

รายการอ้างอิง



ภาษาไทย

- กรมควบคุมมลพิษ. 2539. กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท
โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ชาญวิทย์ สุภรานนท์รัตน์. 2543. ผลของฟลูออไรด์ในน้ำเสียต่อการดูดติดผิวของตะกั่วบนทราย
เคลือบด้วยเหล็กออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชคชัย ชะชูศรี. 2536. พืชรองเหียบพลับของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในสภาพสารละลาย
เดี่ยวต่อไร่น้ำแดง (Moina macrocopa Straus). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดลฤดี ยนต์สุวรรณ. 2547. การดูดซับแคดเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยดินลูกรัง.
โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบญจวรรณ วงศ์ศิริ. 2547. การกำจัดตะกั่วและทองแดงจากน้ำเสียโดยซัลฟิดาเจลที่ใช้แล้วเคลือบด้วย
เหล็กออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิต
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยะพร บารมี. 2547. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากยางเหลือทิ้งโดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- พนจิตร ธนสิน. 2539. การกำจัดสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวกลางทรายเคลือบ
เหล็กออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พล สาเกตอง. 2518. รายงานผลการวิจัยเรื่องการดูดซับที่ผิวของของแข็งต่อสารที่ปะปนอยู่ในน้ำ
โดยของแข็งอยู่กับที่วิธีหนึ่งและของแข็งอยู่ในลักษณะเป็นฟลูอิดไคซ์. รายงานผลการวิจัย
ทุนรัชดาภิเษกสมโภชน์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2538. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ศุภฤกษ์ รักสมบัติ. 2001. การดูดซับสารประกอบของปรอทจากไฮโดรคาร์บอนบนตัวดูดซับโลหะทรานซิชันออกไซด์.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาจพบ เนียมมาค. 2545. การดูดซับโลหะหนักบางชนิดจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยดินเบาเคลือบเหล็ก (III) ออกไซด์. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Babel, M.S., and T.A. Kumiawan. 2003. Low-Cost Adsorbent for Heavy Metal Uptake from Contaminated Water. A Review. Journal of Hazardous Material. 97:219-243.
- Benjamin, M.M., R.S. Sletten, R.P. Bailey, and T. Bennett. 1996. Sorption and filtration of metals using iron-oxide-coated sand. Water Research. 30: 2609 – 2620.
- Bois, L., A. Bonhommé, A. Ribes, B. Pais, G. Raffin and F. Tessier. 2003. Functionalized silica for heavy metal ions adsorption. Colloids and Surfaces A:Phyicochem. Eng. 221: 221 – 230.
- Cotton, F.A., G. Wilkinson, C. A. Murillo, and M. Bochmann. 1999. Advanced inorganic chemistry. 6 th ed. New York : John Wiley & Sons.
- Daniel, C.H. 2003. Quantitative Chmical Analysis. 6 th ed. New York: W.H. Freeman and Company.
- David, G.K., and L.J. Marion. 1976. Cation Adsorption by Hydrous Metal Oxides and Clay. Adsorption of Inorganics at Solid-liquid Interface. Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Diamadopoulos, E., S. Ioannidis, and G.P. Sakellaropoulos. 1993. As(V) Removal from aqueous solution by fly. Water Quality Office. 12: 1773-1777.
- Eckenfelder, W.W. 1981. Application of adsorption to wastewater treatment. Tennessee: Enviropress.
- Eckenfelder, W.W. 2000. Industrial water pollution control. 3 rd ed. Boston: McGraw-Hill.
- Edwards, M., and M.M. Benjamin. 1989. Adsorption filtration using coated sand: a new approach for treatment of metal – bearing wastes. J. Water Pollut. Control Fed. 61: 1523 – 1533.
- Edwards, M., and M.M. Benjamin. 1989. Regeneration and reuse of iron hydroxide adsorbents in treatment of metal – bearing wastes. J. Water Pollut. Control Fed. 61: 481 – 490.

