

Elementy środowiska analizowane w ocenie zagrożenia zawodnieniem powierzchni terenów górniczych kopalń podziemnych

Dariusz Ignacy¹, Przemysław Bukowski¹

Environmental elements analysed in the assessment of surface flooding threat at underground mining areas. *Prz. Geol.*, 65: 968–972.

A b s t r a c t. The paper provides an overview analysis concerning the major elements of the environment of mining areas, described based on research to develop a method for the assessment of flooding threat in mining areas. The mechanism of flooding-induced changes in the surface of mining areas under conditions of restoring natural water flows in the USCB is analyzed. The state-of-the-art has been discussed in the context of environmental elements used to evaluate water invasion in mining and post-mining areas, taken from hydrogeology, hydrology, mining, and environmental protection studies. The selected features of the mining environment are characterized, in particular: the area limiting the flow of water, including the surface of the mining area and the aquifer base, local outflow bases and local water drainage basins, depression funnel, hydraulic connections between mines, surface waterways and natural lakes and ponds as well as inundated areas, floods, morphological troughs, depression and non-flood basins.

Keywords: mining area, post-mining area, environmental element, flooding, evaluating of flooding

Prowadzona od wieków działalność górnicza zawsze stanowiła ingerencję w naturalne środowisko, a jej rozwój skutkował zwiększaniem się skali wywołanych nią szkód górniczych typu hydrogeologicznego (Rogoż, Rylko, 1970; Rogoż, 2004).

Nasilenie się i nakładanie różnych procesów oraz zjawisk (ryc. 1) jest zależne od stadium rozwoju eksploatacji górniczej lub procesów likwidacji kopalni. Ilustrują to schematy przedstawione na rycinie 2, które uzasadniają czasowy charakter odwodnień górotworu i powierzchni.

Znajomość i prawidłowe scharakteryzowanie głównych elementów środowiska na terenach górniczych i pogórniczych może być decydujące, dla prawidłowo przeprowadzonej oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych. Analiza elementów środowiska jest kluczowa do podejmowania prawidłowych decyzji środowiskowych o sposobie jego zagospodarowania.

Celem publikacji był przegląd elementów środowiska terenów górniczych pod kątem względności ich stanów oraz atrybutów w różnych warunkach hydrogeologicznych i hydrologicznych, naturalnych i wymuszonych, występujących powszechnie w terenach górniczych. Niniejszy artykuł jest wynikiem badań przeprowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa (Ignacy, 2015). Przedstawiono w nim zwięzłą charakterystykę głównych elementów środowiska na przykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), ze szczególnym odniesieniem się do ich zmian, a także zmian ich atrybutów w wyniku oddziaływania górniczego oraz przywrócenia naturalnych przepływów wód.

CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW ŚRODOWISKA WYKORZYSTYWANYCH W OCENACH ZAGROŻENIA ZAWODNIENIEM POWIERZCHNI TERENÓW GÓRNICZYCH

Dotychczasowe metody oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych (Rogoż, Posyłek, 2000; Staszewski, 1992; Wilk, 2003) są oparte na analizach:

– powierzchni ograniczających przepływ wód: powierzchni terenu górniczego, podstawy pierwszej warstwy wodonośnej, utworów nadkładu złoża;

– cieków i zbiorników powierzchniowych i zasięgu ich zlewni (wododziałów), wliczając w to podtopienia powierzchni terenu górniczego;

– lokalnych baz odpływu (drenażu) wód oraz związanych z nimi elementów: urządzeń wodnych (przepompowni wód powierzchniowych i pompowni głównego odwadniania kopalń), połączeń hydraulicznych, w tym połączeń między kopalniami;

– pierwszego poziomu wodonośnego;

– leja depresji;

– niecek morfologicznych, bezodpływowych i obniżeniowych.

Powierzchnie ograniczające przepływ wód

Powierzchnia terenu górniczego. W środowisku naturalnym, poza przekształconymi przez oddziaływanie górnicze terenami górniczymi i pogórniczymi, powierzchnia terenu, wraz z procesami infiltracji, parowania, transpiracji i skanalizowaniem itp., często decydują o kierunkach oraz natężeniu naturalnego spływu powierzchniowego. Silny i stały związek dotyczy spływu powierzchniowego, a także morfologii powierzchni terenu, która podlega naturalnym procesom erozyjnym i denudacji.

