SELECTIVE ADSORPTION OF MIXED POLLUTANTS ON MESOPOROUS SILICATE

Mr. Worachat Paisanjit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

การดูดซับแบบคัดเลือกของมลสารผสมบนเมโซพอรัสซิลิเกต

นายวรฉัตร ไพศาลจิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

510765

Thesis Title	SELECTIVE ADSORPTION OF MIXED POLLUTANTS ON MESOPOROUS SILICATE
By	Mr. Worachat Paisanjit
Field of Study	Environmental Management
Advisor	Patiparn Punyapalakul, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

....Dean of the Graduate School
(Associate Professor Pornpote Piumsomboon, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

....Chairman
(Chantra Tongcumpou, Ph.D.)

....Advisor
(Patiparn Punyapalakul, Ph.D.)

.... Examiner
(Associate Professor Jin Anotai, Ph.D.)

....Examiner
(Assistant Professor Khemmarath Osathaphan, Ph.D.)

....External Examiner
(Punjaporn Weschayanwiwat, Ph.D.)

วรฉัตร ไพศาลจิต : การดูดซับแบบคัดเลือกของมลสารผสมบนเมโซพอรัสซิลิเกต (SELECTIVE ADSORPTION OF MIXED POLLUTANTS ON MESOPOROUS SILICATE). อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล, 208 หน้า.

การดูดซับแบบคัดเลือกของมลสารผสม 3 ชนิด ได้แก่ โลหะหนัก (แคดเมียมและทองแดง) สีย้อมเมทิลีนบลู และสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Triton X-100) ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้มีโซพอรัสซิลิเกตชนิดหกเหลี่ยม ได้แก่ เฮกซะโกนอลมีโซพอรัสซิลิเกต (HMS) ซึ่งสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยกระบวนการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นโครงสร้างผลึกและได้ทำการต่อติดหมู่ฟังก์ชันจำนวน 3 ชนิดได้แก่ หมู่อะมิโน, หมู่เมอร์แคปโต และหมู่ออกทิล จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับในสภาวะมลสารเดี่ยว หมู่เมอร์แคปโตมีสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงที่สุดในการดูดซับแคดเมียมและทองแดงเท่ากับ 3 และ 22 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ ด้วยกระบวนการดูดซับทางเคมี ในขณะที่หมู่ซิลานอลบนตัวกลางเฮกซะโกนอลมีโซพอรัสซิลิเกต มีสัมประสิทธิ์การดูดซับ TX-100 สูงที่สุดเท่ากับ 620 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนและการรวมตัวของมลสารบนพื้นผิวชนิดมีขั้ว ในกระบวนการดูดซับสีเมทิลีนบลู หมู่ออกทิลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงที่สุดเท่ากับ 65 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากแรงดึงดูดชนิดแรงวัลเดอร์วาส์ล ในสภาวะมลสารผสม ตัวกลางดูดซับทุกชนิดมีค่าการคัดเลือกในการดูดซับของโลหะหนัก (แคดเมียมและทองแดง) สูงขึ้นเมื่อผสมกับ TX-100 ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นผิวของตัวกลางดูดซับเมื่อเกิดการดูดซับ TX-100 และมีค่าการคัดเลือกของโลหะหนัก (แคดเมียมและทองแดง) ลดลงเมื่อผสมกับสีเมทิลีนบลู ซึ่งเป็นผลมาจากการแข่งขันเพื่อเข้าถึงพื้นที่ดูดซับ ตัวกลางดูดซับทุกชนิดยกเว้นหมู่อะมิโน มีค่าการคัดเลือกในการดูดซับของ TX-100 สูงขึ้น เมื่อผสมกับสีเมทิลีนบลู ซึ่งเป็นผลมาจากการแข่งขันเพื่อเข้าถึงพื้นที่ดูดซับ และโครงสร้างของพื้นผิวที่ซับซ้อนขึ้นเนื่องจากสีเมทิลีนบลู

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต วรฉัตร ไพศาลจิต

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

5087540320 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORDS: CADMIUM / COPPER / METHYLENE BLUE / HEXAGONAL MESOPOROUS SILICATE (HMS) / ALKYLPHENOL POLYETHOXYLATE / SELECTIVE ADSORPTION

WORACHAT PAISANJIT : SELECTIVE ADSORPTION OF MIXED POLLUTANTS ON MESOPOROUS SILICATE. ADVISOR: PATIPARN PUNYAPALAKUL,Ph.D., 208 pp.

