

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Sorbenty mineralne w inżynierii środowiska

Rok akademicki: 2015/2016 Kod: BIS-2-202-IM-s Punkty ECTS: 5

Wydział: Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Kierunek: Inżynieria Środowiska Specjalność: Inżynieria mineralna

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www: —

Osoba odpowiedzialna: dr hab. inż. Bajda Tomasz (bajda@geol.agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr hab. inż. Bajda Tomasz (bajda@geol.agh.edu.pl)  
dr hab. inż. Matusik Jakub (jmatusik@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student ma podstawową wiedzę na temat rodzajów sorbentów mineralnych i organicznych wykorzystywanych w problematyce inżynierii środowiska	IS2A_W05, IS2A_W09, IS2A_W08, IS2A_W07, IS2A_W06	Egzamin
M_W002	Student zna rodzaje surowców wykorzystywanych do produkcji sorbentów	IS2A_W09, IS2A_W08, IS2A_W07	Egzamin
M_W003	Student ma ogólną wiedzę na temat własności fizykochemicznych i powierzchniowych sorbentów mineralnych oraz metod ich analizy	IS2A_W09, IS2A_W08, IS2A_W07	Egzamin
M_W004	Student potrafi opisać przyczyny i mechanizmy sorpcji	IS2A_W09, IS2A_W07	Egzamin
M_W005	Student zna metody otrzymywania i modyfikacji właściwości powierzchniowych sorbentów mineralnych wpływających na ich zdolności sorpcyjne	IS2A_W09, IS2A_W07	Egzamin
M_W006	Student potrafi ocenić przydatność sorbentów mineralnych w metodach remediacji skażonego środowiska	IS2A_W09, IS2A_W08, IS2A_W07	Egzamin

Umiejętności			
M_U001	Student potrafi wykonać syntezę niektórych kompozytów organiczno-mineralnych oraz zaproponować prostą metodę polepszenia ich właściwości sorpcyjnych	IS2A_W09, IS2A_W07, IS2A_U16, IS2A_U09, IS2A_U08	Egzamin, Sprawozdanie
M_U002	Student umie zaprojektować i wykonać eksperyment syntezy modyfikatorów sorbentów mineralnych	IS2A_U09, IS2A_U08	Sprawozdanie
M_U003	Student potrafi zaprojektować i wykonać eksperyment sorpcji wybranych pierwiastków i związków chemicznych	IS2A_U09, IS2A_U08	Sprawozdanie
M_U004	Student potrafi interpretować wyniki badań właściwości sorpcyjnych sorbentów naturalnych i modyfikowanych	IS2A_U11, IS2A_U15, IS2A_U12	Sprawozdanie
Kompetencje społeczne			
M_K001	Student ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżyniera środowiska, szczególnie jej wpływ na środowisko naturalne oraz związaną z tym odpowiedzialność za podjęte decyzje	IS2A_K07	Sprawozdanie

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	Student ma podstawową wiedzę na temat rodzajów sorbentów mineralnych i organicznych wykorzystywanych w problematyce inżynierii środowiska	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W002	Student zna rodzaje surowców wykorzystywanych do produkcji sorbentów	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W003	Student ma ogólną wiedzę na temat własności fizykochemicznych i powierzchniowych sorbentów mineralnych oraz metod ich analizy	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W004	Student potrafi opisać przyczyny i mechanizmy sorpcji	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

M_W005	Student zna metody otrzymywania i modyfikacji właściwości powierzchniowych sorbentów mineralnych wpływających na ich zdolności sorpcyjne	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W006	Student potrafi ocenić przydatność sorbentów mineralnych w metodach remediacji skażonego środowiska	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	Student potrafi wykonać syntezę niektórych kompozytów organiczno-mineralnych oraz zaproponować prostą metodę polepszenia ich właściwości sorpcyjnych	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
M_U002	Student umie zaprojektować i wykonać eksperyment syntezy modyfikatorów sorbentów mineralnych	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi zaprojektować i wykonać eksperyment sorpcji wybranych pierwiastków i związków chemicznych	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Student potrafi interpretować wyniki badań właściwości sorpcyjnych sorbentów naturalnych i modyfikowanych	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	Student ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżyniera środowiska, szczególnie jej wpływ na środowisko naturalne oraz związaną z tym odpowiedzialność za podjęte decyzje	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

1. Klasyfikacja i ogólna charakterystyka sorbentów mineralnych (sorbenty krzemionkowe, żelaziste, ilaste, zeolity) i organicznych (4 godziny)
2. Charakterystyka surowców ze złóż Polski i świata, do produkcji sorbentów mineralnych (2 godziny)
3. Własności fizykochemiczne i powierzchniowe sorbentów mineralnych: rodzaje centrów aktywnych, zdolność wymiany jonowej (kationów i anionów), mikrostruktura, porowatość, powierzchnia właściwa, właściwości kwasowe, właściwości katalityczne (4 godzin)