Na terenach górniczych i pogórniczych, charakteryzujących się hydrogeologicznie izolującym typem nadkładu złóż, naturalne powierzchniowe przepływy wód pozostają dla powierzchni terenu trwałym czynnikiem rzeźbotwórczym.

Duża skala obniżenia terenów górniczych w środowisku, w którym występują wymuszone przepływy wód, może spowodować przerwanie związku rzeźby terenu z naturalnymi przepływami wód. Możliwe jest wystąpienie procesów erozyjnych i sedymentacyjnych jako zjawisk wtórnych, wywołanych zmianami nachylenia powierzchni oraz prze-

¹ Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice; dignacy@gig.katowice.pl.

rzutami wód i skoncentrowanym, periodycznym, intensywnym zasilaniem cieków w wyniku pompowania.

Przywrócenie naturalnych przepływów wód powierzchniowych na terenach górniczych i pogórnicych może powodować także wtórne procesy denudacji powierzchni terenu w rejonach brzegów potencjalnych cieków wodnych i zbiorników, towarzyszące tym przepływom.

Dla pełnej charakterystyki powierzchni terenu należy uwzględnić szczególnie istotne elementy środowiska, takie jak np.: wały przeciwpowodziowe, przepusty, śluzy, zastawki, uszczelnienia koryt cieków powierzchniowych itd. Wpływają one na kierunki spływu wód powierzchniowych i przepływy podziemne oraz decydują o ewentualnym przerwaniu związku hydraulicznego pomiędzy

jednolitymi częściami wód powierzchniowych i podziemnych. Mają one zasadnicze znaczenie dla położenia przestrzennego kolejnych elementów środowiska wodnego, takich jak bazy odpływu (drenażu) wód podziemnych i powierzchniowych.

Podstawa warstwy wodonośnej, głębokość lustra wody poziomu wodonośnego. W warunkach wpływów górnictwa podziemnego podstawa warstwy wodonośnej oraz głębokość zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego na ogół decydują o możliwości powstania warunków dla wystąpienia zalewisk i podtopień. Istotna jest rola oddziaływań górniczych zarówno o charakterze ciągłym, jak i nieciągłym.

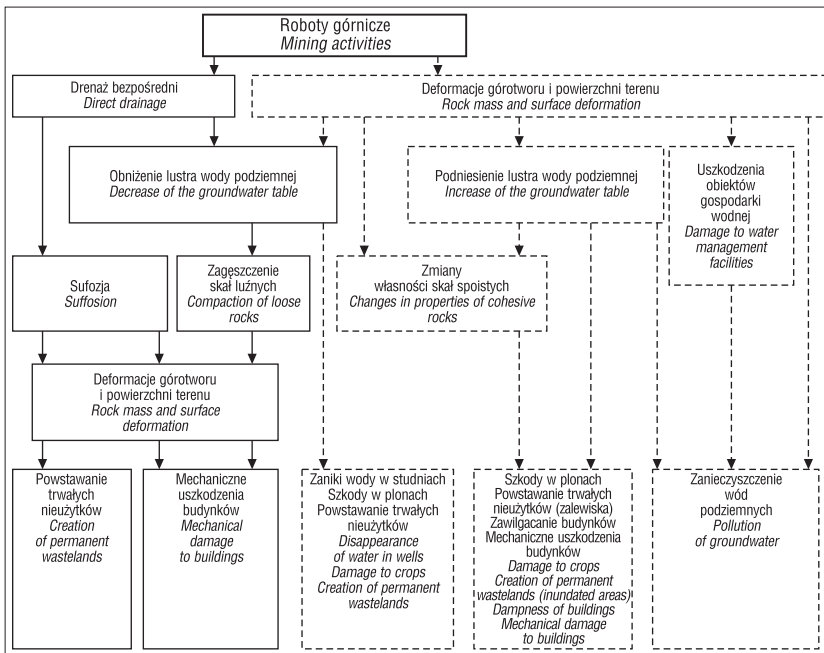
Na terenach górniczych warstwy skalne, które stanowiły pierwotną podstawę warstwy wodonośnej przed ujawnieniem się wpływów górniczych, mogą podlegać:

– obniżeniom górniczym, skutkującym zmianami ich konfiguracji wysokościowej,

– odkształceniom poziomym i pionowym, które mogą powodować zmianę ich wodoszczelności (przepuszczalności), a tym samym powodować zasadniczą zmianę warunków filtracji i gromadzenia się wód.

