

## ZMIANY JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH W WYNIKU KONTAKTU WÓD INFILTRACYJNYCH I ZALEWOWYCH Z OBWAŁOWANIEM NASYPU HYDROTECHNICZNEGO WYKONANEGO Z ODPADÓW GÓRNICCTWA WĘGLOWEGO

### ALTERATION OF GROUND- AND SURFACE WATER QUALITY RESULTED FROM THE CONTACT OF INFILTRATION AND FLOOD WATERS WITH THE EMBANKMENT MADE OF RE-DISPOSED COAL MINING WASTES

SEBASTIAN STEFANIAK<sup>1</sup>, IRENA TWARDOWSKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Przedmiotem rozważań niniejszego artykułu jest wpływ obiektów wykonanych z odpadów górnictwa węgla kamiennego na wody podziemne i powierzchniowe w rejonie ich lokalizacji. Migrację zanieczyszczeń z konstrukcji wykonywanych z odpadów skał karbońskich rozpatrzono na przykładzie nasypu hydrotechnicznego w ramach budowy przeciwpowodziowego polderu Buków dla rzeki Odry. Badania w ramach sieci lokalnego monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych pozwoliły zaobserwować zmiany jakości wód w obrębie rozpatrywanej budowli inżynierskiej. Nasypy hydrotechniczne wykonane z materiału redeponowanego wykazały silnie ujemne oddziaływanie na wody podziemne i powierzchniowe, zasadniczo z uwagi na dwa główne składniki: siarczany i chlorki, oraz żelazo i mangan – produkty rozkładu siarczków, co jest charakterystyczną cechą odpadów skał karbońskich GZW, w szczególności słabo zbuforowanych i ulegających silnemu zakwaszeniu.

**Słowa kluczowe:** odpady górnictwa węglowego, redeponowanie odpadów, wody podziemne, wody powierzchniowe.

**Abstract.** An impact of civil engineering constructions made of coal mining wastes on ground- and surface waters in their vicinity was exemplified in the embankment of the Bukow flood polder at the Odra River. Observations of water status alterations in the area within the local ground- and surface water monitoring network proved that the embankments constructed of re-disposed material exerted a strong adverse impact on the ground and surface water quality, mostly due to release of two major constituents that are sulfates and to the lesser extent chlorides, as well as of iron and manganese ions being products of sulfide decomposition.

**Key words:** coal mining waste, waste re-disposal, groundwater, surface water.

## WSTĘP

Odpady górnictwa węgla kamiennego tworzą jedną z największych grup odpadów generowanych w kraju (29,6% ogółu wytworzonych). Znaczna część tych odpadów (92,1%) poddawana jest odzyskowi, pozostała część (4,45%) jest unieszkodliwiana przez składowanie. Z roku na rok maleje również ilość odpadów dotychczas nagromadzo-

nych na składowiskach. W roku 2007 było ich nieco ponad 506 mln ton, podczas gdy w latach ubiegłych – 517 mln (2006 r.) i 548 mln (2004 r.) (GUS, 2008). Tak wysoki procent odzysku i malejąca ilość nagromadzonych odpadów jest efektem wykorzystywania odpadów jako kruszywa w budownictwie inżynierskim (niwelacji terenu, budowie nasy-

<sup>1</sup> Polska Akademia Nauk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze; e-mail: sebstef@ipis.zabrze.pl

pów drogowych, kolejowych i hydrotechnicznych) oraz odzysku węgla. Technologia pozyskania takiego kruszywa ze składowiska polega na urabianiu zdeponowanego materiału, jego przemieszczaniu, transportowaniu i lokowaniu w miejscach przeznaczenia, a w przypadku odzysku węgla dodatkowo na kilkakrotnym przesiewaniu na sitach wstrząsowych, płukaniu, odmulaniu i wzbogacaniu w cieczach ciężkich (magnetytowych) oraz w efekcie końcowym na ponownym składowaniu przerobionego materiału. W wyniku procesów technologicznych odpady zostają naruszone oraz wyekspozowane na działanie warunków atmosferycznych

