

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО РФ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО РФ ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ



IV Международная научно - практическая конференция

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ



ТОМСК
7-8 ИЮНЯ 2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО РФ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

**IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1: Ядерные реакторы и топливные циклы.

Секция 2: Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.

Секция 3: Радиационная безопасность и нераспространение ядерноопасных материалов.

Секция 4: Химическая технология редких, рассеянных, радиоактивных элементов и материалов на их основе

Секция 5: Разделение изотопов, плазменные и ионообменные технологии.

Секция 6: Подготовка специалистов для атомной промышленности.

Секция 7: Информационные технологии, автоматизация и системы управления технологическими процессами

Издательство
Томского политехнического университета
Томск, 2007

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»**

УДК 621
Ф48

Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности: сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции. –Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 174 С.
ISBN 5-98298-125-7

Сборник тезисов докладов включает материалы IV Международной научно-практической конференции «физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности. Конференция проводится на физико-техническом факультете Томского политехнического университета 7-8 июня 2007 года.

В сборник включены материалы по результатам современных исследований в области ядерного материаловедения, технологий ядерно-топливного цикла, радиационной безопасности, взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, химической технологии редких элементов, автоматизации химических и атомных производств, подготовке специалистов в области ядерных технологий и химической промышленности.

Для специалистов атомной и химической промышленности, аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

УДК 621

Редакционная коллегия

Власов В.А. – д.ф.-м.н., профессор, председатель редколлегии,
Бойко В.И. – д.ф.-м.н., профессор, заместитель председателя редколлегии,
Дьяченко А.Н. – к.т.н., доцент, учёный-секретарь редколлегии.

Шаманин И.В. – д.ф.-м.н., профессор, председатель секции 1.
Потылицин А.П. – д.ф.-м.н., профессор, председатель секции 2.
Каратаев В.Д. – к.ф.-м.н., доцент, председатель секции 3.
Жерин И.И. – к.х.н., доцент, председатель секции 4.
Вергун А.П. – д.ф.-м.н., профессор, председатель секции 5.
Дядик В.Ф. – к.т.н., доцент, председатель секции 6.
Ливенцов С.Н. – к.т.н., доцент, председатель секции 7.

Тезисы докладов издаются в авторской редакции. Авторы несут полную ответственность за достоверность информации и возможность её опубликования в открытой печати.

**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ
ГРУП «СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»**



Энергия будущего

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
Обращение к делегатам конференции**

Дорогие коллеги, делегаты конференции!

Традиционно каждое нечётное лето 7-8 июня на томской земле собирается научная элита атомно-промышленного комплекса России.

В Томске находится крупнейший центр подготовки специалистов для атомной промышленности – Физико-технический факультет Томского политехнического университета. Нет ни одного атомного предприятия нашей страны, где бы не работал выпускник ТПУ – физико-техник. За более чем полувековую историю ФТФ пополнил инженерный корпус атомной промышленности на 7 000 человек. Получив образование в Томске, специалисты вновь и вновь возвращаются на физико-технический факультет, чтобы оставить здесь новые знания, генерированные ими уже самостоятельно на производстве и в научных учреждениях.

Постепенно спонтанный обмен информацией приобрёл цивилизованную форму и превратился сначала в семинары, а затем в конференции. Большой интерес наше сообщество вызывает у зарубежных коллег. Так сформировалась возможность систематического обмена опытом названная в последствии Международной научно-практической конференцией «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности».

Секции конференции повторяют названия выпускающих специальностей физико-технического факультета ТПУ и объединяют полный спектр областей атомной промышленности – это технологии ядерно-топливного цикла, ядерное материаловедение и конструирование ядерных реакторов, взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, плазменные и ионообменные технологии, разделение изотопов, химические технологии редких рассеянных и радиоактивных элементов, автоматизация ядерно-химических производств и физико-энергетических установок.

Особенностью конференции является то, что в круг наших интересов включены не только научные и производственные проблемы, но и проблемы физико-технического образования и подготовки кадров для атомной промышленности. Впервые в регламент работы конференции внесено обсуждение проблемы нераспространения ядерного оружия и делящихся материалов.

В соответствие с директивами Президента России наше государство должно к 2025 году перешагнуть рубеж 25% доли присутствия атомной энергетики в российском топливно-энергетическом комплексе. Традиционные международные научно-практические конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности» не просто констатируют тенденции и перспективы отрасли, но также вносят свой вклад к достижению поставленной цели.

С уважением, президиум оргкомитета
Бойко В.И., Власов В.А., Дьяченко А.Н.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА Гаврилов П.М.	21
2. ИЗМЕНЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РБМК-1000 САЭС ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА УРАН-ЭРБИЕВОЕ ТОПЛИВО И МОДЕРНИЗАЦИИ СТЕРЖНЕЙ СУЗ Абаимов А.Д., Знаков Л.И., Коротышев В.В..	22
3. К РАСЧЕТУ ВОЗРАСТА НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ В МЕТАЛЛО–ВОДНЫХ СМЕСЯХ А.В. Алексеев, А.В. Кузьмин	23
4. НЕЙТРОННАЯ АКТИВНОСТЬ ОТРБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ГЛУБИНАХ ВЫГОРАНИЯ Беденко С.В., Гаврилов П.М. *, Мартынов В.В. *, Шаманин И.В.	24
5. АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА РЕАКТОРАХ ВВЭР Ю.В. Данейкин, Г.Н. Колпаков, И.М. Косолапов, Д.С. Свинухов.	25
6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РАДИАЦИОННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ В.Г.Ефимов ¹ , М.А.Федоров ²	26
7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК Д.Г. Демянюк, О.Ю. Долматов, Д.С. Исаченко	27
8. ASPEKTE DER WÄRMETECHNISCHEN AUSLEGUNG INNOVATIVER BRENNELEMENTE S. Kriger, A. Aygozhiev, K. Kugeler	28
9. ЗАМКНУТЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ. РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ Кудинов К.Г., Кравченко В.А., Барцева Ю.В.	29
10. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ОСТАНОВЛЕННОМ РЕАКТОРЕ “РУСЛАН” НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК Е.А. Парфентьев, Р.А. Полуэктов	30

11. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В МИРЕ И РОССИИ
Семенов А., Ф.П. Кошелев, О.В. Селиваникова 31
12. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙТРОННОЙ ЗАЩИТЫ
ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ОТВС ВВЭР-1000 С
ПОВЫШЕННОЙ ГЛУБИНОЙ ВЫГОРАНИЯ
Силаев М.Е., Бородич С.С., Кузнецов М.А. 32
13. РАЗВИТИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ
СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
А.Я.Столяревский 33
14. ЯДЕРНЫЙ ЭНЕРГОИСТОЧНИК В ТОМСКЕ
Тимошин С.В., Ф.П. Кошелев, О.В. Селиваникова 34
15. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО
РЕЖИМА 2-ГО КОНТУРА АЭС С ВВЭР-1000
А.В.Шутиков, В.А.Хрусталёв, Ю.М.Виграненко 35
16. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КУМАРИНОВ ПРИ
ОБЛУЧЕНИИ ИХ РАСТВОРОВ γ -ЛУЧАМИ ^{60}Co
И.Г. Антропова, А.А. Фенин, А.А. Ревина 36
17. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО
КОГЕРЕНТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ 390 МэВ/НУКЛОН ИОНОВ Ar^{17+}
А.А. Бабаев, Ю.Л. Пивоваров 37
18. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФРАГИРОВАННОГО И
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКИХ
ИЗЛУЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ Si
О.В. Богданов, К.Б. Коротченко, Ю.Л. Пивоваров 38
19. ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ
ПОЗИТРОНОВ ПРИ (100) И (111) КАНАЛИРОВАНИИ В Si ПРИ
ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ВЛЕТА И ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦ
О.В. Богданов, К.Б. Коротченко, Ю.Л. Пивоваров 39
20. ИСТОЧНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
МЕХАНИЗМА ДИФРАКЦИИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПУЧКА
МИКРОТРОНА В КРИСТАЛЛЕ
В.Н. Забаев, С.В. Разин, С.Р. Углов, С.И. Кузнецов*, А.П. Потялицын*,
А.Р. Вагнер*

**21. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕФЛЕКТОРОВ
В «ON-LINE» РЕЖИМЕ**

А.С. Гоголев*, А. П. Потылицын 41

**22. СРАВНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ТОРМОЗНОГО И
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

А.С. Гоголев*, А. П. Потылицын 42

**23. ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ МЕХНИЧЕСКИХ
ВОЗМУЩЕНИЙ В МЕТАЛЛЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОННОГО ПУЧКА**