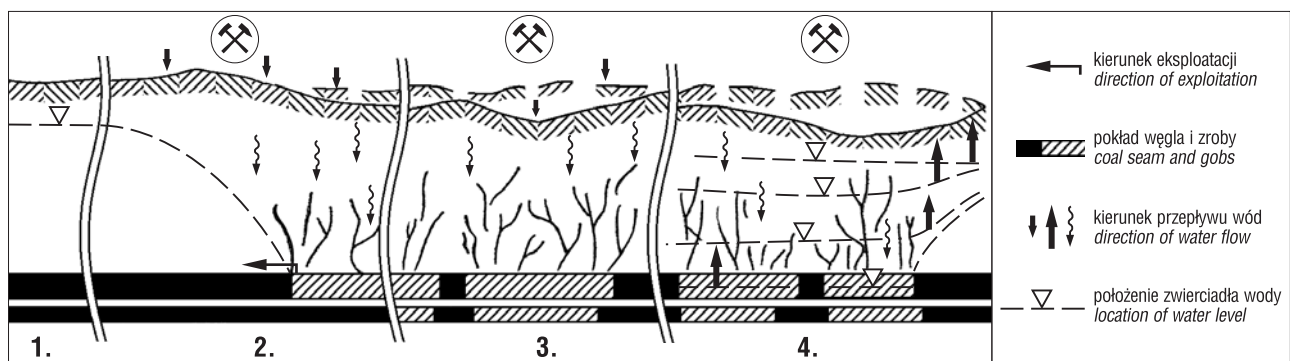
Podstawa warstwy wodonośnej poddana intensywnym oddziaływaniom destrukcyjnym w skrajnym przypadku może utracić swoje właściwości i pełnią dotychczas rolę izolacyjną (zmiana podstawy warstwy wodonośnej).

W występujących w GZW zlewniach o niewielkich zasobach wodnych, poddanych wpływom działalności górniczej, przy zmianie przepływów wód z naturalnych na wymuszone (do pompowni), inaczej przebiegają kierunki przepływów wód, jak również towarzyszące im procesy, takie jak np. kolmatacja warstw wodonośnych. Przepływy wód przebie-



Ryc. 1. Schemat powstawania hydrogeologicznych szkód górniczych (Rogoż, Rylko, 1970)

Fig. 1. Schematic diagram of hydrogeological mining damage formation (Rogoż, Rylko, 1970)



Ryc. 2. Schemat zmian zagrożenia kopalni w poszczególnych fazach jej istnienia (Bukowski, 1995): 1 – faza rozpoznania złoża: górotwór nienaruszony – pierwotne warunki hydrogeologiczne; 2 – faza rozcinania złoża i początku eksploatacji: górotwór naruszony – szczypanie zasobów statycznych, intensywny drenaż zawodnionych warstw górotworu; 3 – faza zaawansowanej, wieloletniej i wielopokładowej eksploatacji: górotwór naruszony, zdrenowany – głęboki i rozległy lej depresji, ustabilizowany dopływ naturalny; 4 – faza likwidacji kopalni: górotwór naruszony – samozatopienie kopalni, powrót zwierciadła wody do stanu bliskiego stanom równowagi hydrodynamicznej

Fig. 2. Schematic diagram of changes in mine flooding threat in individual phases of its existence (Bukowski, 1995): 1 – phase of deposit recognition: intact rock – the original hydrogeological conditions; 2 – phase of deposit development and launch of exploitation: disturbed rock – static resource depletion, intense drainage of flooded rock layers; 3 – advanced long-term and multi-seam exploitation: disturbed and drained rock – deep and extensive cone of depression, stabilized natural inflow; 4 – mine decommissioning phase: disturbed rock mass – self-flooding of the mine, return of the water table to a state close to the hydrodynamic balance

gają wówczas tylko w części warstwy wodonośnej, ponad jej podstawą lub strefą zakolmatowaną. W wytworzonym leju depresji głębokość zwierciadła wody poziomu wodonośnego jest sztucznie obniżana wraz z wystąpieniem obniżen poeksploatacyjnych, a także zmian podstawy warstwy wodonośnej.