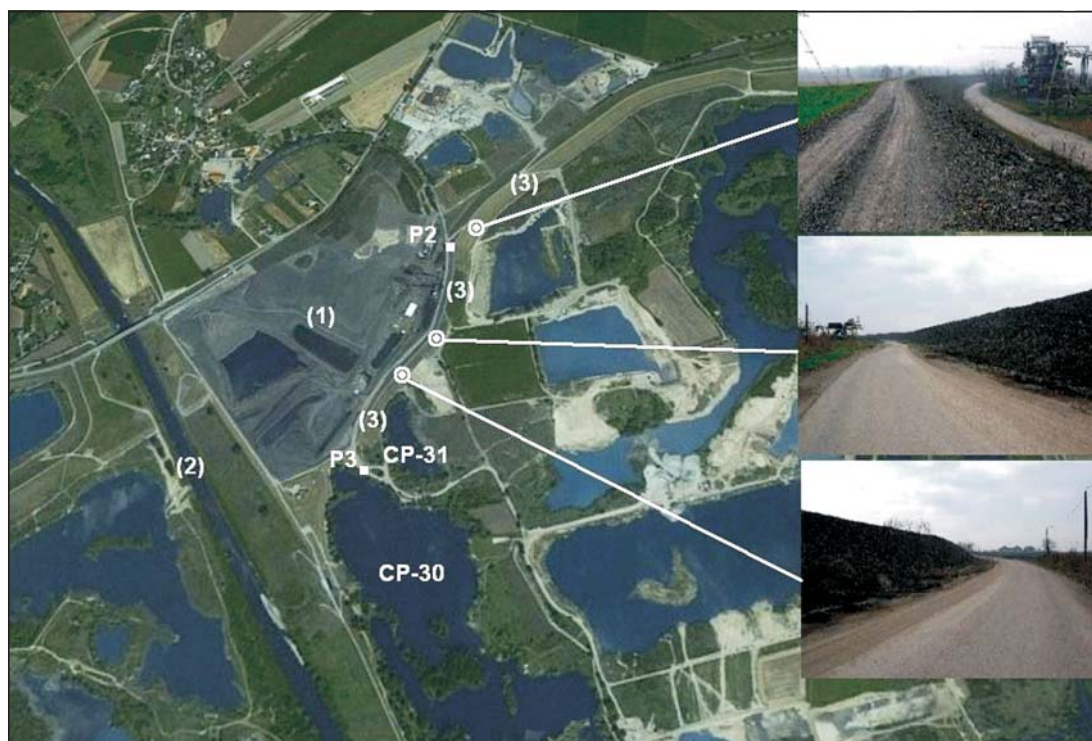
(w tym wody i powietrza). Głównymi czynnikami decydującymi o skali zagrożenia wód ze strony odpadów są: zawartość i rodzaj składników rozpuszczalnych, zawartość siarki siarczkowej w odpadach, reaktywność siarczków, zdolność buforująca opadów, stopień zbuforowania, a także warunki krążenia wody, penetracji powietrza i stopnia rozdrobnienia odpadów (Twardowska i in., 1988; Twardowska, Szczepańska, 1995). Przedmiotem rozważań niniejszego artykułu jest wpływ obiektów wykonanych z odpadów górnictwa węgla kamiennego na wody podziemne i powierzchniowe w rejonie ich lokalizacji.

## OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Migrację zanieczyszczeń z konstrukcji wykonywanych z odpadów skał karbońskich rozpatrzono na przykładzie nasypu hydrotechnicznego w ramach budowy przeciwpowodziowego polderu Buków dla rzeki Odry, usytuowanego na południowy wschód od wsi Buków, na terenie gminy Lubomia, na prawym brzegu rzeki Odry, po stronie wschodniej od reeksploatowanego składowiska Buków na kierunku napływu wód do składowiska (fig. 1).

Wewnętrzna bryłę obwałowania zbudowano z odpadów powęglowych KWK Anna po ich przerobieniu w technologicznym procesie odzysku węgla. W ich strukturze przewa-

żają gruboziarniste odpady przerobcze (93,7%), które są materiałem zwięzłym, odpornym na działanie wody i innych czynników atmosferycznych. Odpady te cechują się niskim zasoleniem chlorkowym (na poziomie 0,01%) i dość wysokim stopniem zbuforowania, nieco poniżej bezpiecznej granicy wynoszącej 2,37 (Twardowska i in., 1988). Całkowita ilość wykorzystanych do tego celu reeksploatowanych odpadów użytych do budowy bryły obwałowania wyniosła około 120 tys. m<sup>3</sup>, długość obwałowania 1400 m, wysokość ok. 5 m n.p.t. (fig. 2).