Ю.В. Данейкин, А.В. Хадкевич, К.В. Юшицин 43

**24. ПОИСК ТЯЖЕЛЫХ НЕЙТРОННЫХ КЛАСТЕРОВ В ДЕЛЕНИИ
ЯДЕР**

В.А. Варлачев, А.А. Гарпацкий, Г.Н. Дудкин, В.Н. Падалко, В.С.
Скуридин, Е.С. Солодовников, Е.В. Чибисов, Л.П. Шура* 44

**25. ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В БЕТАТРОНЕ С
АЗИМУТАЛЬНОЙ ВАРИАЦИЕЙ ПОЛЯ В НАЧАЛЕ
ПРОЦЕССА ВЫВОДА**

Т.С. Иванилова, В.В. Кашковский 45

**26. СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВАХ
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ И МЕХАНОАКТИВАЦИИ**

В.Л. Орлов, А.В. Орлов* 46

**27. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ
ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ
МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА**

М.Е. Силаев, Д.А. Шариков 47

**28. ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-УГЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДЕТЕКТОРА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ГАММА-
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

М.Е. Силаев, Ю.А. Карпов, Д.Г. Витушкин 48

**29. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РОР И ЯО НА ЭСГ-2,5 ФГНУ» НИИ
ЯФ» ДЛЯ АНАЛИЗА ВОДОРОДА И ДЕЙТЕРИЯ В
ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ МАТЕРИАЛОВ**

В.В. Сохорева, Ю.П. Черданцев* 49

**30. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СМИТА-
ПАРСЕЛЛА P1С-КОДОМ KARAT**

К.П. Артёмов, В.В. Рыжов, Д.А. Шкитов* 50

**31. X-RAYS GENERATED BY BETATRON'S ELECTRONS IN
INTERNAL WAVEGUIDE TARGET**
V.V.Kaplin^a, V.V.Sohoreva^a, S.R.Uglov^a, O.F.Bulaev^b, A.A.Voronin^b,
M.Piestrup^c, C.Gary^c 51

**32. PARAMETRIC X-RAYS GENERATED BY ELECTRONS IN
MULTILAYER MIRRORS MOUNTED INSIDE A BETATRON**
V.V.Kaplin^a, S.R.Uglov^a, V.V.Sohoreva^a, O.F.Bulaev^b, A.A.Voronin^b,
M.Piestrup^c, C.Gary^c, M.Fuller^c 52

**33. РАДИАЦИОННОЕ ЗАРЯЖЕНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИХ ИНТЕНСИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ**
Соловьев Ю.А. 53

**34. ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС**
Авраменко В.А., Голуб А.В., Добржанский В.Г., Дмитриева Е.Э., Егорин
А.М., Железнов В.В., Сергиенко В.И., Шматко С.И. 54

**35. ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ЭДТА НА
УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ В АЗОТНОКИСЛЫХ СРЕДАХ**
Железнов В.В., Авраменко В.А., Машковский А.А., Костин В.И., Ковшун
А.А., Войт А.В., Суховерхов С.В. 55

**36. ВОЛОКНИСТЫЕ МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ
ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**
Авраменко В.А., Железнов В.В., Майоров В.Ю.,
Сокольниковская Т.А. 56

**37. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО
ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МАТРИЦЫ НА СКОРОСТЬ
СЧЁТА ПАССИВНОЙ УСТАНОВКИ НЕЙТРОННОГО КОНТРОЛЯ**
А.В. Зайцев, Е.А. Парфентьев 57

**38. К ОЦЕНКЕ МИНИМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРЮЧИЕ
ГАЗЫ ДЛЯ ИНИЦИИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ**
К.О. Сабденов 58

**39. К ОЦЕНКЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРЕНИЯ**
К.О. Сабденов 59

**40. ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНО-ОПАСНЫХ
ОБЪЕКТОВ**
Н.С. Чигирёва, М.Д. Носков 60

**41. ОБРАЩЕНИЕ С ТРИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ И
ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЦИКЛА ТРИТИЯ**

Веретенникова Г.В., Сазонов А.Б., Магомедбеков Э.П. 61

**42. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ
ЗАЩИЩЕННОСТИ ДЕЛЯЩИХСЯ
МАТЕРИАЛОВ В ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ**

А. Шмелёв, Е. Куликов, В. Апсэ, Г. Куликов, В. Артисюк* 62

**43. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ЗОЛЫ И ШЛАКА УГЛЕЙ
КУЗБАССКОГО БАСЕЙНА ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Каратаев В.Д., Маслоуков В.В.,
Мельникова Е.С., Шура Л.П. 63

**44. СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «БЕЗОПАСНОСТЬ И
НЕРАСПРОСТРАНЕНИЕ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ» - РАЗВИТИЕ
ЛУЧШИХ ТРАДИЦИЙ КАФЕДРЫ «ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ» ФТФ**

Бойко В.И., Шаманин И.В., Силаев М.Е. 64

**45. СНИЖЕНИЕ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ УРАНА С
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СТОКАМИ**

Ю. В. Островский¹, Г.М. Заборцев²,
Е.В. Выходцев³, А. Л. Хлытин³ 65

**46. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКЕТОВ
ОТЛОЖЕНИЙ УРАНА В АЭРОЗОЛЬНЫХ
ФИЛЬТРАХ**

А.Г. Устюгов, В.Ю. Попырин 66

**47. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ДЕЗАКТИВАЦИИ
НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ РЗ СХК**

Бойко В.И., Колпаков Г.Н., Колпакова Н.А.¹⁾,
Кузов В.А.²⁾ 67

**48. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ
ТОМСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИРТ-
Т**

В.М. Левицкий 68

49. РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ В ОКИСЛЕННЫХ БУРЫХ УГЛЯХ

А.И. Радченко, В.М. Левицкий, С.И. Арбузов 69

**50. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНАРОВАННОГО
ДОСТУПА НА ЯДЕРНООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Занин М.К., Исаченко Д.С. 70

51. ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Еланский Р.Б.	71
52. ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ (ЯТЦ) И ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОГО ТЕРРОРИЗМА Лажнина Н.С., Кошелев Ф.П., Селиваникова О.В.	72
53. МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В ЦЕЛЯХ ЯДЕРНОГО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ. НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ Меньших Е.Г.	73
54. НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА РАБОТЫ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА Ю.М. Федорчук	74
55. ДОГОВОР О НЕРАСПРОСТРАНЕНИИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ: ЦЕЛИ И ВОПЛОЩЕНИЕ Клочкова М.С.	75
56. ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СКОРОСТИ КОНВЕКЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА Яковлева В.С.* , Фирстов П.П.** , Каратаев В.Д.* , Астанина Е.А.*	76
57. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА РАДОНА В НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ Яковлева В.С.* , Каратаев В.Д.* , Фирстов П.П.** , Черепенников Ю.М.*	77
58. ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ОДНОКРАТНОЙ ДОЗЫ ПРИ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ А. А. Павлова	78
59. СОЧЕТАНИЕ ИНТАОПЕРАЦИОННОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ Кондратьева А.Г., Лисин В.А, Матюнин С.А.	79
60. ФТОРОАММОНИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА ИЗ ИЛЬМЕНИТА А.А. Андреев, А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко	80

**61. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО
КРЕМНИЯ ФТОРИДНЫМ СПОСОБОМ**

А.А.Андреев, А.Н.Дьяченко, Р.И.Крайденко 81

**62. ПЕРЕРАБОТКА БЕРИЛЛИЕВОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ
ФТОРИДА АММОНИЯ**

А.А.Андреев, А.Н.Дьяченко, Р.И.Крайденко 82

**63. ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЛИТА ПРИ ФТОРИРОВАНИИ КАОЛИНА
ФТОРИДОМ АММОНИЯ**

Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Лубягина Е.Е., Фролов Е.С. 83

**64. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
НЕКОТОРЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ С ФТОРИДАМИ АММОНИЯ**

А.А. Андреев, А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко,
Ю.В. Островский * 84

**65. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ РАСПЛАВА
УРАНА ОТ УГЛЕРОДА**

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С. 85

**66. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ РАСПЛАВА
УРАНА ОТ АЗОТА**

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С. 86

**67. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС
РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА ПО АЗОТУ И
УГЛЕРОДУ**

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С. 87

**68. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ В СИСТЕМЕ
ПЕНТАФТОРИД ЙОДА–ТРИФТОРИД БРОМА**

Жерин И.И., Амелина Г.Н., Оствальд Р.В.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М. 88

69. РЕКТИФИКАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ $UF_6 - IF_5 - BrF_3$

Жерин И.И., Усов В.Ф., Амелина Г.Н., Оствальд Р.В.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М. 89

**70. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРОЦЕССОВ
ДИСТИЛЛЯЦИИ И РЕКТИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ $UF_6 - IF_5 - BrF_3$**

