

Robert Jadach

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
e-mail: robertjadach933@gmail.com

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE WÓD POWIERZCHNIOWYCH ZREKULTYWOWANYCH TERENÓW POGÓRNICZYCH TARNOBRZESKIEGO ZAGŁĘBIA SIARKOWEGO

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SURFACE WATER OF RECLAIMED POST-MINING AREAS OF TARNOBRZEG SULPHUR BASIN

DOI: 10.15611/pn.2016.461.08

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono wyniki własnych badań właściwości fizyczno-chemicznych wód powierzchniowych zrehabilitowanych terenów Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego oraz wskazano wstępną ocenę jakości materiału badawczego zebranego na terenie województwa podkarpackiego. Przeprowadzone badania wskazują II klasę jakości wód pod względem wybranych parametrów właściwości fizykochemicznych w próbkach wody pochodzących z rzeki Wisły oraz Jeziora Tarnobrzeskiego, które powstało po wyrobisku zlikwidowanej odkrywkowej kopalni siarki „Machów”. Uwzględniając charakterystykę badanego regionu, omówiono ważniejsze czynniki, które miały wpływ na rezultaty osiągniętych wyników w trakcie przeprowadzonych badań.

Słowa kluczowe: wody powierzchniowe, właściwości fizykochemiczne, Jezioro Tarnobrzeskie.

Summary: Water is one of the most prevalent compounds on Earth. Physico-chemical properties make it has a huge role in nature because it is solvent for the chemistry of reactions. Water in oceans and seas mitigates climate on Earth. Water was used in ancient times as an element of landscape architecture by building fountains, waterfalls and ponds which accompanied the development of culture. This paper presents the results of study of physicochemical properties of surface water in the district of Tarnobrzeg and points out a preliminary assessment of the quality of research material collected in the region of Podkarpackie. The studies take into account the characteristics of the north western part of the Sandomierz Basin which has an impact on the achieved results. Based on laboratory tests, it was found that water in the Wisła river and Tarnobrzeskie Lake is classified as belonging to the second class of purity. More accurate microbiological tests will help to determine the purity of the collected water samples.

Keywords: surface water, physicochemical properties, Tarnobrzeskie Lake.

1. Wstęp

Substancje rozpuszczone w wodzie mają różną genezę, część została wprowadzona w wyniku ekspansywnej działalności człowieka, a część ma charakter pochodzenia naturalnego [Razowska-Jaworek 2003; Szczepański 1999]. Przemysł górniczy związany z wydobyciem surowców strategicznych dla gospodarki wiąże się z silną antropopresją na krajobraz oraz sieć hydrograficzną. Zmiany właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych związane są z odwodnieniem eksploatowanych złóż kopalń oraz zanieczyszczeń pochodzących z hałd odpadów górniczych.

Skorupa ziemska zawiera bardzo dużo minerałów, substancji nieorganicznych mających ogromny wpływ na właściwości fizykochemiczne wód. Do najpospolitszych makroskładników, które spotykamy w wodzie należą przede wszystkim kationy Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i szereg anionów, między innymi HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} oraz krzemionka. Stężenie poszczególnych kationów i anionów zależy w głównej mierze od skał macierzystych, gleb i szeroko pojętej działalności człowieka [Dojlido 1995; Siniukow 1987]. Celem pracy była ocena jakości wód powierzchniowych zreklamowanych terenów pogórnich po nieczynnej kopalni siarki „Machów”. Przeprowadzona została na podstawie określenia właściwości fizykochemicznych wód [Jadach 2016].

2. Charakterystyka wód powierzchniowych Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego oraz czynników wpływających na zawartość substancji w nich rozpuszczonych

Tarnobrzeskie Zagłębie Siarkowe to obszar występowania bogatych złóż siarki rodzimej, zlokalizowany w północnej części Kotliny Sandomierskiej, leżącej w widłach Wisły i Sanu. Teren ten jest wypełniony mioceńskimi osadami. Cechuje się łagodnym klimatem i długim okresem wegetacyjnym roślin. Tarnobrzeskie Zagłębie Siarkowe usytuowane jest w dorzeczu Wisły i jej prawostronnych dopływów: Sanu, Trześniówki, Mokrzeszówki, Dunajca i Wisłoka. Cechą charakterystyczną rzek zlokalizowanych na tym terenie jest duża zmienność przepływów w czasie, która w dużej mierze jest spowodowana zróżnicowaniem warunków hydrologicznych w określonych latach. Sieć hydrograficzna w rejonie całego województwa podkarpackiego jest dobrze rozwinięta [Lipińska 2011].