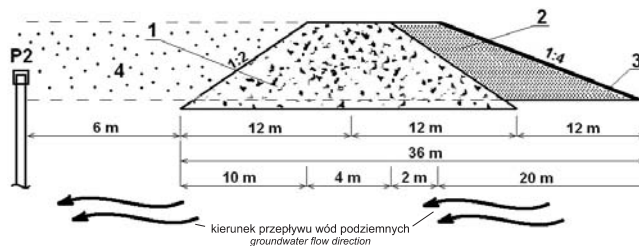
**Fig. 1. Lokalizacja nasypu hydrotechnicznego**

(1) – składowisko odpadów powęglowych w Bukowie; (2) – rz. Odry; (3) – obwałowania polderu Buków; P2, P3 – piezometry; CP-30, CP-31 – zbiorniki wodne

Location of the polder embankment

(1) – coal mining waste dump in Bukow; (2) – the Odra river; (3) – embankments of the Buków polder; P2, P3 – piezometers; CP-30, CP-31 – water reservoirs

Systematyczne badania jakości wód prowadzone od 1997 r. w sieci lokalnego monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych (Twardowska i in., 1998–2008) pozwoliły zaobserwować zmiany jakości wód w następstwie budowy nasypu hydrotechnicznego. Piezometr P2, podobnie jak P3 (fig. 1), pełnił rolę punktu obserwacyjnego jakości wód podziemnych napływających do składowiska od strony wschodniej, jednak pod koniec 2001 r. rozpoczęto w tym rejonie budowę nasypu hydrotechnicznego powodując iż piezometr P2 znalazł się w bezpośrednim zasięgu oddziaływania nasypu stając się jednocześnie punktem obserwacyjnym wpływu nasypu na jakość wód podziemnych. Jakość wód powierzchniowych znajdujących się w zasięgu ewentualnego oddziaływania nasypu monitorowana była na zbiornikach CP-30 i CP-31 (fig. 1). Oba zbiorniki powstały w wyniku zalania wyrobisk poeksploatacyjnych żwiru. Odnoga zbiornika CP-31 zlokalizowana najbliżej składowiska, została włączona do procesu technologicznego odzysku węgla i jest aktualnie wykorzystywana do poboru wody w ilości do 700 m<sup>3</sup>/dobę dla uzupełnienia obiegu zamkniętego płuczki. Od momentu rozpoczęcia budowy polderu (2001 r.) do roku 2007 stan rzeki Odry na tym odcinku nie przekraczał stanów alarmowych, dopiero w lipcu 2007 r., Odra wystąpiła z kory-



**Fig. 2. Model konceptualny przepływu wód podziemnych bryły nasypu hydrotechnicznego polderu Buków**

1 – nasyp hydrotechniczny; 2 – warstwa materiału gliniastego; 3 – warstwa ziemi urodzajnej gr. 10 cm obsiana mieszanką traw; 4 – rekultywowany teren; P2 – piezometr