Жерин И.И., Усов В.Ф., Амелина Г.Н., Оствальд Р.В.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М. 90

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»

71. ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ КОНДЕНСИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ – ПАР В СИСТЕМЕ UF₆ – IF₅
 Жерин И.И., Усов В.Ф., Оствальд Р.В., Амелина Г.Н., Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М. 91

72. СПОСОБ СИНТЕЗА KBrF₄ ВО ФТОРНОМ БАРБОТЕРЕ
 Жерин И.И.¹, Митькин В.Н.², Шагалов В.В.¹, Оствальд Р.В.¹, Гайдай И.В.¹, Тюлюбаев З.М.¹ 92

73. РЕКТИФИКАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ REF₆ – REF₇ – REOF₅ – HF
¹Амелина Г.Н., ¹Жерин И.И., ¹Оствальд Р.В., ¹Усов В.Ф., ²Рудников А.И. 93

74. ТЕРМОДИНАМИКА И РАСЧЕТ РАВНОВЕСНЫХ СОСТАВОВ ФАЗ В ПРОЦЕССЕ ОБЕСКРЕМНИВАНИЯ КВАРЦ-ТОПАЗОВОГО КОНЦЕНТРАТА БИФТОРИДОМ АММОНИЯ
 Андреев В.А. 94

75. СЕЛЕКЦИЯ ИЗОТОПОВ МАГНИЯ ПРИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ MgCl₂·6H₂O
 Андриенко О.С.¹, Егоров Н.Б., Индык Д.В., Цепенко Е.А., Дьяченко А.С. 95

76. ХИТИН-ХИТОЗАНОВЫЙ КОМПЛЕКС В ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МОЛИБДЕНА ИЗ РАСТВОРОВ
 Г.М. Афанасьев¹, Т.Е. Айтжанов² 96

77. СОРБЦИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROGOLD. СООБЩЕНИЕ 1.
 В.П. Дмитриенко, И.И. Жерин, А.А. Андросов, В.М. Кузьминых, М.Е. Сидоров, В.Ф. Шестаев. 97

78. СОРБЦИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROGOLD. СООБЩЕНИЕ 2.
 В.П. Дмитриенко, И.И. Жерин, А.А. Андросов, В.М. Кузьминых, М.Е. Сидоров, В.Ф. Шестаев. 98

79. ХЕМОСОРБЦИЯ ИОНОВ ЗОЛОТА АГАР-ИММОБИЛИЗИРОВАННЫМИ СУЛЬФИДАМИ МЕТАЛЛОВ
 Егоров Н.Б., Фитерер И.П., Цепенко Е.А., Дьяченко А.С. 99

80. КИНЕТИКА ЖИДКОФАЗНОГО ФТОРИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УРАНА РАСТВОРАМИ BrF₃ – HF, ClF₃ – HF
 И.И. Жерин, А.И. Савицкий, В.Ф. Усов 100

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»	
81. НАНОПОРИСТЫЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ (ОБЗОР)	
Митькин В.Н. ^{1,2} , Левченко Л.М. ¹	101
82. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ – МИКРОПРИМЕСЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ	
Заякина С. Б. ^{1,2} , Аношин Г.Н. ¹ , Митькин В.Н. ²	102
83. ПРИМЕНЕНИЕ ФТОРИДНЫХ СОЛЕВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТИТАНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА	
Карелин В.А., Каменева О.В.	103
84. УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ	
Левченко Л.М., Митькин В.Н., Шавинский Б.М., Бейзель Н.Ф.	104
85. ЗАЩИТА МОЛИБДЕНОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ СПЕКАНИИ ДИОКСИДА УРАНА ОТ ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ ДИФфуЗИИ КИСЛОРОДА И АЗОТА	
Макаров Ф.В. ¹ , Гузеев В.В. ¹ , Гузеева Т.И. ²	105
86. КИНЕТИКА СОРБЦИИ УРАНА СИЛЬНООСНОВНЫМ АНИОНИТОМ LEWATIT K 6267 ИЗ АММИАЧНО-НИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ	
Е.А. Минаева, И.Д. Трошкина, Д.А. Брыксин	106
87. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФТОРОКИСЛИТЕЛЕЙ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ (ОБЗОР)	
В.Н. Митькин	107
88. ПРИМЕНЕНИЕ EXAFS ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦИРКОНИЯ	
О.А. Ожерельев, Н.К. Мереуца.	108
89. РЕГЕНЕРАЦИЯ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФТОРИДОВ	
Д.С.Пашкевич, Ю.И.Алексеев, В.Б.Петров, Д.А.Мухортов, М.П.Камбур, В.С.Асович	109
90. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ИЗОТОПОВ	
В.И. Сачков, М.А. Казарян, О.С. Андриенко, С.Т. Кабаев, А.С. Князев, Т.Д. Малиновская, В.С. Мальков	110

- 91. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДА ЦИНКА И ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ТАБЛЕТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИНКА, ОБЕДНЕННОМУ ПО ИЗОТОПУ Zn⁶⁴**
Г.М. Скорынин, Д.Б. Кононов, О.А. Морозов,
Д.В. Тимофеев, Т.И. Гузеева 111
- 92. ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛИФОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА НЕОДИМСОДЕРЖАЩИХ МАГНИТОВ**
А.Н. Страшко, А.Ю. Водянкин 112
- 93. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕЭКСТРАКЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ¹³⁷Cs И ⁶⁰Co ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ВАКУУМНЫХ МАСЕЛ**
Д.Ю. Сунцов, Е.А. Тюпина, А.Е. Савкин* 113
- 94. ПЕРСПЕКТИВЫ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА В УВЕЛИЧЕНИИ ОБЪЁМОВ ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**
В.В. Лазарчук, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов,
В.И. Шамин, А.Н. Жиганов 114
- 95. ЭКСТРАКЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ УРАНА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИМЕСЕЙ**
В.М. Короткевич, В.В. Лазарчук, Т.Г. Шикерун, В.И. Шамин, Н.А. Михайлова, Ф.А. Дорда 115
- 96. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ УРАНИЛА И ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ТВЁРДЫХ ВЗВЕСЕЙ**
А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов, В.И. Шамин, Н.А. Михайлова,
М.В. Скуратова 116
- 97. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРАТА УРАНА В КАСКАДЕ ПРОТИВОТОЧНЫХ КОЛОНН**
М.Д. Носков, А.Д. Истоинин
В.М. Короткевич, А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун,
В.И. Шамин, Н.А. Михайлова, М.Е. Романов 117
- 98. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ ЗАКИСИ - ОКСИ УРАНА В АЗОТНОЙ КИСЛОТЕ**
А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов, В.И. Шамин,
Н.А. Михайлова, М.Е. Романов,
А.С. Буйновский, Ю.Н. Макасеев 118

**99. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ
УРАНОСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ**

Терентьев А.И., Хлытин А.Л. 119

**100. НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ СВМП НА ТИТАНОВЫЕ
ЭНДОПРОТЕЗЫ**

Филатова Л.А., Гузеева Т.И. 120

**101. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ
АНАЛИЗА ФТОРА И ЛЕТУЧИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФТОРИДОВ**

Н.А.Холодова, О.В.Лантратова,
Д.С.Пашкевич, Ю.Б.Предтеченский 121

**102. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
ОКСИДНОЙ ШИХТЫ НА ТВЁРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ЦИРКОНА**

С.В. Чижевская, О.М. Клименко,
А.М. Чекмарев, Р.М. Арасланов 122

**103. РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ
ТРАДИЦИОННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
СЫРЬЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЦИРКОНИЯ**

С.В. Чижевская, О.М. Клименко, А.М. Чекмарев, С.Ю. Савельева,
И.Ю. Чупина, А.В. Давыдов, А.В. Жуков 123

**104. ЭЛЕКТРОИНДУЦИРОВАННЫЙ ДРЕЙФ КАТИОНОВ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

И.В. Шаманин, И.В. Ломов, С.Ю. Долгополов, В.И. Пинегин 124

**105. РЕГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ МАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ
ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

В. П. Дмитриенко, Ю. Ю. Холин* 125

106. ПОЛУЧЕНИЕ НЕОДИМА ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ИЗ РАСПЛАВОВ

В. А. Гребнев, В. П. Дмитриенко 126

**107. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКАСКАДНОЙ СХЕМЫ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОКАСКАДНОЙ СХЕМЕ
ПО РАЗДЕЛЕНИЮ ИЗОТОПОВ УРАНА**

С.В. Филимонов, Г.М. Скорьнин, А.А. Орлов*, Д.Н. Голдобин 127

**108. ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ**

А.Г. Каренгин, С.В. Караваев 128

109. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ

**ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА В СРЕДАХ С
ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ**