Rzeka Wisła wyznacza północno-zachodni kraniec Kotliny Sandomierskiej, a zgodnie z klasyfikacją wód powierzchniowych przybiera typologię wielkiej rzeki nizinnej. W północnej części znajdują się liczne rowy melioracyjne, stawy, starorzecza [Lipińska 2011] i duży zbiornik o pochodzeniu antropologicznym – Jezioro Tarnobrzeskie [Szmuc, Madej 2011, s. 211-221]. W rejonie miasta Tarnobrzeg wskutek rozwoju przemysłu związanego eksploatacją złóż siarki dolina Wisły uległa znacznym przeobrażeniom, a jej koryto jest obwałowane. Największa rzeka naszego kraju

jest głównym odbiorcą ścieków z oczyszczalni miejskiej w Tarnobrzegu. Znaczna część zanieczyszczeń pochodzi z Tarnobrzesckiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej, głównie Zakładów Chemicznych „Siarkopol”, oraz wód opadowych z likwidowanych kopalń siarki na terenie byłego województwa tarnobrzesckiego. Czystość wody w rzece Wisła ma znaczenie dla gospodarczego jej wykorzystania, wody te są również wykorzystywane do zasilenia Jeziora Tarnobrzesckiego.

2.1. Charakterystyka Jeziora Tarnobrzesckiego

Jezioro Tarnobrzesckie to duży zbiornik wodny zlokalizowany w granicach administracyjnych miasta Tarnobrzeg o powierzchni 455 ha i głębokości 42 metrów [Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2014; Szmuc, Madej 2011, s. 211-221]. Powstanie tego zbiornika wodnego było związane z długim procesem rekultywacji terenów pogórnich tarnobrzesckiego przemysłu siarkowego. Spadek cen surowca spowodował likwidację Kopalni Siarki „Machów”, wskutek czego powstało duże wyrobisko górnicze, zlokalizowane w niedalekim sąsiedztwie koryta Wisły. Po zakończeniu eksploatacji w 1994 r. powstał zdewastowany teren o powierzchni 700 ha [Kirejczyk, Burchard, Pantula 2009]. Trwający kilkanaście lat proces regeneracji terenów zdegradowanych przez górnictwo obejmował odpowiednie zabezpieczenie wyrobiska. Do uszczelnienia dna wyrobiska użyto 25 metrowej warstwy izolacyjnej, składającej się głównie z ilów krakowieckich.

Dzięki budowie infrastruktury hydrotechnicznej (kanał doprowadzający wodę) możliwe było napełnienie zbiornika wodą pochodzącą z pobliskiej Wisły. Aby uniknąć niekorzystnego bilansu tlenowego i kumulowania się związków biogenych, np. fosforu w warstwie przydennej, zdecydowano się na wybudowanie kanału odprowadzającego wodę z jeziora do Wisły [Mitura 2015; Jadach 2016, s. 1-29].

3. Metodyka badań

W celu wykonania badań właściwości fizykochemicznych pobrano materiał do butelek ze szczelnym zamknięciem o pojemności 500 cm³. Naczynia wykonane były z tworzywa sztucznego, niewpływającego na zmianę właściwości chemicznych wody. Pojemniki użyte do magazynowania wody zostały dokładnie sprawdzone pod kątem zanieczyszczeń. Całkowicie napełnione naczynia z wodą zostały starannie zabezpieczone i zamknięte szczelnie korkiem. Wszystkie naczynia z pobranym materiałem zostały oznakowane w czytelny i trwały sposób.

Materiał badawczy został zebrany w pierwszym kwartale 2016 roku na terenie województwa podkarpackiego w powiecie tarnobrzesckim. Wybrano 3 miejsca pobrania materiału badawczego. Dwie próbki pochodziły z Jeziora Tarnobrzesckiego, w znacznej odległości od siebie, w celu sprawdzenia, czy różnią się znacznie pod względem badanych właściwości. Jedna z dwóch próbek pochodziła z okolic kanału doprowadzającego wodę z pobliskiej Wisły. Trzecią próbkę pobrano z rzeki Wisły.