- Fergusson. 1990. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon: Press.
- Ghosh, M.M. 1965. Removal of iron from ground water by filtration through coal. J. AWWA. (July): 385 – 389.
- Gushikem, Y., and S.S. Rosatto. 2001. Metal oxide thin films grafted on silica gel surface: recent advances on the analytical application of these materials. J. Braz. Chem. Soc. 12: 695 – 705.
- Katsiyannis, I. A., and A. I. Zouboulis. 2002. Removal of arsenic from contaminated water sources by sorption onto iron-oxide-coated polymeric materials. Water Research. 36: 5141 – 5155.
- Koretsky, C. 2000. The significance of surface complexation reactions in hydrologic system: a geochemistry's perspective. Journal of hydrology. 230: 127 – 171.
- Lai, C.H., C.Y. Chen, P.H. Shih, and T.H. Hsia. 2000. Competitive adsorption of copper and lead ions on an iron – coated sand from water. Water Science and Technology. 42: 149 – 154.
- Lai, C.H., S.L. Lo, and H.L. Chiang. 2000. Adsorption/desorption properties of copper ions on the surface of iron – coated sand using BET and EDAX analyses. Chemosphere. 41: 1249 – 1255.
- Lo, S.L., H.T. Jeng, and C.H. Lai. 1997. Characteristics and adsorption properties of iron – coated sand. Water Science and Technology. 35: 63 – 70.
- Meng, X., and R.D. Letterman. 1993. Effect of component oxide interaction on the adsorption properties of mixed oxides. Environ. Sci. Technol. 27: 970 – 975.
- Namasivayam C. and K. Ranganathan. 1995. Removal of Pb(II), Cd(II), Ni(II) and mixture of Metal Ions by Adsorption onto 'waste' Fe(III)/Cr(III) Hydroxide and Fixed Bed Studies. Environmental Technology. 16: 851 – 860.
- O'Neill, P. 1993. Environmental chemistry. 2nd ed. London : Chapman & Hall.
- Rahman M. A. and A.K. Ghosh. 1980. Determination of Specific Surface Area of Ferric Oxide, Alumina, and Silica Gel Powder Using Adsorption of Pyridine from *n* – Heptane Solutions. Journal of Colloid and Interface Science. 77: 50 -52.
- Sawyer, C.N., P.L. McCarty, and G.F. Parkin. 1994. Chemistry for environmental engineering. 4 ed: McGraw – Hill: New York.
- Scheidegger, A., M. Borkovec, and H. Sticher. 1993. Coating of silica sand with goethite : preparation and analytical identification. Geoderma. 58: 43 – 65.

- Schultz, M.F., M.M. Benjamin. and J.F. Ferguson. 1987. Desorption of ferrihydrite: Desorption kinetics and properties of the regenerated solid, Environ. Sci. Technol. 1, 21, 863-869.
- Schluter, T., I. Berg, M. Dorger, and G. Gercken. 1995. Effect of heavy metal ions on the release of reactive oxygen intermediates by bovine alveolar macrophages. Toxicology. 98: 47 – 55.
- Schuth, F., K.S.W. Sing, and J. Weitkamp. 2000. Handbook of porous solids. Vol. 3 and 5. U.S.A.: Wiley-VCH.
- Snoeyink. V.L., and D. Jenkins. 1980. Water chemistry. New York : Wiley.
- Sullivan, J.B., and G.R. Krieger. 1992. Hazardous materials toxicology : clinical principles of environmental health. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Sutha, K., F. Mohammad, Azizian, O. Khemurath, and O. N. Peter. 1997. Copper, Chromium, and Arsenic Adsorption and Equilibrium Modeling in An Iron – Oxide – Coated Sand, Background Electrolyte System. Water, Air, and Soil Pollution. Vol. 119.
- Szecsody, J.E. J.M. Zachara, and P.L. Bruckhart. 1994. Adsorption – dissolution reactions affecting the distribution and stability of Co^{II} EDTA in iron oxide – coated sand. Environ. Sci. Technol. 28: 1706 – 1716.
- Thurman, E.M., and M.S. Mills. 1998. Solid phase extraction. Vol. 147. Wineforder. USA. : John Wiley & Sons.
- Vanloon, G.W., and S.J. Duffy. 2000. Environmental chemistry: a global perspective. New York: Oxford University Press.
- Weichert, G. 1973. Pollution of the North Sea. Naturwissenschaften, 60, 469-472 (in German).
- Xu, Y., and L. Axe. 2004. Synthesis and characterization of iron oxide – coated silica and its effect on metal adsorption. Journal of colloid and interface science. (article in press)
- Xu, Y., F.W. Schwartz, and S.J. Traina. 1994. Sorption of Zn^+ and Cd^{2+} on Hydroxyapatite Surfaces. Environmental science & Technology. 28(8): 1472-1480.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ1 ความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลจากซิลิกาเจลที่เคลือบด้วย
เหล็กออกไซด์กับซิลิกาเจลที่ไม่เคลือบด้วยเหล็กออกไซด์

sample No.	Silica gel เคลือบเหล็กออกไซด์			Silica gel ที่ไม่ได้เคลือบเหล็กออกไซด์		
	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	จำนวน ชุดข้อมูล	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	จำนวน ชุดข้อมูล
1	3.32 \pm 0.12	75.19	6	1.00 \pm 0.04	22.91	3
2	3.07 \pm 0.13	70.60	6	0.35 \pm 0.02	8.10	3
3	3.29 \pm 0.02	68.74	9	1.80 \pm 0.16	37.59	3
4	3.04 \pm 0.09	63.41	9	1.67 \pm 0.06	34.79	3
5	3.01 \pm 0.02	62.85	9	1.73 \pm 0.0	36.19	3
6	3.39 \pm 0.08	70.70	9	1.72 \pm 0.05	35.01	3