Conceptual model of groundwater flow of the embankment for the Bukow polder

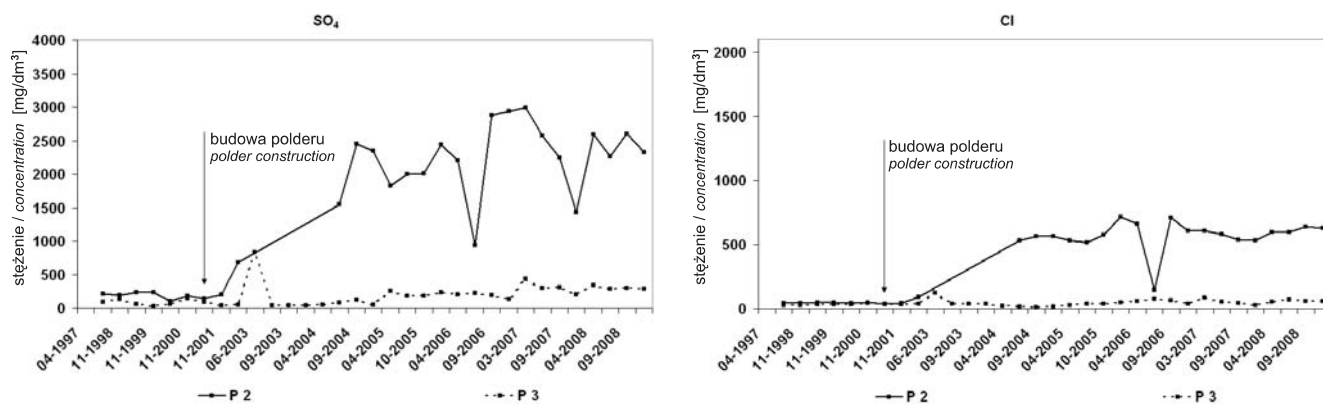
1 – polder embankment; 2 – clay layer; 3 – fertile soil layer 10 cm thick sowed with grass mix; 4 – reclamation area; P2 – piezometer

ta zalewając obszar polderu Buków. Doszło wówczas do kontaktu wód zalewowych z obwałowaniem polderu jak i nasypami zbiornika technologicznego oraz wodami zbiorników CP-30 i CP-31.

## WYNIKI

Budowa nasypu praktycznie natychmiast spowodowała postępujący wzrost mineralizacji siarczanowej wód spowodowany utlenieniem siarczków i infiltracją powstających ładunków siarczanów do wód podziemnych (fig. 3), podobnie intensywny wzrost wykazuje stężenie chlorków (fig. 3). Obecnie, wody podziemne poniżej obwałowania wykazują parametry jakościowe wód złej jakości (V klasy) w odniesieniu do siarczanów, chlorków, sodu, żelaza i manganu (RMŚ, 2008).

Do roku 2001 były to wody o składzie jakościowym typowym dla wód podziemnych czwartorzędu na tym obszarze, typu SO<sub>4</sub>-Ca, o podwyższonej zawartości substancji rozpuszczonych (do 676 mg/l), głównie z uwagi na mineralizację siarczanową. Od roku 2001 nastąpił blisko 10-krotny wzrost mineralizacji, w 2006 r. (maksymalne zanotowane stężenia) przewodność elektrolityczna wód kształtowała się w przedziale 5740–7310 μS/cm, stężenia siarczanów w przedziale 2208–2939 mg/dm<sup>3</sup> SO<sub>4</sub>, utrzymywały się wy-



**Fig. 3. Zmiany stężeń jonów siarczanowych i chlorkowych w wodach podziemnych**

P2, P3 – piezometry

Temporal alterations of sulfate and chloride ion concentrations in groundwater

P2, P3 – piezometers

sokie stężenia chlorków od 594 do 637 mg/dm<sup>3</sup> i sodu od 554 do 901 mg/dm<sup>3</sup>. Wartości odczynu kształtowały się w przedziale pH 6,36–6,53, stężenia manganu w przedziale od 1,57 do 1,90 mg/dm<sup>3</sup> Mn, a żelaza od 16 do 22 mg/dm<sup>3</sup> Fe. Z innych metali, 2-krotne przekroczenia wartości normatywnych stwierdzono w odniesieniu do Cr<sub>org</sub>, i 2,5-krotne w odniesieniu do Ni; zawartość pozostałych pierwiastków śladowych nie przekroczyła wartości dopuszczalnych. Wszystkie badane wskaźniki, przewodność elektrolityczna właściwa, Na, Cl, SO<sub>4</sub> oraz Mn i Fe utrzymywały się w przedziale V klasy jakości wód podziemnych, tj. wód złej jakości (RMS, 2008).

Zalanie polderu Buków wodami Odry w lipcu 2007 r. doprowadziło do kontaktu wód zalewowych z obwałowaniami nasypów hydrotechnicznych. Podobnie jak w przypadku wód podziemnych, również w wodach powierzchniowych zaobserwowano gwałtowne niekorzystne zmiany ich jakości (fig. 4).