Ю.Ю. Луценко, В.А. Власов, Ю.В. Вендеревская 129

**110. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИОННООБМЕННЫХ СМОЛ В
ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА ИЗ
РАСТВОРОВ**

Т.Е. Айтжанов¹, Г.М. Афанасьев² 130

**111. РАБОТА АМАЛЬГАМНО-ОБМЕННОЙ КОЛОННЫ
ПРИ БОЛЬШОМ ПОТОКЕ ОТБОРА**

И.А.Тихомиров, А.А.Орлов, Д.Г. Видяев, А.А.Гринюк 131

**112. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОВОЙ ЦЕНТРИФУГЕ С
ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В.А. Власов, В.Г. Бутов, А.А. Орлов,
С.Н. Тимченко, В.А. Щербин 132

**113. ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ТДС**

Д.В. Савостиков, В.А.Власов 133

**114. УРАВНЕНИЕ АМАЛЬГАМНО-ОБМЕННОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ
ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ**

И.А.Тихомиров, А.А. Орлов, Д.Г. Видяев, А.А. Гринюк 134

**115. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ
ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ГЕКСАФТОРИДА СЕРЫ**

Р.В. Сазонов, А.И. Пушкарёв, С.А. Сосновский 135

116. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ

В.Ф. Мышкин, И.А. Тихомиров, А.н. Бурдовицын, А. Панков 136

**117. НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ –
ОСНОВА БУДУЩИХ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.А. Власов, А.И. Пушкарёв, Г.Е. Ремнев,
Р.В. Сазонов, С.А. Сосновский 137

118. ПЛАЗМЕННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ УРАНА ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ

А.Г. Непомнящих, С.В. Караваев, А.Г. Каренгин 138

**119. АНАЛИЗ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ИРОТЕХНИЧЕСКИХ
СОСТАВОВ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

В.А. Власов, А.В. Астапенко 139

120. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГАЛЛАМЫ ЛИТИЯ
Д.Г. Видяев, В.А.Власов 140
121. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВУХТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ В СИСТЕМЕ ИОНИТ – РАСТВОР
С.С. Харин; А.П.Вергун 141
122. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГАЛЛАМНЫХ СИСТЕМАХ
Видяев Д.Г. 142
123. РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ И ИОНОВ С БЛИЗКИМИ СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА И ЭЛЕКТРОХРОМАТОГРАФИИ
А.В. Власов, А.П. Вергун, В.В.Смирнова 143
124. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗОТОПОВ ИЗ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ
А.П. Вергун, В.Ф. Тарасенко, В.Ф. Мышкин, Э.А. Соснин, В.С. Серебренников, А. Токмаков 144
125. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЁМКОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА
В.А. Власов, Ю.Ю. Луценко, А.С. Якимов 145
126. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ОБРАЩЕНИЕМ ПОТОКОВ ФАЗ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА
Л.И. Дорофеева 146
127. ИНИЦИИРОВАНИЕ ЦЕПНЫХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАЗМЕ
Д.В. Пономарев, А.И. Пушкарев, Р.В. Сазонов 147
128. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА В ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА В КАСКАДЕ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ
Г.М. Скорынин, А.А. Орлов*, В.В. Сенченко. 148
129. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СИБИРИ
В.И. Бойко, В.Ф. Дядик, Ф.П. Кошелев 149

**130. ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
“ИЗОТОПЫ”**

В.А. Власов, М.И. Стерхов, А.П. Вергун, А.А. Орлов, В.Ф. Мышкин,
А.Г. Каренгин 150

**131. РАЗРАБОТКА МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ НА КАФЕДРЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

В.А. Власов, Л.И. Дорофеева, А.П. Вергун 151

**132. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА
ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

А.Н. Жиганов, С.А. Карпов, И.А. Цапаева 152

**133. РОЛЬ ВОЕННЫХ КАФЕДР В СИСТЕМЕ ПОДГТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.Н. Ленский, Т.А. Шишлова 153

**134. АВТОТРОФНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

А.Д. Московченко 154

**135. УСИЛЕНИЕ РОЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ
СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МОЛОДЫХ
СПЕЦИАЛИСТОВ-АТОМЩИКОВ В ОТРАСЛИ**

И.А. Цапаева, С.А. Карпов 155

**136. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТА
УЛАВЛИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА**

С.А. Байдали, С.Н. Ливенцов 156

**137. ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА УЛАВЛИВАНИЯ
КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА**

В.Н. Береза, В.Ф. Дядик, С.А. Байдали 157

**138. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ ДЕСУБЛИМАЦИИ С
АДАПТАЦИЕЙ ПО СТЕПЕНИ ДЕСУБЛИМАЦИИ**

А.В. Вильнина, С.Н. Ливенцов, О.В. Нагайцева 158

**139. ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПФ "ОВЕН"
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АСУТП**

В.Г. Гальченко, Ю.В. Бабушкин, Г.Е. Шевелев 159

**140. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ КОЛОННОЙ
УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО
ТОПЛИВА**

А.Г. Горюнов, В.Ф. Дядик, С.Н. Ливенцов, Ю.А. Чурсин 160

141. ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
ПОЛИГОНА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО
КОМБИНАТА

В.В. Данилов¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомин², М.Д. Носков² 161

142. ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКИХ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ГОРИЗОНТАХ ПОЛИГОНА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ
СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

В.В. Данилов¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомин², М.Д. Носков² 162

143. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И
УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИГОНОМ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ
ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.И. Зыков¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомин², М.Д. Носков² 163

144. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков 164

145. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ
ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПУЛЬТА ВЕДУЩЕГО
ФИЗИКА НА ТЕРМОЯДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ КТМ

А.А. Мезенцев, К.И. Байструков, В.М. Павлов, А.В. Шарнин,
Ю.Н. Голобоков, А.В. Овчинников, С.О. Травяно 165

146. ФОРМУЛИРОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

О.В. Нагайцева 166

147. ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННО-
МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

М.Д. Носков, А.Н. Жиганов, А.Д. Истомин, А.Г. Кеслер, С.Н. Носкова,
А.А. Чеглоков 167

148. СОЗДАНИЕ ИСПОЛНЯЕМОГО МОДУЛЯ С ПОМОЩЬЮ
МАТЛАВ СОМПИЛЕР

А.Ю. Паюсов 168

149. СТАДИЙНЫЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Н. Фищенко 169

150. НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ АЭС

Е.А. Хлебус, В.Я. Дурновцев 170

151. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
РЕЗКСТАКЦИОННОЙ КОЛОННОЙ

Ю.А. Чурсин, А.Г. Горюнов, С.Н. Ливенцов 171

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Гаврилов П.М.

ФГУП «Горно-химический комбинат» г. Железногорск

Горно-химический комбинат создавался как предприятие оборонного комплекса для наработки в промышленных уран-графитовых реакторах оружейного плутония.

В условиях прекращения оборонной деятельности Горно-химический комбинат перспективы своего развития связывает с решением двух главных задач:

- сохранение и развитие комбината как мощного предприятия ядерного топливного цикла федерального значения, осуществляющего заключительную стадию, связанную с обращением с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ);

- создание и развитие производств, способных обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции гражданского назначения.

Главные задачи реализуются по следующим направлениям:

1. Совершенствование процедур и технологий обращения с ОЯТ коммерческих реакторов с расширением рынка услуг на реакторы АЭС ближнего и дальнего зарубежья.

1.1. Транспортирование и хранение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с атомных станций России, Украины и Болгарии в водоохлаждаемом хранилище.

Проведение работ по увеличению вместимости хранилища.

1.2. Расширение объема услуг по хранению ОЯТ путем строительства воздушно-охлаждаемого хранилища вместимостью до 38000т. Планируемый срок ввода в эксплуатацию пускового комплекса на 8000 т ОЯТ реакторов РБМК-1000 – 2009 г, в объеме полного развития – 2015 г.

1.3. Создание опытно-демонстрационного центра (ОДЦ) по обработке инновационных технологий переработки ОЯТ производительностью 50-100 т/год.

По результатам опытно-промышленной эксплуатации центра будут уточнены и выданы исходные данные для проектирования крупномасштабного производства по переработке ОЯТ.

2. Создание производства полупроводникового кремния (ППК).

Срок ввода в эксплуатацию пускового комплекса производительностью до 200 т/год запланирован в декабре 2007г.

В целях привлечения инвестиций для завершения строительства проводятся работы по созданию акционерного общества на базе имущественного комплекса завода полупроводникового кремния. В течение 2008-2010г.г. развитие мощностей завода по производству ППК до 2000 т/год и создание в составе завода собственного производства трихлорсилана.

ИЗМЕНЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РБМК-1000 САЭС ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА УРАН-ЭРБИЕВОЕ ТОПЛИВО И МОДЕРНИЗАЦИИ СТЕРЖНЕЙ СУЗ

А.Д. Абаимов, Л.И. Знаков, В.В. Коротышев.

Федеральное агентство по атомной энергии Концерн «Росэнергоатом»

Филиал «Смоленская атомная станция»

E-mail: Korotyshev@saes.ru;

Представлен опыт эксплуатации реакторов РБМК-1000 при модернизации активной зоны энергоблоков Смоленской атомной станции.

Рассматривается реализация основных путей совершенствования активной зоны реакторов РБМК-1000 Смоленской АЭС. Главными направлениями являются:

- совершенствование топливного цикла для уменьшения парового эффекта реактивности, улучшения эксплуатационных параметров РУ;
- модернизация СУЗ для увеличения скорости ввода отрицательной реактивности системой СУЗ в режиме аварийной защиты, уменьшения эффектов реактивности при обезвреживании КОСУЗ.

С 1999 года на САЭС приступили к внедрению нового топлива повышенного обогащения с выгорающим поглотителем - эрбием. Приводятся научно-технические основы использования эрбия. Переход на уран-эрбиевое топливо рассматривается в сочетании с другими мероприятиями по совершенствованию активной зоны: внедрению новых конструкций стержней регулирования. Реализация этих направлений идет поэтапно. Как правило, этапы растягиваются на длительное время и пересекаются друг с другом.

В докладе представлены расчетные и экспериментальные результаты по определению основных нейтронно-физических характеристик реакторов РБМК-1000 Смоленской АЭС за последние двадцать пять лет. Показаны тенденции изменения физических характеристик, определяющих ядерную безопасность реакторов:

- эффектов и коэффициентов реактивности;
- эффективности и быстродействия систем останковки;
- подкритичности в холодном разотравленном состоянии.

В результате перевода реакторов РБМК-1000 Смоленской АЭС на загрузку уран-эрбиевым топливом на сегодняшний день в основном цель внедрения данного типа топлива достигнута:

- уменьшилось количество ДП в активной зоне;
- уменьшились максимальные мощности ТВС;
- увеличилась средняя глубина выгорания топлива в активной зоне, а также глубина выгорания выгружаемого топлива;
- снизился темп перегрузок топлива.

Поэтапное внедрение новых конструкций стержней регулирования позволит уменьшить величину эффекта обезвреживания контура охлаждения СУЗ до значения меньше 1β .

К РАСЧЕТУ ВОЗРАСТА НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ В МЕТАЛЛО-ВОДНЫХ СМЕСЯХ

А.В. Алексеев, А.В. Кузьмин

Томский политехнический университет

E-mail: kuzminav@tpu.ru

В настоящей работе обсуждаются экспериментальные значения возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в металло-водных смесях, полученные Пашалем с сотрудниками на установках Международного атомного центра по испытанию защитных материалов, результаты численных расчетов методом Монте Карло и методом пространственно-угловых моментов функции распределения нейтронов и аппроксимационные зависимости экспериментальных и расчетных значений возраста.

Весьма тщательному исследованию возраста нейтронов деления до индиевого резонанса подверглась легкая вода как один из основных компонентов активной зоны тепловых ядерных реакторов. Разброс в результатах разных исследователей объясняется, на наш взгляд, прежде всего качеством моделирования источника нейтронов деления, совершенством конструкции индиевых детекторов, влиянием эффекта геометрического поглощения нейтронов, качеством подготовки воды. Экспериментальное оборудование определяет процедуру вычисления возраста и высших моментов, количество и величину вносимых поправок. Критерием совершенства проводимого эксперимента является согласованность опыта с результатами теоретического расчета по различным машинным кодам.

Эксперименты Пашаля проводились в алюминиевом баке внушительных габаритов (свыше 3 м^3), что сводило к минимуму влияние геометрических утечек. Диапазон изменения доли металла в смеси не превышал 65%, что определялось мощностью конвертора тепловых нейтронов. Значения возраста в смесях с долей металла больше 65% и для чистых металлов определялись только численно многогрупповыми программами методом пространственно-угловых моментов функции распределения нейтронов и экспериментом не подтверждены.

Расчетные данные для металлов имеют значительный разброс, что указывает на необходимость дальнейшего уточнения ядерно-физических констант, совершенствования теории и поиска альтернативных методов расчета.

Аппроксимации, полученные для смесей $\text{Zr-H}_2\text{O}$, $\text{Al-H}_2\text{O}$ и $\text{Fe-H}_2\text{O}$ в работах могут быть использованы для расчета реактора в диффузионно-возрастном приближении.

НЕЙТРОННАЯ АКТИВНОСТЬ ОТРБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ГЛУБИНАХ ВЫГОРАНИЯ

Беденко С.В., Гаврилов П.М.*, Мартынов В.В.*, Шаманин И.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

ФГУП «Горно-химический комбинат», г. Железногорск

bedenko_s@phtd.tpu.ru

Одним из путей повышения эффективности современной ядерной энергетики является увеличение выгорания топлива. В частности представляется реальным и целесообразным увеличение глубины выгорания топлива в реакторах ВВЭР-1000 до 50 МВт·сут/кг U.

Большее выгорание топлива вызовет увеличение количества аккумулированных в нем продуктов деления, что, в свою очередь, будет являться причиной изменения параметров поля ионизирующих излучений вблизи отработавшей тепловыделяющей сборки (ОТВС). Характер и количественные характеристики изменений интенсивности гамма- и нейтронного излучения ОТВС с увеличенным выгоранием представляют предмет исследований. Конечной целью таких исследований является определение требуемых изменений в конструкциях защитных сооружений и транспортных контейнеров (ТК).

Наибольшую сложность представляет проектирование защиты от нейтронного излучения. Интенсивность нейтронного излучения ОЯТ определена. Наибольший интерес представляет протекание (γ, n) реакции в ОЯТ. Источниками жесткого γ -излучения в ОЯТ является процесс спонтанного деления ядер актиноидов.

Результаты расчетов позволили установить, что:

- рост глубины выгорания приводит к росту интенсивности генерации нейтронов в результате протекания следующих процессов: спонтанное деление ядер актиноидов; протекание (α, n) реакции на ядрах кислорода; протекание (γ, n) реакции на ядрах актиноидов;
- общая нейтронная активность ОЯТ изменяется от $4.37 \cdot 10^6$ до $1.92 \cdot 10^9$ нейтр./с·т(U) при глубинах выгорания от 10 МВт·сут/кг(U) до 50 МВт·сут/кг(U) (начальное обогащение 4.4%);
- интенсивность генерации нейтронов спонтанного деления в ОЯТ возрастает быстрее, чем α -активность образующихся актиноидов. В результате с ростом глубины выгорания вклад (α, n) реакции в общую нейтронную активность ОЯТ уменьшается от 82% до 18% при изменении глубины выгорания топлива реактора ВВЭР-1000 от 10 МВт·сут/кг(U) до 50 МВт·сут/кг(U) (начальное обогащение 4.4%);
- вклад (γ, n) реакции, идущей на ядрах актиноидов, в результирующую нейтронную активность ОЯТ составляет не более 0.7% при глубине выгорания 50 МВт·сут/кг(U) (начальное обогащение 4.4%).

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА РЕАКТОРАХ ВВЭР

Томский политехнический университет

Ю.В. Данейкин, Г.Н. Колпаков, И.М. Косолапов, Д.С. Свинухов

В работе рассмотрены процессы, сопровождающие аварии с потерей теплоносителя реакторов типа ВВЭР. Среди этих процессов выделен один наиболее важный. Это пароциркониевая реакция, реализующаяся на начальной стадии и сопровождающаяся совокупностью эффектов: окисление оболочек ТВЭЛов, выделение водорода, повышение энерговыделения и температуры в оболочках. Данный процесс является универсальным с точки зрения развития любой тяжёлой аварий. Проведен анализ окисления циркониевых оболочек на основе экспериментальных и теоретических данных. За теоретическую основу взяты труды отечественных и зарубежных авторов. Практической основой являются данные эксперимента «Большая течь ВВЭР-1000», проведённого на испытательной петле ПВП-2 исследовательского реактора МИР ГНЦ РФ НИИАР. Условия этой петли являются уникальными для подобных натуральных экспериментов и не имеют аналогов.

В ходе эксперимента были воспроизведены условия характерные для 2-й и 3-й стадий МПА ВВЭР-1000 при разрыве ГЦТ. В реальном времени (с шагом 1 с) отслеживались следующие параметры: температура оболочек ТВЭЛов, температура топлива, температура теплоносителя на входе и выходе и соответственно, давление на оболочках, и энерговыделение в топливе в собственных единицах измерения. В качестве облучательного устройства использовался фильдовский канал. Измерения проведены на пяти ТВЭЛах в шести сечениях по высоте ТВС. Два ТВЭЛа, рефабрикованных из отрезков облученных ТВЭЛов штатной ТВС ВВЭР-1000, и три инструментованных необлученных ТВЭЛа. В послереакторных измерениях определена толщина окисных плёнок на внутренней и внешней поверхности оболочек. Теоретический анализ заключался в разработке формул для расчётов и обработки величин энерговыделения и толщины окисных плёнок. Расчёт их зависимостей от температуры и времени проводился численно.

Найдено, что пароциркониевая реакция вносит существенный вклад в энерговыделение. Установлено, что энерговыделение в топливе вначале подпитывает энерговыделение в оболочке, а затем отстаёт от него из-за срабатывания аварийной защиты. Сравнение измеренных и рассчитанных величин толщины окисных плёнок выявило схождение в пределах погрешности всего эксперимента. Важность процесса окисления циркониевых оболочек ТВЭЛов при авариях с потерей теплоносителя подтверждается как анализом аварийных ситуаций на водоохлаждаемых реакторах, так и расчётом в совокупности с анализом реакторных испытаний и послереакторных измерений.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РАДИАЦИОННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

В.Г.Ефимов¹, М.А.Федоров²

¹Бийский технологический институт

²ФГУП ФНПЦ «Алтай»

Крупногабаритные энергетические установки (ЭУ), являясь технически сложными и дорогостоящими объектами, требуют высокого качества проектных работ, большого объема и точности измерений при испытаниях. В практике испытаний давно проводятся измерения таких параметров как давление, тяга, температура конструктивных элементов, перемещения внешней поверхности корпуса. Сложнее обстоит дело с исследованиями и контролем функционирования в процессе работы отдельных конструктивных элементов, расположенных внутри ЭУ.

Радиационная визуализация позволяет существенно восполнить этот пробел в измерениях, т.к. является одним из наиболее информативных методов исследования внутрикамерных процессов. Метод позволяет исследовать перемещение элементов конструкции и фронта горящего топливного элемента (ТЭ) в реальном времени в области, ограниченной площадью радиационно-оптического преобразователя.

Дополнение метода вейвлет-обработкой получаемых слабоконтрастных изображений позволяет существенно повысить информативность метода. Внедрение визуализации в практику ОКР вызвано совпадением технической необходимости и технической возможности «заглянуть» внутрь крупногабаритного ЭУ в процессе его работы.

Литература:

1. Ефимов В.Г. Вейвлет-анализ результатов визуализации крупногабаритных изделий // Доклады III Всероссийской научно-практической конференции «Проектирование, отработка и испытания твердотопливных энергетических установок».- Бийск, 25-27 сентября 2003 г., С. 103-104.
2. Жарков А.С., Потапов М.Г., Демидов Г.А., Леонов Г.В. // Стендовые испытания энергетических установок на твердом топливе: Учебное пособие. Изд-во Алт. Гос. ун-та, 2001. – 281 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Д.Г. Демянюк, О.Ю. Долматов, Д.С. Исаченко

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Современное развитие атомной промышленности требует использования все более новых и совершенных материалов, обладающих определенным сочетанием свойств. Одной из перспективных материаловедческих технологий является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), основанный на способности ряда неорганических элементов вступать в экзотермическую реакцию, распространяющуюся по всему объему реакционной среды в волновом режиме. Основным преимуществом данной технологии является возможность получения материалов с заранее заданными свойствами.

Исследования в области разработки композиционных матриц, содержащих радиоактивные отходы (РАО), ведутся по направлению получения минералоподобных соединений, в которых элементы РАО структурно входят в кристаллическую решетку минерала. Примерами такой матрицы является керамика SYNROC, аналоги природных оксидных минералов Ti-Zr-Nb – ассоциаций, а также керамические матрицы на основе естественных горных пород.

В основных вариантах SYNROC-керамика включает в себя три минералоподобных соединения: голландит $BaAl_2Ti_6O_{16}$, цирконолит $CaZrTi_2O_7$ и перовскит $CaTiO_3$ [1]. Керамики, богатые цирконолитом являются перспективными матричными материалами для иммобилизации долгоживущей актинидной фракции РАО, т.к. цирконолит обладает хорошими изоморфными свойствами по отношению ко многим компонентам радиоактивных отходов [2]. Кроме того, образцы матриц полученных в режиме твердофазного горения уже достаточно хорошо изучены и имеются данные по структуре минералов, свойствам выщелачивания из матрицы активных элементов (U, Cs, Na), их фазовому составу. Сравнение свойств СВС-керамик с традиционными технологиями остекловывания РАО позволяет сделать вывод о пригодности использования синтетических минералов в качестве иммобилизационных матриц [1–2].

Литература:

1. Постников А.Ю., Леваков Е.В., Гаврилов П.И. и др. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез композиционных материалов на основе цирконолита для иммобилизации радиоактивных отходов // Физика и химия обработки материалов, №5, с.58–63, 2001.
2. Стефановский С.В., Никонов Б.С., Омеляненко Б.И. и др. Искусственные плавные материалы на основе цирконолита для иммобилизации радиоактивных отходов // Физика и химия обработки материалов, №6, с.111–117, 1997.

ASPEKTE DER WÄRMETECHNISCHEN AUSLEGUNG INNOVATIVER BRENNELEMENTE

S. Kriger, A. Aygozhiev, K. Kugeler

RWTH, Lehrstuhl für Reaktorsicherheit und –technik, Aachen, Germany

Anhand von mit dem Programm WIMSD ermittelten Temperaturkoeffizienten werden mit einem punktkinetischen Modell schnelle Reaktivitätstransienten modelliert. Dabei werden drei Brennstoffkonzepte betrachtet: konventioneller UO_2 -Brennstoff, Brennstoff mit SiC-Hüllrohr, Dispersionsbrennstoff. Die maximal erreichbaren Brennstofftemperaturen im Heißkanal und die im Brennstoff freigesetzte Energie während der Transiente werden für jedes Brennstoffkonzept abgeschätzt. Die Ergebnisse für die einzelnen Konzepte werden miteinander und mit dem jeweiligen Rechenergebnissen, die mit dem DYN3D Programm gewonnen wurden, verglichen.

ЗАМКНУТЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ. РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ

Кудинов К.Г., Кравченко В.А., Барцева Ю.В.

ФГУП «Горно-химический комбинат» г. Железногорск

Создание опытно-демонстрационного центра по переработке ОЯТ на основе инновационных технологий, а в будущем и полномасштабного производства, является одним из важнейших стратегических направлений развития ФГУП «ГХК». Выбор технологии переработки будет определяться с учетом оптимизации завершающего этапа обращения со всеми видами образующихся РАО. Одним из ключевых моментов по обращению с отходами является фракционирование ВАО, что должно обеспечить получение максимально пригодных к иммобилизации форм. САО и НАО должны подвергаться концентрированию методом упаривания и последующему цементированию в водостойкие цементные композиции.

ФГУП «ГХК» совместно с отраслевыми институтами ведет исследования в различных направлениях по обращению с РАО.

В лабораторных условиях проведено исследование технологии остекловывания реальной радиоактивной пульпы с использованием СВЧ нагрева обрабатываемого материала в объеме тигля-контейнера.

С 2002 года разрабатывается технология цементирования: начаты работы по обоснованию возможности увеличения концентрации плутония в цементированных отходах; разработана нормативно-техническая документация для обоснования инвестиций в создание долговременного хранилища цементированных отходов в горных выработках ФГУП «ГХК».

Совместно с ФГУП «ВНИИНМ» разработан и изготовлен опытный образец установки цементирования. Для проведения ресурсных испытаний в условиях радиохимического производства создается опытно-исследовательский стенд по отработке технологии и оборудования для цементирования плутонийсодержащих пульп. По результатам проверки технологии цементирования будет разработана нормативная документация для этой технологии.

С 1993 г. проводятся изыскания по нахождению подходящей площадки в Нижне-Канском гранитоидном массиве для сооружения подземного комплекса для длительного контролируемого хранения отвержденных ВАО перерабатывающего комплекса с перспективой дальнейшего окончательного захоронения.

