chwilą odmarznięcia gleby woda zalewiska przeniknie w głąb przepuszczalnych utworów skalnych. Jeżeli w rejonie takiego zalewiska są oziminy, sady lub lasy, to ulegają zniszczeniu.

Określenie szkód wynikających z zawodnienia pól uprawnych nie stwarza trudności, gdyż są one widoczne. Natomiast większe są trudności przy określaniu szkód wynikających z osuszenia pól uprawnych, ponieważ nie zawsze w kopalniach są dokładne dane odnośnie do głębokości zwierciadła wody przed jego obniżeniem. Ściśle chodzi o to, czy zwierciadło wody występowało w głębokości powyżej czy też poniżej 4 m, licząc od powierzchni terenu. Z tych też względów każda kopalnia nowa lub nowe pole czynnej kopalni powinny mieć przed przystąpieniem do prowadzenia robót górniczych sporządzone mapy hydroizohips pierwszego poziomu wodnego, zwłaszcza prowadzące roboty górnicze w takich układach hydrogeologicznych, gdzie pomiędzy eksploатовanym złożem a przypowierzchniowym poziomem wodonośnym nie ma warstw izolacyjnych.

Wielkość strat w uprawach rolnych wynikających z osuszenia pól uprawnych według [1] oblicza się ze wzoru:

$$U = \frac{A_1}{A_2}, \quad (8)$$

gdzie:

- U - procentowe obniżenie zdolności produkcyjnej gleby (uszkodzenie gruntu) wywołane osuszającą działalnością górniczą w stosunku do zdolności pierwotnej,
- $A_1$  - liczbowy wskaźnik zmian gospodarki wodnej,
- $A_2$  - liczbowy wskaźnik zmian zdolności retencyjnej gleby.

#### 4. PODSUMOWANIE

Charakter i wielkość szkód górniczych typu hydrogeologicznego danego złoża lub obszaru górniczego kopalni są uzależnione od wielu czynników przyrodniczych, jak na przykład:

- budowy geologicznej,
- grubości pokładów kopaliny i charakteru jej zalegania,
- układu hydrogeologicznego i hydrograficznego,
- warunków geologiczno-inżynierskich itp.

W następnej kolejności omawiany typ szkód jest uzależniony od sposobu prowadzenia robót górniczych udostępniających, przygotowawczych i eksplo-

tacyjnych. Zmiany zachodzące w układzie hydrogeologicznym na skutek prowadzonej eksploatacji mogą być przyczyną szkód górniczych w zabudowie powierzchni terenu, jak również w gospodarce rolnej i leśnej.

Biorąc za podstawę rodzaj odkształceń i mechanizm ich powstawania autor wyróżnia odkształcenia kompresyjne, sufozyjne, zapadliskowe i kominowe.

W gospodarce rolnej i leśnej autor wydziela szkody wynikające z osuszenia pól uprawnych, zawodnienia i okresowego zawodnienia. Znając mechanizm oraz warunki tworzenia się poszczególnych rodzajów szkód typu hydrogeologicznego można ustalić z dużą dokładnością, w których rejonach mogą wystąpić poszczególne rodzaje szkód a następnie zaprojektować sposoby prowadzenia robót górniczych, które zapobiegą powstawaniu omawianych szkód lub złagodzą ich wpływ.

#### LITERATURA

- [1] Krajewski R., Skawina T., Zuławski Cz.: Hydrogeologiczno-glebowa metoda szacowania szkód w użytkach rolnych wywołanych osuszającą działalnością górniczą. Ochrona Terenów Górniczych nr 9/1969.
- [2] Sztelak J.: Wpływ zmiany stosunków hydrogeologicznych na odkształcenia powierzchni terenu w rejonach górniczych. Przegląd Górniczy nr 5/1962.
- [3] Sztelak J.: Zagadnienia szkód górniczych w uprawach rolnych spowodowanych osuszeniem lub zawodnieniem pól uprawnych. Przegląd Górniczy nr 5/1962.
- [4] Sztelak J.: Osiadanie powierzchni spowodowane osuszeniem nadkładu oraz nowe kryteria dla określenia filarów bezpieczeństwa. Prace GIG. Komunikat nr 468. Katowice 1969.
- [5] Sztelak J.: Klasyfikacja odkształceń typu hydrogeologicznego i mechanizm ich powstawania. Ochrona Terenów Górniczych nr 4/1984.
- [6] Sztelak J., Kapuściński T., Szczepański W., Cempiel E.: Ujęcie wód kopalnianych dla celów przemysłowych i pitnych w aspekcie ochrony powierzchni terenu w północno-wschodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Zesz. Nauk. Pol. Śl., s. Górnictwo z. 149. Gliwice 1986.
- [7] Wilk Z.: Wpływ zmiany warunków hydrogeologicznych spowodowanych działalnością górniczą na wielkość deformacji powierzchni. Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. "Śląsk", Katowice 1980.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Erazm KONSTANTYNOWICZ

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1987 r.

## ГОРНЫЕ ПОТЕРИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА

## Резюме

Представлены виды горных потерь, вызванных изменением гидрогеологических систем в результате ведения горных работ.

В статье обсуждены горные потери гидрогеологического типа в застройке поверхностной территории, а также в сельскохозяйственном и лесном хозяйствах. Характер и величину горных потерь автор ставит в зависимости от таких природных факторов как геологическая структура, мощность пластов полезного ископаемого, характер их залегания, система гидрогеологическая и гидрографическая, условия горно-инженерные и т.п. Обсужденный тип потерь обусловлен также способом ведения горных работ. Принимая за основу вид деформации и механизм их образования выделено деформации сжатия, суффозии; термиче, углубления и трубные. Зная механизм, а также условия образования отдельных потерь можно прогнозировать потери в разных месторождениях постоянных полезных ископаемых.

## THE HYDROGEOLOGICAL MINING DAMAGES

## Summary

There were shown the types of mining damages can sed by the variation of the hydrogeological systems. There were introduced the types of the hydrogeological damages and their effect on the land development, farmstead and forest administration. The character and value of the mining damages, as the author claims, depend on such natural factors as geological constitution, the thickness of the stratum of mineral, the character of its deposition, the hydrogeological and hydrographic systems, geological engineering conditions and etc.

The introduced type of the mining damages is also conditioned by the way of controlling the underground working. Talkong as the basis the type of deformations and the mechanism of their forstation, there were eliminated compression, funnel, collapse and sink deformations. Knowing the mechanism and the conditions of the formation of mining damages one can predict the damages for different deposits of mines.