4. Metody badania aktywności powierzchniowej sorbentów, ich porowatości, mikrostruktury, powierzchni rozwiniętej, pojemności jonowymiennej (2 godziny)
5. Przyczyny i mechanizmy sorpcji pierwiastków i związków chemicznych z fazy ciekłej i gazowej na różnych rodzajach sorbentów (4 godziny)
6. Metody otrzymywania, modyfikacji i uszlachetniania własności różnych grup sorbentów, przy użyciu chemicznych i fizycznych sposobów aktywacji: aktywacja kwasowa – chemizm procesu, własności kwasowe, zastosowanie; modyfikacja związkami alkalicznymi – transformacja struktury; aktywacja termiczna (4 godziny)
7. Modyfikacja właściwości powierzchniowych sorbentów mineralnych: fluoropochodne sorbentów – metody syntezy, wymiana jonowa, interkalacja smektytów polikationami hydroksymetalicznymi (2 godziny)
8. Synteza kompozytów organiczno-mineralnych o własnościach adsorpcyjnych i ich zastosowanie (4 godziny)
9. Materiały węglowe: sposób przetwarzania surowców zasobnych w węgiel organiczny, otrzymywanie węgla aktywnych (2 godziny)
10. Analiza przydatności i zastosowań sorbentów w remediacji środowisk naturalnych oraz technologiach realizowanych w inżynierii środowiska (2 godziny)

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

Prace laboratoryjne nad otrzymywaniem materiałów mineralnych o własnościach adsorpcyjnych: (1) Synteza aktywowanych kwasowo minerałów – oznaczanie kwasowych centrów aktywnych; (2) Otrzymywanie materiałów o własnościach adsorpcyjnych poprzez tzw. „podpieranie” struktur minerałów ilastych; badanie właściwości fizykochemicznych tego rodzaju adsorbentów; (3) Synteza sorbentów modyfikowanych przy użyciu związków organicznych; (4) Eksperymenty sorpcji wybranych pierwiastków i związków chemicznych.

### **Zajęcia seminaryjne**

Dyskusja zagadnień poruszanych na wykładach. Referaty z zakresu właściwości sorpcyjnych i zastosowań sorbentów mineralnych i organicznych względem wybranych pierwiastków, związków nieorganicznych i organicznych

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

ocena końcowa =  $0,4 \times$  ocena z egzaminu +  $0,3 \times$  ocena z seminarium +  $0,3 \times$  ocena z ćwiczeń laboratoryjnych

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Znajomość podstaw mineralogii i chemii nieorganicznej

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

Fijał J., Kłapyta Z., Żabiński W., Żyła M. 1980. Właściwości powierzchniowe minerałów ilastych i możliwości ich modyfikacji. *Prace Mineralogiczne*, 65, 6-48.  
Jankowska H., Świątkowski A., Starostin L., Ławrynienko-Omięczyńska J. 1991. Adsorpcja jonów na węglu aktywnym. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.  
Kłapyta Z., Żabiński W. (red.). 2008. Sorbenty mineralne Polski (praca zbiorowa). Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.  
Ościł J. 1973. Adsorpcja. PWN, Warszawa.  
Ratajczak T., Rzepa G., Bajda T. (red.) 2013. Sorbenty Mineralne – Surowce, Energetyka, Ochrona Środowiska, Nowoczesne Technologie. Wydawnictwo AGH, Kraków.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

Bajda T., Kłojzy-Karczmarczyk B., Rzepa G., Fijał J., Mazurek J. Sorpcja Cu(II), Zn(II) i Hg(II) na