Przywrócenie naturalnych przepływów wód poprzez zaprzestanie odwadniania spowoduje podniesienie zwierciadła wody poziomu wodonośnego w zasięgu leja depresji, powstałego na skutek odwadniania, do lokalnych baz naturalnego odpływu wód.

Nadkład złoża. Zasadniczy wpływ na intensywność zmian stanu zawodnienia górotworu i powierzchni terenów górniczych i pogórnich ma zmienność warunków geologicznych i hydrogeologicznych w utworach nadkładu serii złożowej. Podstawowym czynnikiem determinującym brak występowania bezpośredniego przepływu wód z powierzchni i utworów nadkładu złoża do kopalni jest istnienie odpowiednio miększej, hydroizolacyjnej warstwy skał przykrywającej złoża w jego stropie. Jeśli warstwa ta nawet pod wpływem oddziaływania górniczego nie traci swoich właściwości hydroizolacyjnych, to ten typ budowy górotworu określa się mianem górotworu hydrogeologicznie izolowanego (zakrytego). W GZW występuje on w obrębie południowej, zachodniej i południowo-zachodniej jego części (ryc. 3.), tworząc tzw. subregion II (Rózkowski w: Wilk, 2003; Rózkowski, 2004). Odmienne warunki panują w subregionie I hydrogeologicznie nieizolowanym (otwartym).

W wymienionych dwóch subregionach hydrogeologicznych procesy ujawniania się zjawisk zalewiskowych przebiegają odmiennie.

W subregionie II (ryc. 4) ujawnianiu się niecek obniżeniowych na powierzchni towarzyszy natychmiastowe dostosowywanie się przepływów wód powierzchniowych i podpowierzchniowych do zmieniającej się konfiguracji powierzchni ograniczającej przepływ wód. W wyniku powyższego, przy braku stosowania na powierzchni wymuszonych przerzutów wód, ujawnia się na niej całokształt szkód wodnych.

W terenach górniczych kopalń podziemnych eksploatujących złoża w subregionie I, w zależności od właściwości filtracyjnych skał budujących górotwór, część, a niekiedy nawet całość wód powierzchniowych może infiltrować do wyrobisk kopalni, czasowo eliminując możliwość ujawnienia się całokształtu zjawisk zalewiskowych. Ujawnienie się przeobrażeń zalewiskowych na powierzchni w okresie żywotności kopalni może wystąpić lokalnie, a na większą skalę najczęściej dopiero po przywróceniu naturalnych przepływów wód (np. po całkowitym zatopieniu kopalni i powrocie zwierciadła wód podziemnych do poziomu zbliżonego do pierwotnego).