Совместно с «ВНИПИПТ» и «ГИ «ВНИПИЭТ» выполняются работы в направлении обоснования использования подземных выработок ФГУП «ГХК» для хранения и окончательной изоляции РАО и неперерабатываемого ОЯТ. По результатам выполненных работ сделаны выводы о возможности создания объекта окончательной изоляции «короткоживущих» РАО при учете ограничений по тепловому режиму и ограниченных количеств «долгоживущих» РАО.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ОСТАНОВЛЕННОМ РЕАКТОРЕ “РУСЛАН” НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Е.А. Парфентьев, Р.А. Полуэктов (ФГУП «ПО «Маяк»)

Промышленный реактор (ПР) “Руслан” предназначен для наработки изотопов. В части перегрузки, контроля остановленного реактора, организации, проведения физических исследований и измерений он по ряду позиций сходен с серийными ВВЭР и РБМК, исследовательскими реакторами и критическими стендами. Перечислены особенности технологии реактора, формирующие этот ряд позиций, и объясняющие присущую ей уникальность. Отмечены актуальность, необходимость и сформулированы цели анализа ядерной безопасности (ЯБ). Рассмотрены подходы к оценке текущего уровня безопасности. Выбран метод анализа. Описан комплекс критериев, который рассматривается как инструмент для оперативной экспертной оценки текущего уровня безопасности. Показана корректность сопоставления реактора с другими ядерными установками (ЯУ) по указанному критерию. С учётом специфики реактора проведён развёрнутый анализ полноты охвата и строгости требований нормативных документов (НД) по ЯБ ПР по сравнению с требованиями НД по ЯБ других ЯУ. Сказано о практической значимости и достоверности результатов анализа, которые показали: не выявлено несоответствий требованиям НД по ЯБ ПР; обеспечение ЯБ реактора, в целом, отвечает современным требованиям, сформулированным и для других ЯУ; текущий уровень безопасности реактора следует признать удовлетворительным.

Литература:

1. Правила ядерной безопасности промышленных реакторов (ПБЯ-07-85). – М. : [б. и.], 1985. – 33 с.
2. Правила обеспечения безопасности комплексов промышленных реакторных установок “Руслан” и ЛФ-2 (ПОВ КПРОУ-98). – [Б. м. : б. и.], 2002. – 83 с.
3. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций (ПБЯ РУ АС-89). ПНАЭ Г-1-024-90. – М. : ЦНИИАтоминформ, 1991. – 23 с.
4. Правила ядерной безопасности исследовательских реакторов (ПБЯ-ИР-04). НП-009-04. – М. : [б. и.], 2004. – 18 с.
5. Правила ядерной безопасности критических стендов (ПБЯ-КС-04). НП-008-04. – М. : [б. и.], 2004. – 18 с.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В МИРЕ И РОССИИ

Семенов А., Ф.П. Кошелев, О.В. Селиваникова

Томский политехнический университет

В XXI веке к атомной энергетике предъявляется 5 основных требований: безопасность, утилизация плутония и недопущение его распространения, топливообеспечение, переработка и захоронение РАО, экономичность, конкурентоспособность.

Триединство качеств ядерной энергетики: огромный энергоресурсный (теплотворная способность ядерного топлива в 2-3 млн. раз больше, чем у традиционных видов), энергоэкономический (экономические показатели не зависят от места расположения) и энергоэкологический (отсутствие вредных выбросов) потенциалы, позволят выполнить эти основные требования.

На долю атомной энергетики приходится 6% мирового топливно-энергетического баланса и 17% производимой электрической энергии.

В 2006 году в 31 стране мира действовало 442 энергоблока, в стадии строительства находится 35 энергоблоков.

В 16 странах с помощью АЭС удовлетворяется более четверти потребностей в электроэнергии. Сегодня отличается стабилизация установленных мощностей АЭС в Западной Европе и США и быстрый их рост в Азии (Япония, Китай, Тайвань, Южная Корея).

Россия, как известно, является родиной ядерной энергетики: первая в мире АЭС была построена в Обнинске и запущена в эксплуатацию 27 июня 1954 г.

Сегодня на российских атомных станциях эксплуатируется 31 энергоблок. По состоянию на конец 2006 г. доля АЭС в производстве электроэнергии в России составляет около 16%.

К 2030 году доля АЭС в выработке электроэнергии в России планируется довести до 25%.

Работа российских АЭС характеризуется как безопасная и надежная. Радиационный фон на самих АЭС и прилегающих территориях соответствовал показателям нормальной эксплуатации энергоблоков и не превышал естественных природных значений.

Необходимость развития атомной энергетики продиктована стремительно нарастающей остротой ситуации на мировом энергетическом рынке, связанной с истощением и существенным удорожанием газо-нефтяных инъекций в мировую экономику.

Успешное развитие атомной энергетики обеспечивает экологическую безопасность окружающей среды и открывает хорошие перспективы будущим исследованиям специалистов в области космоса, промышленности, сельского хозяйства, медицины и т.д. Ядерные технологии способны расширить возможности человека в решении глобальных проблем XXI века.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙТРОННОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ОТВС ВВЭР-1000 С ПОВЫШЕННОЙ ГЛУБИНОЙ ВЫГОРАНИЯ

Силаев М.Е., Бородич С.С., Кузнецов М.А.

Томский политехнический университет

e-mail: silaev@k21.phtd.tpu.ru

Условия эксплуатации топлива на реакторных блоках претерпевают изменения, обусловленные желанием повысить эффективность его использования. Одним из способов повышения эффективности является переход на более продолжительные топливные кампании с повышенной глубиной выгорания топлива. Повышение глубины выгорания, в свою очередь, приводит к увеличению концентрации продуктов деления, активации и трансурановых элементов. В результате возникает неопределенность в отношении возможности обеспечить необходимую степень радиационной защиты ОТВС с помощью имеющихся транспортных контейнеров при их перевозке. Особый интерес вызывает изучение возможностей защиты контейнеров от нейтронов, так как нейтроны, обладают наибольшей проникающей способностью.

Целью работы являлась качественная оценка эффективности нейтронной защиты транспортного контейнера ОТВС ВВЭР-1000 для топлива с повышенной глубиной выгорания.

Нейтронная активность ОТВС складывается из нейтронов спонтанного деления, нейтронов, возникающих в результате (γ, n) и (α, n) реакций. Согласно результатам выполненных расчетов в нейтронную активность спонтанного деления основной вклад вносят изотопы Sm (более 99%), а так же изотопы плутония 238 и 240.

Для качественной оценки эффективности защиты был использован метод длин релаксаций в двухгрупповом приближении. Реальная конструкция системы из топливных сборок и защиты контейнера в расчетной модели заменялась источником мононаправленного равномерного потока излучения и последовательностью слоев защитных материалов. При этом поглощение нейтронов в ОТВС, также как и размножающие способности системы не учитывались.

В результате расчетов были получены соотношения для оценки активности ОТВС и зависимости активности от глубины выгорания. Расчетная оценка эффективности нейтронной защиты показала, что при повышенной глубине выгорания топлива, базовая конструкция транспортного контейнера ТК-13 может перестать удовлетворять требованиям радиационной безопасности. В качестве возможной меры, позволяющей повысить эффективность защиты предложено использовать взаимозранирование отработавших топливных сборок, достигаемое благодаря регулирование порядка их размещения в контейнере.

РАЗВИТИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Я.Столяревский

ООО «Центр КОРТЭС»

В России мотивация в развитии работ по Атомно-водородной энергетике (АВЭ) и, более широко, по Водородной экономике основывается на 3-х взаимосвязанных задачах:

- обеспечить экологически чистое производство энергии;
- заменить углеводородное горючее на транспорте и в автономных энергоисточниках;
- производить электроэнергию с высоким КПД, в пределе до 75-80 %.

Развитие этих технологий означает создание мощного многомиллиардного бизнеса по выпуску высокотехнологичного инновационного оборудования и систем нового транспорта и новых энергоустановок.

Совместно с концерном «Росэнергоатом» выполнена разработка концептуального проекта многомодульного атомно-водородного комплекса на базе высокотемпературного реактора МГР-Т с выработкой электроэнергии в прямом газотурбинном цикле и термохимическим производством водорода или его производных (метанола, диметилового эфира) общей производительностью около 0.5 млн. т в водородном эквиваленте.

Альтернативные энерготехнологии на базе высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов МГР, производящие водород и электроэнергию, позволят снизить опасную зависимость промышленных отраслей, транспорта и коммунально-бытового хозяйства от дорожающих и исчерпаемых уже в обозримом будущем природных углеводородных видов топлива. Сокращение вредных выбросов в атмосферу продуктов сжигания углеводородов и переход к энергообеспечению на основе атомно-водородной энергетики (АВЭ) станет одним из важнейших факторов дальнейшего развития ядерной энергетики. Прогнозные мировые потенциальные потребности в водороде суммарно составят на 2050 г. около 370 млн. т H₂.