- naturalnych i modyfikowanych rudach darniowych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 20 (z. spec. 2), 83–98.
- Bajda T., Kłapyta Z. 2006. Sorption of chromate by clinoptilolite modified with alkylammonium surfactants. *Mineralogia Polonica*, 37(2), 93–99.
- Bajda T., Kłapyta Z. 2013. Adsorption of chromate from aqueous solutions by HDTMA-modified clinoptilolite, glauconite and montmorillonite. *Applied Clay Science*, 86, 169–173.
- Bajda T., Mozgawa W., Manecki M., Flis J. 2011. Vibrational spectroscopic study of mimetite-pyromorphite solid solutions. *Polyhedron*, 30(15), 2479–2485.
- Bajda T., Szmit E., Manecki M. 2005. Removal of As(V) from solutions by precipitation of mimetite  $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ . W: Pawłowski L., Dudzińska M., Pawłowski A. (red.). *Environmental engineering: proceedings of the second national congress of Environmental engineering*, Lublin, Poland, 4–8 September 2005. Taylor & Francis, London, s. 119–124.
- Grela A., Bajda T., Mikuła J. 2015. Skład mineralny i właściwości teksturalne zeolitów z metakaolinu — The mineral composition and textural properties of zeolites with metakaolin. *Przemysł Chemiczny*, 94(4), 619–622.
- Kleszczewska A., Manecki M., Figuła A., Bajda T. 2009. Immobilization of  $Pb^{2+}$  using new generation glass fertilizers. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(7a), 1205–1209.
- Król M., Mozgawa W., Barczyk K., Bajda T., Kozanecki M. 2013. Changes in the vibrational spectra of zeolites due to sorption of heavy metal cations. *Journal of Applied Spectroscopy*, 80(5), 644–650.
- Matusik J., Bajda T. 2013. Immobilization and reduction of hexavalent chromium in the interlayer space of positively charged kaolinites. *Journal of Colloid and Interface Science*, 398, 74–81.
- Matusik J., Bajda T., Manecki M. 2012. Aqueous cadmium removal by hydroxylapatite and fluoroapatite. *Geology, Geophysics & Environment*, 38(4), 427–438.
- Matusik J., Bajda T., Manecki M. 2008. Immobilization of aqueous cadmium by addition of phosphates. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 1332–1339.
- Matusik, J. 2014. Arsenate, orthophosphate, sulfate, and nitrate sorption equilibria and kinetics for halloysite and kaolinites with an induced positive charge. *Chemical Engineering Journal*, 246, 244–253.
- Matusik, J., Matykowski, L. 2014. Behaviour of kaolinite intercalation compounds with selected ammonium salts in aqueous chromate and arsenate solutions. *Journal of Molecular Structure*, 1071, 52–59.
- Matusik, J., Wścisko, A. 2014. Enhanced heavy metal adsorption on functionalized nanotubular halloysite interlayer grafted with aminoalcohols. *Applied Clay Science*, 100, 50–59.
- Matykowski, L., Matusik, J. 2013. Interkalaty kaolinitu z solami amoniowymi i ich zdolność do usuwania chromianów z roztworów wodnych. Pp. 297–310. In T. Ratajczak, G. Rzepa, and T. Bajda, Eds. *Sorbenty mineralne : surowce, energetyka, ochrona środowiska, nowoczesne technologie*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Mozgawa W., Bajda T. 2006. Application of vibrational spectra in the studies of cation sorption on zeolites. *Journal of Molecular Structure*, 792–793, 170–175.
- Mozgawa W., Bajda T. 2005. Spectroscopic study of heavy metals sorption on clinoptilolite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 31, 706–713.
- Mozgawa W., Król M., Bajda T. 2009. Application of IR spectra in the studies of heavy metal cations immobilization on natural sorbents. *Journal of Molecular Structure*, 924–926, 427–433.
- Mozgawa W., Król M., Bajda T. 2011. IR spectra in the studies of anion sorption on natural sorbents. *Journal of Molecular Structure*, 993(1–3), 109–114.
- Szala B., Bajda T., Jeleń A. 2015. Removal of chromium(VI) from aqueous solutions using zeolites modified with HDTMA and ODTMA surfactants. *Clay Minerals*, 50, 103–115.
- Szala B., Bajda T., Matusik J., Zięba K., Kijak B. 2015. BTX sorption on Na-P1 organo-zeolite as a process controlled by the amount of adsorbed HDTMA. *Microporous and Mesoporous Materials*, 202, 115–123.
- Szala B., Turek P., Bajda T., Matusik J. 2013. Optymalizacja procesu syntezy organo-zeolitu. W: Szychowski D. (red.). *Młodzi dla techniki: wybrane problemy naukowo-badawcze chemii i technologii chemicznej*. Politechnika Warszawska. Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii. P.P.-H. „DRUKARNIA” Sp.z o.o., s. 109–118.
- Szala B., Turek P., Jeleń A., Bajda T. 2013. Synteza i właściwości sorpcyjne organo-zeolitów. *Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Zielonogórski*, nr 150, *Inżynieria Środowiska*, 30, 5–12.
- Szala B., Turek P., Bajda T., Matusik J., Odrzywolski, A., Czerwiński, J., Franus, W., Manecki, M. 2013. Sorpcja BTX na organozeolicie. Pp. 471–482. In T. Ratajczak, G. Rzepa, and T. Bajda, Eds. *Sorbenty*

mineralne : surowce, energetyka, ochrona środowiska, nowoczesne technologie, Wydawnictwa AGH, Kraków.

Wścisko, A., Matusik, J. 2013. Sorpcja kadmu na modyfikowanym haloizycie. Pp. 559-572. In T. Ratajczak,

G. Rzepa, and T. Bajda, Eds. Sorbenty mineralne : surowce, energetyka, ochrona środowiska, nowoczesne technologie, Wydawnictwa AGH, Kraków.

### Informacje dodatkowe

Brak

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	28 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	28 godz
Udział w zajęciach seminaryjnych	14 godz
Przygotowanie do zajęć	25 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	25 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	147 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS