การหาความเข้มข้นของเรดอน-222ในน้ำโดยใช้เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน ชนิดวิเคราะห์รูปร่างพัลส์

นายฤทธี มีสัตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-449-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18686717X

DETERMINATION OF Rn-222 CONCENTRATION IN WATER USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER WITH PULSE SHAPE ANALYSIS

Mr Ridthee Meesat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic year 1998

ISBN 974-332-449-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาความเข้มข้นของเรดอน-222 ในน้ำโดยใช้เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชันชนิดวิเคราะห์รูปร่างพัลส์
โดย	นาย ฤทธี มีสัตย์
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักคง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักคง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

ฤทธี มีสัตย์ : การหาความเข้มข้นของเรดอน-222 ในน้ำโดยใช้เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชันชนิดวิเคราะห์รูปร่างพัลส์ (DETERMINATION OF Rn-222 CONCENTRATION IN WATER USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER WITH PULSE SHAPE ANALYSIS) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักคง, 63 หน้า. ISBN 974-332-449-6

การหาความเข้มข้นของเรดอน-222 ระดับต่ำในน้ำ สามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชันระดับต่ำมากของ Wallac Quantulus 1220 ชนิดวิเคราะห์รูปร่างพัลส์ ด้วยการวัดรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 ในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238 การวัดที่ให้ประสิทธิภาพสูงจะต้องคำนึงถึงการลดสิ่งรบกวนขณะวัดรังสี เช่น การรบกวนของรังสีเบตาเพื่อแยกนับเฉพาะรังสีอัลฟา นอกจากนี้การลดการรบกวนจากรังสีอัลฟาของเรดิโอนิวไคล์อื่นในน้ำยังสามารถใช้การสกัดเรดอน-222 ด้วยโทลูอีน การสกัดที่ได้ผลดีนั้นจะต้องใช้โทลูอีนจำนวน 20 มิลลิลิตร จากตัวอย่างน้ำจำนวน 500 มิลลิลิตร แล้วใช้สารละลายโทลูอีนที่ได้จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมรวมกับคอกเทลจำนวน 10 มิลลิลิตร ภายในขวดแก้วบรรจุตัวอย่าง(Vial) ผลการวัดรังสีในระดับการรบกวนต่ำนี้สามารถนำไปใช้ในการวัดหาความเข้มข้นของเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น น้ำบาดาล น้ำผิวดิน น้ำประปา น้ำแร่ น้ำฝนและน้ำพุร้อน โดยมีค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดเรดอน-222 เท่ากับ 4.49×10^{-3} Bq/liter ขณะที่ใช้เวลาในการวัดตัวอย่าง 240 นาที

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C819043 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: RADON IN WATER / LOW LEVEL LIQUID SCINTILLATION / PULSE SHAPE ANALYSIS
RIDTHEE MEESAT : DETERMINATION OF RN-222 CONCENTRATION IN WATER USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER WITH PULSE SHAPE ANALYSIS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL.CO-ADVISOR: ASSIST. PROF. PANNEE PAKKONG, 63 pp. ISBN 974-332-449-6

Determinations of low level Rn-222 concentration in water was carried out by ultra low level liquid scintillation counter (Wallac Quantulus 1220) with pulse shape analysis (PSA). However, beta ray was found to be the major interference in alpha ray measurement from Rn-222 in Uranium-238 decay series. Optimum setting pulse shape analysis could minimize this interference. Moreover, the alpha measurement was also interfered from other radionuclide in water sample. Toluene was selected as the most effective solvent for Rn-222 extraction. By this method, Rn-222 was extracted from 500-ml water sample by using 20-ml toluene. Then 10 ml of the extracted toluene was mixed with 10 ml cocktail in a glass scintillation vial before measuring (alpha ray) by liquid scintillation counter. This method can also be used to measure the concentration of Rn-222 in environmental water samples such as underground, surface, tab, mineral, rain and hot spring water. The detection limit of Rn-222 was found to be $4.49X10^{-3}$ Bq/liter at 240 minutes counting time.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักคง ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของงานวิจัยมาด้วยดีตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คณาจารย์ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องวัดวิดลิควิดซินทิลเลชัน ตลอดจนเป็นสถานที่การศึกษาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณมงคล พักคง กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี และ อาจารย์สมจิตต์ ปาละกาศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณปาริชาติ หลายชูไทย และคุณอัญชัญ อ่อนเหม ที่ช่วยเหลือการพิมพ์วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนให้ทุนสำหรับอุดหนุนงานวิจัย ในการทำวิจัยมา ณ ที่นี้