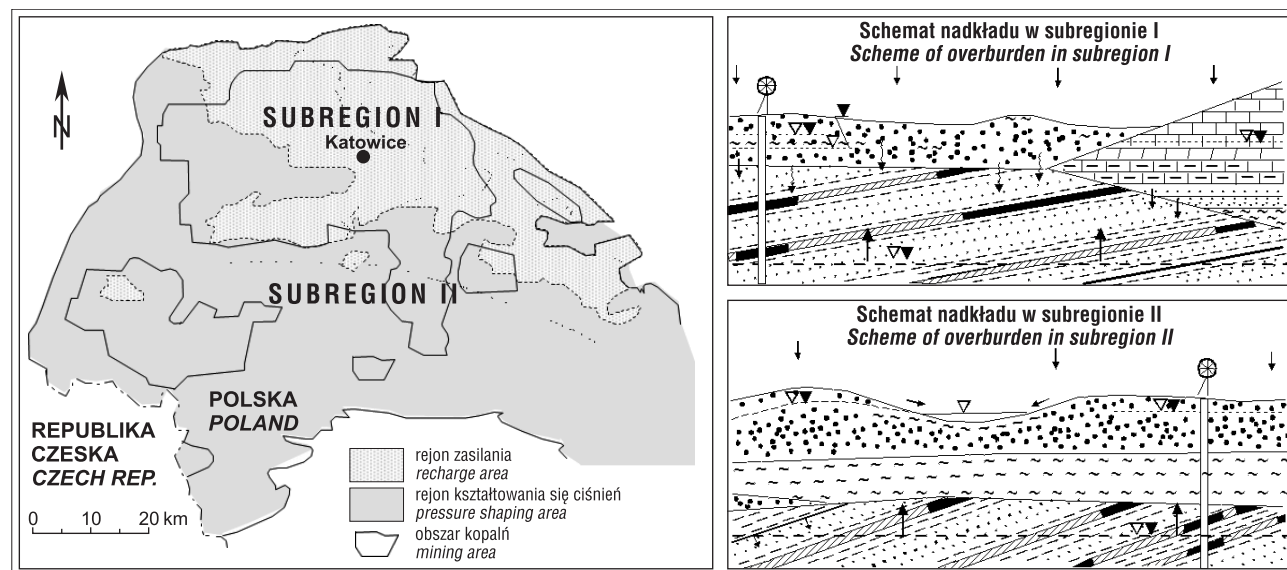
Wody powierzchniowe

Cieki powierzchniowe. Duża skala obniżen i przekształceń górniczych powierzchni terenów górniczych i pogórnich może prowadzić do znaczących przeobrażeń hydrologicznych. Ich formami mogą być zaniki przepływów wód w ciekach, zmiany kierunku spływu wód, zmiany lokalizacji koryt cieków powierzchniowych, wynikłe z efektów niezbędnej ich przebudowy, a wreszcie przerwanie więzi hydraulicznej wód cieków (o pierwotnym charakterze cieków drenujących) z wodami podziemnymi naturalnego podłoża. Mogą one mieć charakter czasowy i zakończyć się lub intensyfikować oraz zmieniać w momencie likwidacji sztucznego odwadniania.

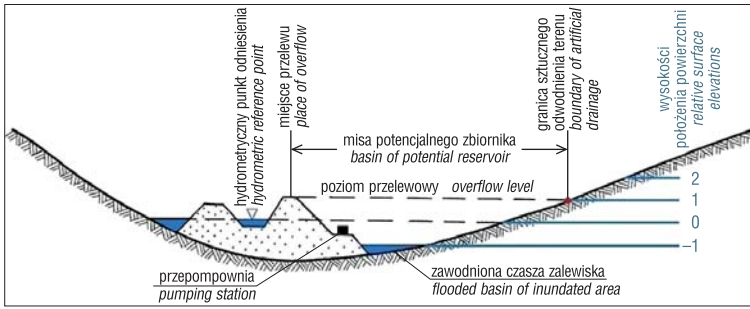
Przywrócenie naturalnych przepływów wód podziemnych i powierzchniowych może być przyczyną utworzenia się nowego stanu sieci hydrograficznej, co jest jednoznaczne ze zmianami położenia przestrzennego cieków i zalewisk. Wynikną one z nowych warunków hydrologicznych, które będą występowały na przeobrażonej powierzchni terenów górniczych i pogórnich.

Naturalne zbiorniki, jeziora i stawy. O naturalnym charakterze takich elementów środowiska jak jeziora i stawy, występujące w terenach górniczych i pogórnich, nie świadczy ich historyczne występowanie przed przyjęciem przez nie wpływów górniczych. Najważniejszym kryterium oceny jest naturalność przepływów wód im towarzyszących.

Jeżeli tereny górnicze i pogórnice charakteryzują się izolującym nadkładem złóż, to wówczas wystarczającym wyznacznikiem naturalności przepływów wód (w granicach tych wód) jest brak stosowania ich przerzutów (brak



Ryc. 3. Położenie subregionów hydrogeologicznych w GZW (wg Rózkowski w: Wilk, 2003 – zmodyfikowany w Bukowski i in., 2006.)
Fig. 3. Location of hydrogeological subregions in the USCW (acc. to Rózkowski in: Wilk, 2003 – modified in Bukowski et al., 2006)



Ryc. 4. Schemat sztucznego odwadniania powierzchni terenów górniczych (Ignacy, 2015)

Fig. 4. Diagram of artificial dewatering of mining areas surface (Ignacy, 2015)

pompowni). Wówczas również ich zasięg ma naturalny charakter i wynika z morfologii terenu stanowiącego ich czasze.

Jeżeli tereny górnicze i pogórnice charakteryzują się nieizolującym nadkładem złóż, to nawet trwale, historyczne występowanie zbiorników nie musi świadczyć o naturalnym charakterze ich zasięgu. Zbiorniki takie mają na ogół ograniczony zasięg zawodnienia, wynikający ze znaczącej skali i wpływu drenażu górniczego.

Przywrócenie naturalnych przepływów wód może spowodować zmiany linii brzegowych oraz powiększenie zasięgu dotychczasowych czasz jezior i stawów.

Zalewiska i podtopienia terenu górniczego. O skali przekształceń środowiska wodnego GZW w wyniku działalności górniczej świadczy wytworzony regionalny lej depresji o zasięgu kilkudziesięciu kilometrów (Sikorska-Maykowska, 2001), a także liczba kilkuset zalewisk poeksploatacyjnych o powierzchniach większych od 5 tys. m², występujących już w latach 90. ub.w. (Bukowski 1995, 2006; Bukowski i in., 2006). Działalność górnicza i jej drenażujące oddziaływanie na górotwór doprowadziły do znaczącego odwodnienia górotworu karbońskiego zespolonych terenów górniczych, a w subregionie hydrogeologicznym I również do lokalnego odwodnienia powierzchni terenów górniczych i pogórnich.

To powszechne występowanie wymuszonych przepływów wód jest przyczyną znacząco mniejszej (niekiedy wielokrotnie) powierzchni istniejących zalewisk w stosunku do zasięgu zalewisk, które występowałyby w warunkach naturalnych przepływów wód (Ignacy, 2015).

Podtopienia terenu stanowią element środowiska, który jest bezpośrednio związany z głębokością zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego (Fiszer, Derkowska-Sitarz, 2009). Występujący drenaż górniczy i/lub przerzuty wód na powierzchni terenów górniczych powodują, że podtopienia nie są trwałe i mogą występować wyłącznie w sąsiedztwie wód płynących, zbiorników naturalnych i zalewisk.

Powierzchnia terenów podtopień w rejonach, w których dopuszczono by do naturalnych przepływów wód w górotworze i na powierzchni, może być znacząco większa niż powierzchnia terenów z utrzymywanymi wymuszonymi przepływami wód powierzchniowych i podziemnych.

Lokalne bazy odpływu (drenażu) wód, zlewnie, lej depresji

Wynikiem wymuszonych przepływów wód na terenach górniczych i pogórnich jest sztuczny podział pierwotnych zlewni hydrologicznych na odrębne, sztuczne ich części, w których spływ wód jest wymuszony i posiada

czasowy charakter. W poszczególnych częściach pierwotnej zlewni lokalną bazą drenażu może być np. zbiornik retencyjny przy przepompowni lub poziom zwierciadła wody podtopionego dna niecki morfologicznej, w której występuje odpływ podziemny wód.

Wymuszony odpływ tych wód następuje często przez przerzut wód za pomocą rurociągu tłocznego pompowni powierzchniowej lub pompowni głównego odwadniania kopalni. Ich zabudowa powoduje występowanie wymuszonych przepływów wód, które z jednej strony umożliwiają przeprowadzenie eksploatacji kopaliny i zapewniają bezpieczeństwo robotom górniczym, a z drugiej powodują osuszenie górotworu i niekiedy powierzchni, skutkujące czasowym brakiem ujawniania się całokształtu szkód zawodnieniowych.

Tym samym lokalne bazy odpływu (drenażu) wód w warunkach występowania wymuszonych przepływów wód powierzchniowych i podziemnych można uznać za niestałe i sztuczne elementy środowiska. Występowanie wymuszonych przepływów wód powierzchniowych i podziemnych skutkuje odpowiednio sztucznym i czasowym charakterem takich elementów środowiska jak lej depresji oraz pierwszy poziom wodonośny, a także jego atrybutu – głębokości lustra wody pierwszego poziomu wodonośnego.

Niecki morfologiczne (niecki z osiadań) i obniżeniowe

Niecki obniżeniowe nie są fizycznymi elementami środowiska terenów górniczych, a jedynie ujawniają się w tym środowisku i prowadzą do deformacji jego elementów. Stanowią one wraz z tzw. wskaźnikami deformacji powierzchni (atrybutami niecki obniżeniowej) podstawowe elementy opisu i prognozowania deformacji środowiska oraz prognozowania zawodnień terenów górniczych.

Typowym elementem środowiska terenu górniczego i pogórnicego jest niecka morfologiczna, zwana też niecką z osiadań. Jest ona wynikiem superpozycji dwóch składowych: pierwotnej rzeźby terenu i ujawniającej się niecki obniżeniowej.