Takie wskaźniki jak przewodność elektrolityczna właściwa, stężenie chlorków i siarczanów wzrosły do poziomu nie notowanego od początku okresu monitoringowego (w zbiorniku CP-30 wyciągniętym wzdłuż koryta rzeki Odry, na południe od składowiska). Wartości przewodności elektrolitycznej właściwej wzrosły do stężeń odpowiadających V klasie (wód złej jakości), osiągając wartości w przedziale od 2050 do 2470 μS/cm. Stężenia siarczanów wzrosły do wartości od 506 do 635 mg/dm<sup>3</sup>, co odpowiada V klasie jakości wód. Stężenia chlorków kształtowały się w przedziale od 299 do 392 mg/dm<sup>3</sup>. ChZT wykazały ponad 2-krotny wzrost

w stosunku do wartości odpowiadających IV klasie jakości wód powierzchniowych (RMS, 2008). Stężenia metali natomiast nie wykraczały poza wartości dopuszczalne dla II klasy jakości wód i na ogół występowały w ilościach dopuszczalnych dla klasy I (w tym CrVI, Cr<sub>org</sub>, Cd i Pb wykazały stężenia nie wykrywalne analitycznie). Wody zbiornika CP-31 podobnie jak wody sąsiadującego zbiornika CP-30, pod koniec roku 2007 również wykazały drastyczny wzrost stężeń głównych wskaźników zasolenia. Przewodność elektrolityczna właściwa wzrosła do 5380 μS/cm, stężenia siarczanów do 1390 mg/dm<sup>3</sup>, zaś chlorków do 882 mg/dm<sup>3</sup>. Stężenia metali z wyjątkiem Mn i Fe odpowiadały przedziałom stężeń II klasy, a w większości (Cr, CrVI, Zn, Cd, Cu, Ni i Pb) również I klasy jakości wód powierzchniowych (RMS, 2008). Zmiany antropogeniczne jakości wód badanej odnogi zbiornika CP-31 zasadniczo w całym okresie monitoringu świadczyły o kontakcie ze starszymi odpadami powęglowymi. Przejawiało się to w kształtowaniu się przewodności elektrolitycznej i substancji rozpuszczonych na pograniczu II/III klasy, jak również stężeń siarczanów w granicach IV/V klasy (wody niezadowolającej jakości), przy stężeniach chlorków na pograniczu I i II klasy jakości. Skokowy wzrost stężeń chlorków w obydwu zbiornikach po zalaniu ich wodami Odry i ich kształtowanie się w bardziej oddalonym od koryta Odry zbiorniku CP-31 na poziomie wyższym aniżeli stężenia stwierdzone zarówno w wodach Odry, jak i w wodach podziemnych przyjmujących odcieki z odpadów, sugeruje nakładanie się wpływów wód Odry i ich przesiąkanie przez warstwę odpadów.

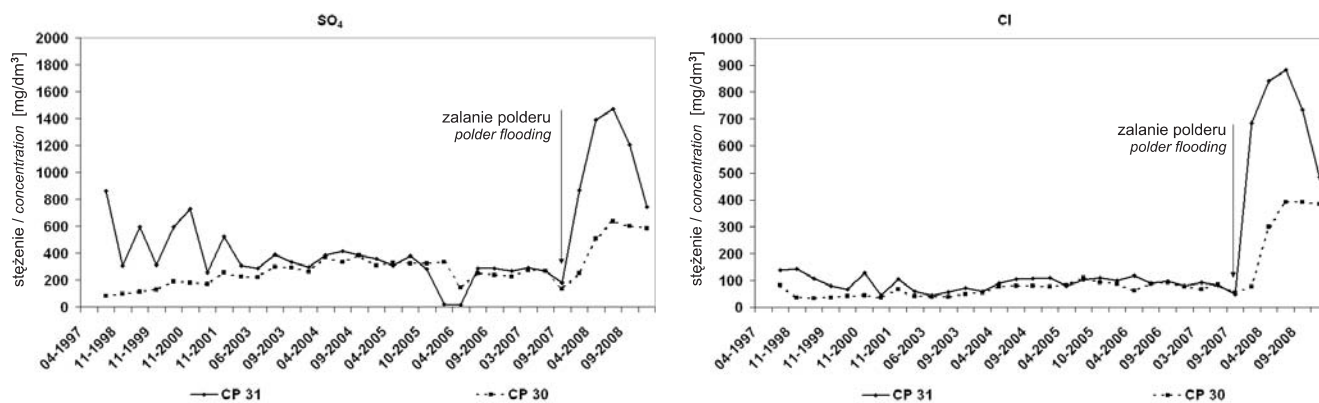


Fig. 4. Zmiany stężeń jonów siarczanowych i chlorkowych w zbiornikach wodnych

CP-30, CP-31 – zbiorniki wodne

Temporal alterations of sulfate and chloride ion concentrations in water reservoirs