ในท้ายที่สุดนี้ผู้เขียน ขอขอบคุณแด่คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ผู้ซึ่งให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 2

2 ทฤษฎี 3
2.1 ธาตุเรดอน-222 3
2.2 เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน 6
2.3 กลไกการถ่ายโอนพลังงาน 8
2.4 ตัวทำละลาย 12
2.5 สารเรืองแสง 13
2.6 เควนชิง 15
2.7 การวัดรังสีอัลฟาด้วยเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน 16
2.8 การวิเคราะห์รูปร่างของพัลส์ 21
2.9 การสกัดด้วยตัวทำละลาย 21

3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย 23
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 23
3.1.1 สารรังสี 23

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.2 สารเรืองแสง 23
3.1.3 สารเคมีทั่วไป 23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 23
3.3 การเตรียมสารละลาย 24
3.4 การหาประสิทธิภาพการวัดศึกษาหา PSA ที่เหมาะสมสำหรับวัดรังสีอัลฟา โดยใช้เครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน 24
3.4.1 การเตรียมสารละลาย Am-241 24
3.4.2 การเตรียมสารละลาย Cl-36 25
3.5 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาตรของโทลูอีนและปริมาตรของคอกเทล 26
3.6 ศึกษาหาปริมาณโทลูอีนที่เหมาะสมในการสกัดเรดอนจากตัวอย่างน้ำ 27
3.7 ศึกษาหาประสิทธิภาพของการสกัด(E_r) 28
3.8 การหาขีดจำกัดต่ำสุดของการวัด 30
3.9 การหาค่าความเข้มข้นของเรดอนจากตัวอย่างน้ำ 31
3.9.1 การเก็บน้ำตัวอย่าง 31
3.9.2 การสกัดและนับรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำ 32

4 ผลการวิจัย 34
4.1 การปรับเทียบ PSA เพื่อปรับสเกลที่เหมาะสมสำหรับวัดรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 โดยเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน 34
4.2 การหาปริมาณของโทลูอีนที่เหมาะสมในการสกัดเรดอน-222 ในน้ำ 36
4.3 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโทลูอีนกับคอกเทล Optiscint Hisafe เพื่อที่ใช้ในการวัด 37
4.4 ผลของการหาประสิทธิภาพของการวัด(E_t) 40
4.5 การหาขีดจำกัดต่ำสุดของการวัด 41
4.6 ผลของการหาปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำบาดาล 42
4.7 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำผิวดิน 45
4.8 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำพุร้อน 46
4.9 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 ในน้ำประปา 47

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.10 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำฝน 48
4.11 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวด 49