Zasięg zawodnień występujących wewnątrz ujawniającej się na powierzchni niecki obniżeniowej jest związany z nową rzeźbą terenu w powstającej niecce morfologicznej. Tylko w przypadku dominacji obniżenia górniczych, po przywróceniu naturalnych przepływów wód, pole powierzchni i kształt odsłoniętego lustra wody w niecce morfologicznej może być zbliżony do zasięgu i kształtu niecki obniżeniowej. Zwykle zasięg zawodnień jest warunkowany zróżnicowaniem wysokościowym pierwotnej rzeźby terenu i wynika z poziomu przelewowego (ryc. 4.) wód z niecki morfologicznej, a nie odpowiada zasięgowi niecki obniżeniowej.

W ocenach zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich konieczne jest oparcie się na założeniu przywrócenia naturalnych przepływów wód i odniesienie się do stanów charakterystycznych wód w nieckach morfologicznych (Ignacy, 2015, 2017).

Niecki bezodpływowe

W stosowanym dotychczas nazewnictwie elementów powierzchni terenów górniczych i pogórnich, pojęcie niecki bezodpływowej obejmuje zagłębienia morfologiczne, najczęściej tylko częściowo zawodnione. Jest to określenie hydrologiczne, w którym przymiotnik „bez-

odpływowa” odnosi się do powierzchniowych przepływów wód.

Na terenach górniczych i pogórnich typowym zjawiskiem jest występowanie wymuszonych przepływów wód powierzchniowych i podziemnych, wynikających z przerzutów wód za pomocą przepompowni i/lub drenażu górniczego. Takie sztuczne warunki hydrologiczne i hydrogeologiczne są często przyczyną niepełnego zawodnienia niecki bezodpływowej.

Przywrócenie wewnątrz niecki bezodpływowej naturalnych przepływów wód może spowodować zasadniczo inny stan możliwego jej zawodnienia. W naturalnych warunkach, w zależności od skali odpływu podziemnego, jest możliwe trwałe, częściowe zawonienie dna niecki bezodpływowej wodą zyczącąją a także okresowe, całkowite jej zawodnienie, wynikłe z nadmiernych opadów i powodzi.

Przywrócenie naturalnych przepływów wód wewnątrz niecek bezodpływowych, zidentyfikowanych w subregionie hydrogeologicznym II, prowadzi na ogół do trwałych, a nie okresowych zawodnień takich niecek. Wówczas te niecki bezodpływowe, zidentyfikowane jako niezawodnione w warunkach wymuszonych przepływów wód, po przywróceniu warunków naturalnych faktycznie stają się zalewiskami o trwałym zasięgu.

W związku z powyższym obecnie stosowane pojęcie niecki bezodpływowej nie jest uniwersalnym do opisu zawodnień w terenach górniczych i pogórnich, w każdych warunkach hydrogeologicznych i hydrologicznych.

WNIOSKI

W artykule scharakteryzowano najistotniejsze elementy środowiska terenów górniczych i pogórnich (ich stan i atrybuty) w różnych warunkach panujących w GZW, wskazując na ich na ogół czasowy charakter. Oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich zależą od przyjmowanych do oceniania warunków, naturalnych lub wymuszonych przepływów wód, występujących lokalnie i w określonym czasie. Świadczy to o względności dotychczasowych ocen zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych, wykonywanych na ich podstawie. Charakteryzując i analizując przedstawione elementy środowiska, nasuwają się następujące stwierdzenia:

1. Jednymi z najistotniejszych elementów środowiska terenów górniczych i pogórnich, stanowiących o rodzaju występujących przepływów wód, są pompownie wód powierzchniowych i głównego odwadniania kopalń, które decydują o czasowym braku ujawniania się całokształtu szkód zawodnieniowych.

2. Występowanie na powierzchni terenów górniczych i pogórnich przerzutów wód powierzchniowych i/lub drenażu górniczego wód powierzchniowych prowadzi do sztucznego podziału pierwotnych zlewni hydrologicznych na odrębne, sztuczne ich części, w których wody tracą wzajemny związek hydrauliczny. W tych odrębnych częściach pierwotnych zlewni może występować odmienny, względem pierwotnego i docelowego, kierunek spływu wód – do lokalnej bazy drenażu wód, związanej z pompownią. Przywrócenie naturalnych przepływów wód może spowodować utworzenie się nowego stanu sieci hydrograficznej (cieków i zalewisk).