Wykonane badania pozwolą porównać właściwości fizykochemiczne próbki z pochodzącymi z Jeziora Tarnobrzeskiego.

Miejsca pobrania materiału badawczego:

- Jezioro Tarnobrzeskie – w południowo-zachodniej części zbiornika wodnego, m. Tarnobrzeg (pkt 1. 50°55' N, 21°64' E),
- Jezioro Tarnobrzeskie – w sąsiedztwie kanału doprowadzającego wodę z Wisły, m. Tarnobrzeg (pkt 2. 50°53' N, 21°62' E),
- Rzeka Wisła, m. Tarnobrzeg (pkt 3. 50°57' N, 21°65' E).



Rys. 1. Powiat tarnobrzegi z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek wody

Źródło: [<https://www.google.pl/maps/@50.5361042,21.6463726,16427m/data=!3m1!1e3>].

Badania właściwości fizykochemicznych zostały przeprowadzone w laboratorium Zakładu Hydrobiologii i Akwakultury Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Każdą próbkę zbadano trzykrotnie, przeprowadzając następujące analizy:

1. Odczyn pH metodą elektrometryczną z zastosowaniem wodoszczelnego pH-metru CP-441 [Szoszkiewicz i in. 2003].

2. Przewodnictwo elektryczne z użyciem konduktometru [Szoszkiewicz i in. 2003].

3. Chlorki metodą Mohra [Hermanowicz i in. 1999].
4. Wapń metodą wersenianową z mureksydem [Hermanowicz i in. 1999].
5. Zasadowość ogólną metodą miareczkową wobec oranżu metylowego [Hermanowicz i in. 1999].
6. Twardość ogólną oznaczono z wykorzystaniem metody wersenianowej [Hermanowicz i in. 1999].

4. Wyniki badań

Odczyn pH badanej wody mieścił się w przedziale od 8,59 do 9,05 (tab. 1). Najniższą wartość osiągnięto w punkcie pomiarowym na rzece Wisła, natomiast najwyższy odczyn ma punkt pomiarowy Jezioro Tarnobrzescie nr 1.

Tabela 1. Odczyny badanych próbek wody

Numer próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzescie (1)	Jezioro Tarnobrzescie (2)
1.	8,57	9,05	8,84
2.	8,59	9,15	8,82
3.	8,61	8,95	8,83

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Przewodność elektryczna badanej wody mieściła się w zakresie od $1051 \mu\text{S} \times \text{cm}^{-1}$ do $1371 \mu\text{S} \times \text{cm}^{-1}$ (tab. 2). Najniższą wartość przewodności elektrycznej właściwej miał punkt pomiarowy na rzece Wisła. Najwyższą przewodność elektryczną miał punkt pomiarowy Jezioro Tarnobrzescie (1).

Tabela 2. Przewodność elektryczna właściwa badanych próbek wody wyrażona w $\mu\text{S} \times \text{cm}^{-1}$

Nr próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzescie (1)	Jezioro Tarnobrzescie (2)
1.	1051	1373	1362
2.	1053	1371	1363
3.	1050	1372	1361
Średnia	1051	1371	1362

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Zawartość chlorków mieściła się w granicach od $150,7 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$ do $184,0 \text{ mg} \times \text{dm}^{-3}$ (tab. 3). Najniższą zawartość chlorków wystąpiła w punkcie pomiarowym Jezioro Tarnobrzescie (2), natomiast najwyższą zanotowano w punkcie pomiarowym Jezioro Tarnobrzescie (1).

Średnia zawartość węglanu wapnia w badanych próbkach wody znajdowała się w przedziale od $62,70 \text{ mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ do $87,45 \text{ mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ (tab. 4). Naj-

nizsza zawartość wapnia wystąpiła w rzece Wiśle, natomiast największa w Jeziorze Tarnobrzeskim w punkcie pomiarowym numer 2.