5 สรุป วิจารณ์ ผลการวิจัย 50
รายการอ้างอิง 53
ภาคผนวก 55
ก การคำนวณหาความเข้มข้นของเรดอน-222 ในตัวอย่างนำโดยการสกัดเรดอน-222 ด้วยโทลูอีน 56
ข การหาประสิทธิภาพการวัดของเครื่องลิควิดซินทิลเลชันชนิดวิเคราะห์ขนาดของพัลส์ 56
ค ลักษณะเฉพาะของคอกเทล 59
ง ลักษณะเฉพาะของเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน 60
ประวัติผู้เขียน 63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงรายละเอียดการสลายตัวจาก Uranium-238 ถึง Lead-206	3
2.2	คุณสมบัติของเรดอน-222	4
2.3	แสดงประสิทธิภาพการเกิดแสงของตัวทำละลายในการวัดด้วยเครื่องวัดลิควิ ซินทิลเลชัน	13
2.4	สารเรืองแสงลำดับที่ 1 ที่นิยมใช้ในเครื่องวัดลิควิซินทิลเลชัน	14
2.5	สารเรืองแสงลำดับที่ 1 ที่นิยมใช้ในเครื่องวัดลิควิซินทิลเลชัน	15
4.1	ผลการหา PSA ที่เหมาะสม	34
4.2	ผลของการวัดเรดอน-222 จากการสกัดด้วยโทลูอีนที่ปริมาณต่างกัน	36
4.3	ผลของค่านับรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 ที่ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ต่างๆ กันโดยใช้อัตรส่วนของโทลูอีนกับคอกเทลต่างๆ กัน	37
4.4	แสดงค่าประสิทธิภาพของการวัดเรดอน-222 จากตัวอย่างมาตรฐานของ เรเดียม-226 ความเข้มข้น 0.111, 0.37, 3.7 และ 18.5 Bq/liter	40
4.5	แสดงค่าการคำนวณขีดจำกัดต่ำสุดของการวัด	41
4.6	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น	42
4.7	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดลพบุรี	43
4.8	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนจากจังหวัดบุรีรัมย์	44
4.9	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำผิวดินในแม่น้ำจังหวัดระยอง	45
4.10	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนในเขตจังหวัดราชบุรี	46
4.11	แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำประปาห้อง 112 ภาควิชารังสี ประยุกต์ฯคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	47
4.12	แสดงปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำฝนในเขตบางเขน กรุงเทพฯ	48
4.13	แสดงปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวด	49
5.1	แสดงเปรียบเทียบปริมาณเรดอน-222 จากแหล่งน้ำต่างๆ	51

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม-238 ในธรรมชาติ	5
2.2	แสดงการวัดด้วยเทคนิคโคอินซิเดนซ์ในเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน	6
2.3	การทำงานของเครื่องลิควิดซินทิลเลชันชนิดวิเคราะห์รูปร่างพัลส์	7
2.4	แสดงกระบวนการวัดด้วยเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน	10
2.5	แสดงกระบวนการเรืองแสงของสารละลายเรืองแสง	11
2.6	แสดงกระบวนการถ่ายโอนพลังงานของสารรังสีให้กับตัวทำละลาย	11
2.7	แสดงสเปคตรัมการวิเคราะห์ขนาดของพัลส์(pulse height spectrum)	17
2.8	แสดงเปรียบเทียบสเปกตรัมของรังสีอัลฟาและรังสีเบตา	18
2.9	แสดงการทำงานของการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์รูปร่างพัลส์(PSA)	19
2.10	แสดงการทำงานของวงจรวิเคราะห์รูปร่างพัลส์(pulse shape analysis)	20
3.1	แสดงเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน	31
3.2	แสดงไวอัลแก้วชนิดซินทิลเลชัน(glass scintillation vial)	31
3.3	แสดงอุปกรณ์การสกัดเรดอน-222	32
4.1	แสดงความสัมพันธ์สเกลวิเคราะห์รูปร่างพัลส์ของ PSA กับการรบกวนของรังสีอัฟาและรังสีเบตา	35
4.2	แสดงความสัมพันธ์ของค่าการวัดเรดอน-222 กับปริมาณของโทลูอีนที่ในการสกัด	36
4.3	แสดงค่าการนับรังสีอัลฟากับอัตราส่วนต่างๆ ของโทลูอีนกับคอกเทล โดยใช้ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ที่ความเข้มข้น 0.111 และ 0.37 Bq 100 ml	38
4.4	แสดงค่าการนับรังสีอัลฟากับอัตราส่วนต่างๆ ของโทลูอีนกับคอกเทล โดยใช้ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ที่ความเข้มข้น 3.7 และ 18.5 Bq/ 100 ml	39
4.5	แสดงความสัมพันธ์ของค่านับรังสีกับประสิทธิภาพการวัดรังสีด้วยเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน	40
ข1	ผลของเควนในการวิเคราะห์ขนาดของสัญญาณ (pulse shape analysis)	57
ข2	แสดงการปรับเทียบแก้ไขเควนโดยวิธี standard channel ratio	58
ข3	แสดงการเกิดสเปกตรัมของวิธีการ external standard channel ratio	58
ค1	แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลฟาจากอเมริเซียม-241 และรังสีเบตาจากคลอรีน-36 จากเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220	61

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ค2 แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลฟาจากอเมริเซียม-241 และรังสีเบตาจากคลอรีน-36 จากเครื่องวัดลิควิดซินทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220 62