Selective adsorption of mixed pollutants; heavy metals (Cd(II) and Cu(II)), Methylene blue (MB) and Octylphenol polyethoxylate (Triton X-100®) from synthetic textile wastewater was investigated by using hexagonal mesoporous silicates (HMSs). HMSs were synthesized through surfactant templating method and three of them were grafted with organic functional groups on the surface, 3-aminopropyltriethoxy, 3-mercaptopropyl and n-octyldimethyl groups. For single solution, 3-mercaptopropyl functionalized surface had highest Cd(II) and Cu(II) adsorption capacity (3.0 and 22.0 mg/g, respectively) due to chemical adsorption, however, silanol groups on pristine HMS surface exhibited highest TX-100 adsorption capacity (up to 620 mg/g) due to hydrogen bonding and surface aggregation on hydrophilic surface. For MB adsorption, OD-HMS had highest adsorption capacity (about 65 mg/g) due to strongest van der waals interaction. For bi-solution, all of adsorbents have high selectivity for heavy metals both of Cd(II) and Cu(II) in a mixture with TX-100, which is caused by changing surface characterization of adsorbents by adsorbed TX-100. But, in a mixture with heavy metal (Cd(II) and Cu(II)) and MB, all of adsorbents had lower selectivity because of active site competition. Functionalized HMSs except A-HMS have high selectivity for TX-100 in a mixture with MB, which also might be caused by active site competition and increasing of surface complexity.

Field of Study : Environmental Management Student's Signature Worachat Paisanjit

Academic Year : 2008 Advisor's Signature P. Pl

ACKNOWLEDGEMENT

I want to express my profound gratitude to the following people who contributed to the completion of my thesis;

First of all, I would like to express my deepest and sincerest gratitude to my advisor, Dr. Patiparn Punyapalakul. I could not have completed this research without the expertise and inspirational support he provided through his invaluable comments and fruitful suggestions.

Furthermore, I gratefully acknowledge the valuable discussions and comments of the Committee Chairman, Dr. Chantra Tongcumpou, and the committee members, Assoc. Prof. Dr. Jin Anotai, Asst. Prof. Dr. Khemmarath Osathaphan and Dr. Punjaporn Weschayanwiwat.

In addition, I wish to thank the National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM), Chulalongkorn University, for the wonderful experiences and financial support during my study. I especially appreciate of the staff of the center. I would like to thank my friends who helped me while I was conducting my studies.

I am likewise thankful to laboratory staffs and I also would like to thank the officers and all of my friends at International Postgraduate Programs in Environmental Management (Hazardous Waste Management) for their help and warmth toward me throughout. Finally, I would like to take this opportunity to express my deepest appreciation and sincerest gratitude to my dear parents and my relatives for their love, understanding, consolation, and encouragement for my success in this study.

CONTENTS

Page

Page

Page

LIST OF TABLES

Table **Page**

LIST OF FIGURES

Figure **Page**

Figure **Page**

Figure **Page**

Figure **Page**

Figure **Page**

Figure **Page**

Figure **Page**

LIST OF ABBREVIATIONS

°C	Degree Celsius
AE	Alcohol Exthoxylates
APnEOs	Alkylphenol Polyethoxylates
APTES	Aminopropyltriethoxysilane
A-HMS	Amino functionalized hexagonal mesoporous silicates
BET	Brunauer-Emmett-Teller
BJH	Barrett-Joyner-Halenda
Cd(II)	Cadmium ($^{2+}$ ions)
Cu(II)	Copper ($^{2+}$ ions)
CMC	Critical micelle concentration
DDA	Dodecylamine
FT-IR	Fourier Transform Infared Spectroscopy
HMS	Hexagonal mesoporous silicates
g	Gram
hr	Hour
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy
L	Liter
LCT	Liquid Crystal Templating mechanism
MB	Methylene Blue
MPTMS	Mercaptopropyltrimethoxysilane
M-HMS	Mercapto functionalized hexagonal mesoporous silicates
M41S	Ordered mesoporous molecular sieve, number 41
MCM-41	Mobil Catalytic Material, number 41
min	Minute
mg/kg	Milligram per kilogram
mg/L	Milligram per liter
mL	Milliliter
mM	Millimolar
mol/L	Mole per liter

nm	Nanometer
OD-HMS	Alkyl functionalized hexagonal mesoporous silicates
PAC	Powdered activated carbon
pH_{zpc}	Zero point of charge
ppm	Part per million
rpm	Round per minute
$S^{\circ}I^{\circ}$	Neutral synthesis pathway
SF-HMS	Single-functional hexagonal mesoporous silicates
SPE	Solid Phase Extraction
TEOS	Tetraethly orthosilicate or Tetraethoxysilane
Ti-HMS	Titanium-substituted hexagonal mesoporous silicates
TLV	Threshold limiting values
TN	Total Nitrogen
TX-100	Triton X-100®
XRD	X-Ray Diffraction
UV	Ultraviolet
V	Volume