3. Wymuszone przepływy wód powierzchniowych i podziemnych skutkują sztucznym i nietrwałym charakterem takich elementów środowiska terenów górniczych i pogórnich jak lej depresji oraz lokalne bazy odpływu (drenażu) wód, a także głębokości lustra wody pierwszego poziomu wodonośnego. Stanowią one przyczynę znaczącego zmniejszenia (niekiedy wielokrotnie) powierzchni istniejących zalewisk i podtopień, w stosunku do zasięgu zalewisk i podtopień, które mogą występować w warunkach naturalnych przepływów wód.

4. Niecki bezodpływowe, zidentyfikowane w subregionie hydrogeologicznym II jako niezawodnione w warunkach wymuszonych przepływów wód, po przywróceniu warunków naturalnych faktycznie stają się zalewiskami o trwałym zasięgu. Dlatego należy te, w których brak zawodnień wynika z warunków naturalnych, odróżniać i nie stosować tego terminu dla sztucznie odwadnianych niecek morfologicznych, które powinny być określone innym terminem.

5. W ocenach zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich konieczne jest oparcie się na założeniu przywrócenia naturalnych przepływów wód i odniesienie się do charakterystycznych stanów wód w nieckach morfologicznych.

Autorzy bardzo dziękują Recenzentom za merytoryczne uwagi do artykułu.

LITERATURA

- BUKOWSKI P. 1995 – Możliwości wystąpienia niekorzystnych zmian warunków wodnych na powierzchni terenu wskutek likwidacji odwodnienia kopalni. Konferencja naukowo-techniczna pt.: „Ochrona powierzchni i obiektów budowlanych przed szkodami górniczymi”. Pr. Nauk. GIG, : 191–195.
- BUKOWSKI P. 2006 – Zawodnienie powierzchni terenu spowodowane działalnością górniczą prowadzoną w GZW w okresie od rozwoju górnictwa lat 70. i 80. XX wieku do okresu restrukturyzacji kopalń. Pr. Górn., 15–24.
- BUKOWSKI P., BROMEK T., AUGUSTYNIAK I. 2006 – Using the DRASTIC system to Assess The Vulnerability of Ground Water to Pollution in Mined Areas in the USCB. Mine Water and the Environment. Journal of the International Mine Water Association IMWA). Tech. Communicat., 25: 15–22;
- FISZER J., DERKOWSKA-SITARZ M. 2009 – Mechanizm powstawania zalewisk i podtopień na obszarze górniczym kopalń LGOM. Kwart. Górn. Geol., 4 (2b): 51–60.
- IGNACY D. 2015 – Metoda oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych. Rozprawa doktorska GIG, Katowice.
- IGNACY D. 2017 – Metoda oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich. Pr. Górn., 1: 26–38.
- ROGOŹ M. 2004 – Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. Wyd. GIG, Katowice, s.683.
- ROGOŹ M., POSYŁEK E. 2000 – Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Wyd. GIG, Katowice, s. 402.
- ROGOŹ M., RYLKO L. 1970 – Hydrogeologiczne szkody górnicze i ich powstawanie. Pr. Górn., 7–8: 338–343.
- RÓŹKOWSKI A. 2003 – Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne w GZW. [W:] Wilk Z. (red.), Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. Tom 1., Wyd. AGH, Kraków: 57–145.
- RÓŹKOWSKI A. (red.) 2004 – Środowisko hydrogeochemiczne karboonu produkcyjnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Pr. Nauk. UŚl., 2244, s. 174.
- SIKORSKA-MAYKOWSKA M. (red.) 2001 – Waloryzacja środowiska przyrodniczego i identyfikacja jego zagrożeń na terenie Województwa Śląskiego. Warszawa-Katowice, Wyd. PIG i Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego, s. 23.
- STASZEWSKI B. 1992 – Zmiany położenia zwierciadła wód gruntowych w zlewni objętej poeksploatacyjnymi ciągłymi deformacjami powierzchni. Praca doktorska GIG, Katowice.
- WILK Z. (red.) 2003 – Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. Tom 1., Wyd. AGH, Kraków, s. 611.