Tabela 3. Zawartość chlorków w badanych próbkach wody wyrażona w $\text{mg} \times \text{dm}^{-3}$

Numer próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzeskie (1)	Jezioro Tarnobrzeskie (2)
1.	153,6	184,0	148,0
2.	158,0	180,0	152,0
3.	156,0	182,0	152,0
Średnia	155,9	182,0	150,7

* Wyniki podane są z dokładnością 0,1 $\text{mg} \times \text{dm}^{-3}$.

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Tabela 4. Zawartość wapnia badanych próbek wody wyrażona w $\text{mgCaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$

Numer próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzeskie (1)	Jezioro Tarnobrzeskie (2)
1.	62,20	81,51	85,80
2.	63,60	82,94	87,94
3.	62,20	82,20	88,60
Średnia	62,70	82,22	87,45

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Zasadowość zbadanych próbek wody wynosiła od 160,13 $\text{mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ do 196,83 $\text{mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ (tab. 5). Najniższą zasadowość ma punkt pomiarowy Jezioro Tarnobrzeskie (1), a najwyższą Jezioro Tarnobrzeskie (2).

Tabela 5. Zasadowość ogólna w badanych próbkach wody wyrażona w $\text{mgCaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$

Numer próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzeskie (1)	Jezioro Tarnobrzeskie (2)
1.	190,15	170,14	200,16
2.	195,16	140,11	195,16
3.	175,14	170,14	195,16
Średnia	186,82	160,13	196,83

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Twardość ogólna badanych wód powierzchniowych mieściła się w granicach od 238,59 $\text{mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ do 334,61 $\text{mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ (tab. 6). Największą twardość

zanotowano w Jeziorze Tarnobrzeskim w punkcie pomiarowym nr 2, a najniższą w rzece Wisła.

Tabela 6. Twardość ogólna w badanych próbkach wody wyrażona w $\text{mgCaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$

Nr próbki	Wisła	Jezioro Tarnobrzeskie (1)	Jezioro Tarnobrzeskie (2)
1.	240,97	324,87	334,83
2.	235,62	326,65	334,83
3.	239,18	324,87	334,17
Średnia	238,59	325,46	334,61

5. Dyskusja

Wyniki uzyskane podczas przeprowadzonych badań pozwalają wstępnie określić czystość badanych próbek wody. Badany region w ubiegłym stuleciu był zdegradowany przez tarnobrzeski przemysł [Kirejczyk, Burchard, Pantula 2009]. Na właściwości fizykochemiczne miał wpływ długi proces rekultywacji terenów pogórnicznych siarki, przeprowadzony w celu zminimalizowania negatywnego wpływu przemysłu wydobywczego.

Jedną z najważniejszych właściwości wody jest jej odczyn. To, czy woda będzie przydatna gospodarczo, zależy w dużej mierze od zachowania odpowiedniego pH. Wody kwaśne w środowisku naturalnym występują zwykle na torfowiskach, jednak niskie pH wody może być wynikiem odprowadzania kwaśnych ścieków przemysłowych. Z kolei odczyn alkaliczny może być skutkiem zanieczyszczenia wody ściekami o odczynie alkalicznym [Dojlido 1995, s. 6-7]. Odczyn wód powierzchniowych w rzece Wiśle, mieszczący się w przedziale od 8,57 do 8,61, jest wynikiem pozwalającym na sklasyfikowanie wody do II klasy czystości wód zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji wód powierzchniowych [Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2014]. Odczyn Jeziora Tarnobrzeskiego w wynosił od 8,95 do 9,15 (Jezioro Tarnobrzeskie 1) oraz od 8,82 do 8,84 (Jezioro Tarnobrzeskie 2) jest typowy dla jezior o II klasie czystości. Znaczna różnica odczynu próbek pochodzących z Jeziora Tarnobrzeskiego w głównej mierze spowodowana jest ich lokalizacją. Niskie pH analizowanej próbki wody zebranej w punkcie pomiarowym Jezioro Tarnobrzeskie (2) jest wynikiem sąsiedztwa kanału doprowadzającego wodę z Wisły, które posiadają znacznie niższy odczyn co stwierdzono analizując próbkę wody pochodzącą z Wisły.