CP-30, CP-31 – water reservoirs

## PODSUMOWANIE

Wykorzystywanie odpadów górnictwa węglowego w budownictwie inżynierskim, wiąże się z reeksploracją istniejących składowisk oraz redeponowaniem materiału skalnego w innych, zmienionych warunkach. Może to znacząco wpływać na procesy generacji, uwalniania i migracji zanieczyszczeń w odpadach oraz na ich oddziaływanie na środowisko wodne. Nasypy hydrotechniczne wykonane z materiału redeponowanego wykazały silnie negatywne oddziaływanie na wody podziemne i powierzchniowe z uwagi na wysoką mineralizację siarczanową. Przedstawiono ujem-

ny charakter oddziaływania dwóch głównych składników jakimi są siarczany i chlorki, oraz żelaza i manganu jako produktów rozkładu siarczków, co jest charakterystyczną cechą odpadów skał karbońskich GZW, w tym również odpadów zbuforowanych i nie ulegających silnemu zakwaszeniu. Stopień degradacji wód spowodowany intensyfikacją rozkładu siarczków okazał się być znaczny, natomiast wieloletni charakter tego zjawiska stwarza szczególne problemy dla środowiska i powinien być brany pod uwagę przy gospodarczym wykorzystywaniu odpadów.

## LITERATURA

- GUS, 2008 – Ochrona środowiska. informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa
- RMŚ, 2008 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz.U. Nr 143, poz. 896.
- TWARDOWSKA I., SZCZEPAŃSKA J., WITCZAK S., 1988 – Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Wyd. PAN, Wrocław/Warszawa/Kraków/Gdańsk/Łódź.
- TWARDOWSKA I., SZCZEPAŃSKA J., 1995 – Składowisko odpadów skał karbońskich jako długotrwałe ognisko zanieczyszczeń wód podziemnych: badania monitoringowe. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*. t. 7, cz. 1: 475–483. Wyd. Profil, Kraków.
- TWARDOWSKA I. i in., 1998–2008 – Monitoring jakości wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie składowiska odpadów powęglowych KWK Anna w Bukowie w związku z działalnością Zakładu Odzysku Węgla Gwarex-Polska (serie I-XXXIV próbowania punktów sieci LMWPiPW) SITG, Zabrze.

## SUMMARY

Extractive waste from coal mining constitute one of the largest groups of bulk waste being generated in Poland (29.6% of total annual waste generation). Considerable part of these waste (92.1% wt.) is being reused, while 4.45% wt. is disposed at the dumps. Currently, the amount of waste disposed at the dumps is consequently decreasing. In 2007, it accounted for roughly 506 Mt, while in previous years it was 517 Mt (2006) and 548 Mt (2004) (GUS, 2008). High reuse rate and decreasing amount of disposed waste is an effect of extensive application of this material as a common fill in civil engineering constructions (ground leveling, as well as railroad-, highway- and hydrotechnical embankments) and coal re-extraction. Reuse of coal mining waste in civil engineering construction results in re-mining of existing dumps and re-disposal of the rock material in different, changed conditions. Systematic observations of the chemical status of

groundwater conducted since 1997 within the framework of the Local Ground- and Surface Water Monitoring Network allowed for identification of its alteration due to the hydrotechnical embankment construction. Embankments constructed of re-disposed material showed strong adverse impact on the groundwater status due to high sulfate salinity. The presented character of the adverse impact of predominantly two compounds that are chlorides and sulfates, as well as of iron and manganese as products of sulfide decomposition is a characteristic feature of hard coal extractive waste in the USCB, including also buffered waste not undergoing acidification. An extent of groundwater deterioration due to intensification of sulfide decomposition appears to be high, while long-lasting character of this process is particularly environmentally problematic and thus should be taken into consideration at the hard coal extractive waste reuse.