ตารางที่ ผ2 ความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมจากซิลิกาเจลที่เคลือบ
ด้วยเหล็กออกไซด์กับซิลิกาเจลที่ไม่เคลือบด้วยเหล็กออกไซด์

sample No.	Silica gel เคลือบเหล็กออกไซด์			Silica gel ที่ไม่ได้เคลือบเหล็กออกไซด์		
	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	จำนวน ชุดข้อมูล	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	จำนวน ชุดข้อมูล
1	3.63 \pm 0.07	96.28	6	1.38 \pm 0.02	36.43	3
2	3.73 \pm 0.02	98.67	6	0.50 \pm 0.00	13.19	3
3	3.56 \pm 0.03	96.72	9	2.50 \pm 0.01	70.00	3
4	3.49 \pm 0.10	89.76	9	0.64 \pm 0.03	17.81	3
5	3.49 \pm 0.05	87.13	9	0.33 \pm 0.01	8.94	3
6	3.45 \pm 0.02	86.44	9	0.49 \pm 0.02	13.34	3

ตารางที่ ผ3 ความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมและนิกเกิลที่ระยะเวลา
สัมผัสต่างๆ

time (hrs)	Cd		Ni	
	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal
0.25	3.85 \pm 0.01	97.52	3.49 \pm 0.10	69.86
0.5	3.91 \pm 0.01	99.13	3.63 \pm 0.06	73.71
1	3.93 \pm 0.01	99.52	3.69 \pm 0.04	75.25
2	3.92 \pm 0.01	99.39	3.79 \pm 0.06	76.02
3	3.93 \pm 0.01	99.52	3.83 \pm 0.04	77.05
4	3.93 \pm 0.00	99.45	3.95 \pm 0.02	79.10

จำนวนชุดข้อมูล = 3

ตารางที่ ผ4 ความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมและนิกเกิลจากน้ำเสีย
สังเคราะห์ที่ pH ต่างๆ

pH	Cd		Ni	
	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal
pH1	0.02 \pm 0.00 ^a	0.90	0.05 \pm 0.00 ^b	1.13
pH2	0.08 \pm 0.00 ^a	2.59	0.08 \pm 0.00 ^b	1.83
pH3	1.94 \pm 0.17 ^a	49.93	1.51 \pm 0.02 ^b	36.41
pH4	3.82 \pm 0.09 ^a	96.85	3.26 \pm 0.12 ^b	69.88
pH5	3.91 \pm 0.03 ^a	97.19	3.34 \pm 0.12 ^b	70.41
pH6	3.91 \pm 0.03 ^a	97.34	3.45 \pm 0.05 ^b	80.16
pH7	3.93 \pm 0.02 ^a	97.35	3.45 \pm 0.13 ^a	76.25
pH8	3.79 \pm 0.10 ^a	93.30	3.61 \pm 0.12 ^a	84.72

^a จำนวนชุดข้อมูล = 6

^b จำนวนชุดข้อมูล = 3

ตารางที่ ๗5 ผลการชะละลายของเหล็กจากซีลิกาเจลที่ใช้แล้วเคลือบเหล็กออกไซด์ที่ pH ต่างๆของน้ำเสียสังเคราะห์แคดเมียมและนิกเกิล

pH	Cd		Ni	
	ความเข้มข้นของเหล็ก ที่พบในสารละลาย (mgFe/L) \pm SD	จำนวนชุดข้อมูล	ความเข้มข้นของเหล็ก ที่พบในสารละลาย (mgFe/L) \pm SD	จำนวนชุดข้อมูล
pH1	22.99 \pm 1.70	6	25.80 \pm 0.21	3
pH2	11.79 \pm 0.23	6	12.29 \pm 0.14	3
pH3	n.d.	9	n.d.	3
pH4	n.d.	6	n.d.	3
pH5	n.d.	6	n.d.	3
pH6	n.d.	6	n.d.	3
pH7	n.d.	9	n.d.	6
pH8	n.d.	6	n.d.	6

n.d. = ไม่สามารถตรวจพบได้

ตารางที่ ๗6 ความสามารถในการกำจัดแคดเมียมและนิกเกิลของสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ที่อุณหภูมิต่างๆ