Oznaczenie przewodności elektrycznej daje wstępne informacje na temat zawartości związków mineralnych i zasolenia [Kowalkowski i in. 2006]. Wody silnie zanieczyszczone charakteryzują się dużym stężeniem kationów i anionów [Gueguen, Dominik 2003]. Dlatego przewodność wód zdegradowanych jest bardzo wysoka. Odwrotna sytuacja ma miejsce, gdy woda jest czysta. Wyniki uzyskane podczas ba-

dania przewodnictwa elektrycznego (tab. 2) wskazują II klasę czystości wód dla próbek pobranych we wszystkich punktach pomiarowych.

Woda czysta zawiera chlorki w bardzo małych ilościach. Ich obecność w wodach powierzchniowych może pochodzić z gruntów ornych, złóż mineralnych oraz ze ścieków będących wynikiem działalności człowieka [Paluch, Pulikowski, Trybała 2001]. Uzyskane wyniki zawartości chlorków (tabela 3) mieszczą się w I klasie czystości wód powierzchniowych [Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2014]. Występująca różnica w zawartości chlorków w Jeziorze Tarnobrzeskim pomiędzy analizowanymi próbkami wody jest spowodowana znaczną odległością punktów pomiarowych oraz lokalizacją punktu pomiarowego Jezioro Tarnobrzeskie (2) w okolicy kanału doprowadzającego wodę z pobliskiej Wisły.

Woda mająca kontakt ze skałami, takimi jak: dolomity, gipsy, margle, piaskowce oraz kamienie wapienne, zwykle ma wysokie stężenie wapnia. Wapń występuje w niej w postaci wodorowęglanów lub siarczanów [Hermanowicz i in. 1999, s. 108-111]. Duże stężenie związków wapnia w wodzie może być też konsekwencją negatywnego oddziaływania człowieka na środowisko. Odpady i ścieki przemysłowe z fabryk sody często niosą ze sobą duże koncentracje tego pierwiastka. Badania wód powierzchniowych wskazały, że największe średnie stężenie wapnia w wodzie (tab. 4) stwierdzono w punktach pomiarowych Jezioro Tarnobrzeskie (1) oraz Jezioro Tarnobrzeskie (2) – odpowiednio $82,22 \text{ mg Ca} \times \text{dm}^{-3}$ i $87,45 \text{ mg Ca} \times \text{dm}^{-3}$. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jakości wód powierzchniowych oraz norm środowiskowych analizowane próbki wody cechują się I klasą czystości pod względem zawartości węglanu wapnia [Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2014]. Wyższe zawartości węglanu wapnia w próbkach pochodzących z Jeziora Tarnobrzeskiego są najprawdopodobniej konsekwencją stosowania ilów krakowieckich do zabezpieczania dna zbiornika. Skała ta należy do tzw. ilów wapnistych i charakteryzuje się znaczną zawartością węglanu wapnia.

Zdolność do zobojętniania silnych kwasów mineralnych w określonych warunkach nazywamy zasadowością wody [Chelmiński 2012]. Właściwość tę nadają wodzie obecne w niej węglany i wodorowęglany. Zwykle są to sole wapnia i magnezu, dlatego też zbadano próbki wody pod kątem zawartości węglanu wapnia. Najwyższą zasadowością cechują się punkty pomiarowe Jezioro Tarnobrzeskie (1) i Jezioro Tarnobrzeskie (2), osiągając wartość $200,16 \text{ mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$. Wysoka zasadowość powoduje, że woda ma dobre właściwości buforujące [Chelmiński 2012]. Wszystkie zbadane próbki wody wykazują II klasę czystości wód powierzchniowych.

Zawartość wapnia i magnezu (kationów dwuwartościowych) w wodzie pomaga w określeniu twardości ogólnej. Jej wartość zwykle jest uzależniona od geologii terenu, na którym znajduje się zbiornik, ale też wysoka twardość może być wynikiem dużej koncentracji zanieczyszczeń. Punkty pomiarowe (tab. 6) Jezioro Tarnobrzeskie (1) oraz Jezioro Tarnobrzeskie (2) cechują się najwyższą twardością wyrażoną jako zawartość węglanu wapnia wynoszącą odpowiednio $325,46 \text{ mg CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$

oraz 334,61 mg $\text{CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$. Wynik ten najprawdopodobniej spowodowany jest zastosowaniem ilów krakowieckich do zabezpieczenia dna Jeziora Tarnobrzkiego oraz jego ograniczoną wymiennalnością wód [Hałat 1998]. Rzeka Wisła z twardością ogólną 238,59 mg $\text{CaCO}_3 \times \text{dm}^{-3}$ zaliczana jest do II klasy czystości wód powierzchniowych [Jadach 2016, s. 1-29].