Temp ($^{\circ}$ C)	ในสารละลาย Cd		ในสารละลาย Ni	
	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal	Adsorption capacity (mg/g) \pm SD	%Removal
30	3.96 \pm 0.02	94.22	3.44 \pm 0.05	70.94
40	4.00 \pm 0.03	95.31	3.72 \pm 0.10	76.67
50	4.01 \pm 0.03	95.60	3.88 \pm 0.14	79.94
60	4.07 \pm 0.02	97.00	4.00 \pm 0.13	82.55

จำนวนชุดข้อมูล = 6

ตารางที่ ๗7 ความสามารถในการกำจัดแคดเมียมและเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ลดลงของ
สารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีเกลือต่างๆ

Cd						
ความเข้มข้น เกลือ(M)	Adsorption Capacity (mg/g) \pm SD			%การดูดซับลดลง (%) \pm SD		
	NaCl	NaNO ₃	KNO ₃	NaCl	NaNO ₃	KNO ₃
0	3.61 \pm 0.04	3.61 \pm 0.04	3.61 \pm 0.04	-	-	-
0.01	2.13 \pm 0.02	2.19 \pm 0.02	1.79 \pm 0.01	54.95 \pm 0.39	50.55 \pm 0.36	50.76 \pm 0.54
0.05	0.38 \pm 0.01	0.62 \pm 0.01	0.43 \pm 0.02	91.85 \pm 0.39	86.08 \pm 0.34	88.08 \pm 0.54
0.10	0.29 \pm 0.02	0.38 \pm 0.00	0.18 \pm 0.02	93.79 \pm 0.39	91.44 \pm 0.00	95.14 \pm 0.54

จำนวนชุดข้อมูล = 3

ตารางที่ ๗8 ความสามารถในการกำจัดนิกเกิลและเปอร์เซ็นต์การดูดซับที่ลดลงของ
สารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีเกลือต่างๆ

Ni						
ความเข้มข้น เกลือ(M)	Adsorption Capacity (mg/g) \pm SD			%การดูดซับลดลง (%) \pm SD		
	NaCl	NaNO ₃	KNO ₃	NaCl	NaNO ₃	KNO ₃
0	3.44 \pm 0.04	3.44 \pm 0.04	3.44 \pm 0.04	-	-	-
0.01	2.40 \pm 0.07	2.36 \pm 0.06	1.85 \pm 0.07	31.17 \pm 1.86	30.73 \pm 1.84	46.13 \pm 1.91
0.05	0.56 \pm 0.00	0.68 \pm 0.00	0.34 \pm 0.00	83.87 \pm 0.00	79.97 \pm 0.03	90.11 \pm 0.00
0.1	0.11 \pm 0.00	0.33 \pm 0.00	0.11 \pm 0.00	96.77 \pm 0.00	90.42 \pm 0.00	96.7 \pm 0.00

จำนวนชุดข้อมูล = 3

ตารางที่ ๗9 ความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียม,นิกเกิล,ตะกั่ว และ ทองแดง ในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโลหะผสมหลายชนิดโดยใช้ ซิลิกาเจลใช้แล้วเคลือบด้วยเหล็กออกไซด์

metal	Adsorption Capacity mg metal / 1g Silica gel	Adsorption Capacity (mmol metal/1g Silica gel) ±SD	%Removal
Ni	0.41	0.007±0.002	8.66
Cd	0.59	0.005±0.001	11.82
Pb	3.62	0.018±0.004	89.59
Cu	2.73	0.043±0.005	55.06

ตารางที่ ๗10 แสดงความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมและนิกเกิล ในสารละลายน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ซิลิกาเจลใช้แล้วเคลือบด้วยเหล็ก ออกไซด์ รวมทั้ง%การชะละลายโลหะแคดเมียมและนิกเกิลออกมาเพื่อนำมาใช้ในรอบที่ 2, 3

ครั้งที่	Cd			Ni		
	Adsorption capacity (mg/g)±SD	%Removal	%การชะ โลหะออก	Adsorption capacity (mg/g)±SD	%Removal	%การชะ โลหะออก
1	4.25±0.01	98.34	54.78	3.58±0.00	75.28	44.18
2	2.15±0.01	43.98	46.13	0.83±0.03	17.47	40.17
3	0.43±0.05	6.25	12.30	0.25±0.04	3.32	6.42



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัชชนิชา เพ่ออ่อน เกิดเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2521 สุพรรณบุรี สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปี พ.ศ. 2543 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2546