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły na wstępną ocenę jakości wód powierzchniowych na terenie miasta Tarnobrzeg. Uwzględniając charakterystykę badanego regionu, wskazano ważniejsze aspekty mówiące o czynnikach, które miały wpływ na rezultaty przeprowadzonych badań. Na podstawie uzyskanych wyników właściwości fizykochemicznych próbki wody pod względem wybranych parametrów wskazują II klasę czystości wód powierzchniowych. Oznacza to, że wody te mogą być wykorzystywane jako źródło zaopatrzenia hodowli zwierząt, wykorzystywane przez lokalną społeczność do celów rekreacji, kąpielisk oraz uprawiania sportów wodnych. Aby jednoznacznie wskazać klasę czystości wód na terenie miasta Tarnobrzeg, należy poszerzyć zakres badań zwłaszcza o badania mikrobiologiczne, zawartości metali ciężkich i obecność materiałów smolistych. Badania próbek wody posłużyły do wstępnego określenia właściwości fizykochemicznych w zbiorniku wodnym powstałym w wyniku rekultywacji byłej kopani siarki „Machów”. Szersze badania, które zostaną wykonane w przyszłości, pozwolą określić, czy jakość wód powierzchniowych regionu ulegnie zmianie, oraz jednoznacznie wskazać przynależność klasową wód powierzchniowych badanego regionu.

Literatura

- Chełmicki W., 2012, *WODA Zasoby, degradacja, ochrona*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Dojlido J., 1995, *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, 2014, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. na podstawie art. 38a ust. 3 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2012 r. poz. 145 z póź. zm.).
- Gueguen C., Dominik J., 2003, *Partitioning of trace metals between particulate, colloidal and truly dissolved fractions in a polluted river: the Upper Vistula River (Poland)*, Applied Geochemistry, Versoix.
- Hałat Z., 1998, *Woda*, Polska Agencja Ekologiczna, Medyczne Centrum Konsumenta, Warszawa.
- Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., 1999, *Fizyko-chemiczne badanie wody i ścieków*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- Jadach R., *Właściwości fizykochemiczne wód powierzchniowych Kotliny Sandomierskiej*, 2016, Wrocław.
- Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., 2009, *Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega*, Tarnobrzeg.
- Kowalkowski T., Zbytniewski R., Szpejna J., Buszewski B., 2006, *Application of chemometrics in river water classification*, Water Research.

- Kwok S., 2007, *Physics And Chemistry of the Interstellar Medium*, University Science Books, Sausalito.
- Lipińska E.J., 2011, *Powódź 2010 – Przyczyny i skutki*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów.
- Mitura T., 2015, *Zagospodarowanie terenów pogórnicych na potrzeby turystyki i rekreacji na przykładzie Jeziora Tarnobrzeskiego*, Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Paluch J., Pulikowski K., Trybała M., 2001, *Ochrona wód i gleb*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
- Razowska-Jaworek L., 2003, *Wpływ likwidacji górnictwa na środowisko wodne na przykładzie regionu częstochowskiego i górnośląskiego*, Państwowy Instytut Geologiczny.
- Siniukow W., 1987, *Woda – substancja zagadkowa*, Wydawnictwo Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Szczepański A., 1999, *Problemy hydrogeologiczne związane z likwidacją kopalń*, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego.
- Szmuc M., Madej K., 2011, *Była siarka! Co jest teraz?*, Górnictwo i Geologia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, s. 211-221.
- Szoszkiewicz K., Zgoła T., Jusik S., Hryc-Jusik B., Dawson F., Raven P., 2003, *Hydromorfologiczna ocena wód płynących – Podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey w warunkach Polski*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań-Warrington.
- Uchwała nr. XIII/168/2011 Rady Miasta Tarnobrzeg z dnia 30 czerwca 2011 r.