ЯДЕРНЫЙ ЭНЕРГОИСТОЧНИК В ТОМСКЕ

Тимошин С.В., Ф.П. Кошелев, О.В. Селиваникова
Томский политехнический университет

Потребление энергоресурсов и электроэнергии в Томской области более чем на 60 % зависит от поставок извне. Поэтому энергетическая независимость Томского региона является ключевым вопросом, а взятие курса на достижение региональной энергетической безопасности далеко не простое дело. Бедность энергоресурсами и забота об экологии побуждают к сооружению такого типа энергоисточника, экономические показатели которого не зависят ни от его дефицитности, ни от топливной конъюнктуры, ни от места расположения.

Сравнение технико-экономических и экологических показателей ТЭС и АЭС, которое приведено в докладе, убедительно показывает преимущества АЭС. Ориентированные расчеты показали, что годовые расходы на выработку и покупку электроэнергии составляет не менее 3,5 млрд. рублей при бюджете г.Томска примерно в 5 млрд. рублей.

Аргументы атомной энергии в Сибири и Томском регионе:

- демонополизация и диверсификация энергетического производства;
- увеличение энергетического потенциала;
- наличие крупного налогоплательщика;
- снижение экологического и экономического прессинга на регион;
- снижение социальной напряженности населения (новые рабочие места для энергетиков и работников смежных областей, получение льгот на оплату тепла и электроэнергии, отчисления в процессе строительства на нужды социальной сферы;
- экономия углеводородного топлива, резкое уменьшение транспортных проблем области (независимость от угольщиков и газовиков, выделяемые лимиты газа не сжигать, а направить на ТНХК, а собственный газ продавать за пределы области);
- стабильность в поставке ядерного топлива, т.к. СХК охватывает практически всю цепочку ядерно-топливного цикла;
- возможность продавать вырабатываемую электроэнергию на прямую, минуя распределительные системы РАО ЕС России и посредников;
- возможность привлечения инвестиций на строительство из соседних энергодефицитных областей;

Томская область обладает возможностью улучшить свое энергетическое и экономическое положение, так как имеет уникальный ядерный комплекс, в который входят: наука, подготовка кадров, производственная и строительная база.

Следовательно строительства и ввод в эксплуатацию Северской (Томской) АЭС является достойным вкладом томичей в будущее своего чудесного края, в будущее всей России.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА 2-ГО КОНТУРА АЭС С ВВЭР-1000

А.В.Шутиков, В.А.Хрусталёв, Ю.М.Виграненко

Филиал ФГУП концерна “Росэнергоатом” “Балаковская атомная станция”

E-mail:npp@balaes.ru

В условиях подготовки к работе энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 на повышенном уровне мощности изменение ВХР второго контура должно быть направлено в сторону снижения скорости эрозионно-коррозионного износа (ЭКИ) теплообменных трубок ПГ.

Пониженные скорости ЭКИ важны для длительных топливных циклов, особенно, в сочетании с переходом на сверхноминальные нагрузки, для поддержания надежности и работоспособности всех ответственных элементов тепловой схемы.

Применение разнородных конструкционных материалов не позволяет поддерживать величину рН, соответствующую минимуму скорости коррозии каждого из них.

Разработанные и реализуемые в последние годы мероприятия по совершенствованию ВХР второго контура, такие как коррекционная обработка воды гидроокисью лития, морфолином, этаноламином, консервация пленкообразующими аминами, наряду с повышением плотности конденсаторов турбин и вакуумной части конденсатного тракта, внедрением автоматического химического контроля могут существенно повлиять на процесс замедления коррозионных повреждений в ПГ.

В статье приведены расчётные оценки применения этаноламинового режима на основании имеющихся данных, полученных при проведении промышленных испытаний на втором контуре второго блока Балаковской АЭС.

Применение ЭТА позволит, наряду со снижением, эрозионно-коррозионных процессов, увеличить номинальную мощность энергоблоков за счет улучшения процессов теплообмена.

Применение ЭТА позволяет снизить эрозионно-коррозионные процессы в пароконденсатном тракте и выход продуктов в ПГ. Снижение образование отложений увеличивает срок межпромывочного периода ПГ, что приведет к значительному уменьшению радиоактивных отходов в виде промывочных солевых растворов.

Введение этаноламинового режима в целом позволит улучшить экономические показатели работы энергоблока ВВЭР-1000.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КУМАРИНОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИХ РАСТВОРОВ γ -ЛУЧАМИ ^{60}Co

И.Г. Антропова, А.А. Фенин, А.А. Ревина

Российский Химико-Технологический Университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, Россия

antropovai@inbox.ru

Кумарины как представители соединений полифенольной природы привлекают внимание в качестве антиоксидантов и радиопротекторов [1]. Это связано с большим спектром их фармакологического действия на живые организмы: фотосенсибилизирующее, антикоагулянтное, спазмолитическое. Предполагают, что антиоксидантная активность кумаринов определяется их способностью нейтрализовать активные формы кислорода [2, 3] и тормозить свободно-радикальные реакции.

Задача данного исследования заключалась в изучении радиационно-химических превращений кумаринов в зависимости от природы растворителя, от структуры кумарина и от дозы облучения.

Исследования проводились спектрофотометрически на СФ-2000 в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Облучение растворов проводили на изотопной установке РХМ- γ -20 (^{60}Co) РХТУ им. Д.И. Менделеева дозой 0,5 кГр. Методами исследования биологической активности явилось радиационно-химическое моделирование окислительно-восстановительных реакций с участием кумаринов различного строения.

Получены экспериментальные данные, доказывающие, что взаимодействие кумарина происходит только с восстановительными частицами: сольватированным электроном и атомарным водородом, что позволяет предположить протекание реакции, аналогично электрехимическому восстановлению кумарина. Наличие заместителей в молекуле кумарина приводит к увеличению акцепторных свойств по отношению как к сольватированному электрону, так и к активным формам кислорода. Обнаружено различное влияние заместителей кумарина на спектры оптического поглощения в обратно-мицеллярной системе при изменении диаметра водного пула. Проведена оценка радиационно-химического выхода кумаринов.

Литература:

1. Парфенов Э.А. // Автореф. дис. докт. хим. наук в форме научного доклада. М.: Моск. гос. акад. тонкой и химической технологии, 2000. С.48.
2. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А. Окислительный стресс. Антиоксиданты и прооксиданты. М.: «Слово», 2006. – 553 с.
3. Ревина А.А. //Автореф. дис. докт. хим. наук. М.: Ин-т физ. хим., 1995.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО КОГЕРЕНТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ 390 МэВ/НУКЛОН ИОНОВ Ar^{17+}

А.А. Бабаев, Ю.Л. Пивоваров

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

При каналировании водородоподобных ионов вдоль плоскостей (либо осей) кристалла частица взаимодействует с периодическим полем плоскостей (либо осей) кристалла. Если частота такого взаимодействия (умноженная на постоянную Планка) совпадает с энергией перехода между уровнями энергии орбитального электрона, возможен резонансный переход электрона в соответствующее возбужденное состояние [1]. Этот эффект называется резонансным когерентным возбуждением (RCE). Зависимость вероятности перехода от энергии (либо продольной скорости) иона имеет четко выраженный максимум (см., например, [2], [3], [4]). В настоящее время существуют экспериментальные данные, указывающие на сильное влияние тонкой структуры уровней энергии орбитального электрона на форму резонансной кривой [5]. Однако, достаточного внимания теоретическому исследованию этого вопроса не уделялось.

В данной работе методами компьютерного моделирования исследовано влияние тонкой структуры энергетических уровней орбитального электрона ионов Ar^{17+} (390 МэВ/нуклон) на вероятность RCE при плоскостном каналировании этих ионов вдоль (220) плоскостей кристалла кремния. Рассматривался переход из основного в первое возбужденное состояние. Полученные резонансные кривые характеризуются двумя близко расположенными пиками. Дублетная структура обусловлена переходами электрона из основного состояния в состояния, отвечающие компонентам тонкой структуры первого возбужденного состояния, различающиеся значением полного момента электрона (1/2 или 3/2).

Литература:

1. Парфенов Э.А. // Автореф. дис...докт. хим. наук в форме научного доклада. М.: Моск. гос. акад. тонкой и химической технологии, 2000. С.48.
2. S. Shindo and Y. H. Ohtsuki. // Phys. Rev. B, 1976, 14, №9, 3929-3932.
3. Оцуки Ё.-Х. Взаимодействие заряженных частиц с твердыми телами. М.: Мир, 1985. 280 с.
4. V. V. Okorokov. // В сб. Interaction of the 8-th Japan-Russia international symposium on interaction of fast charged particles with solids, Kyoto, Japan, 24-30 November 2002, Quantum Science and Engineering Center, Kyoto university, 2003.
5. T. Azuma, T. Ito, Y. Takabayashi, K. Komaki, Y. Yamazaki, E. Takada, and T. Murakami. // Physica Scripta, 2001, T92, 61-64.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФРАГИРОВАННОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ Si

О.В. Богданов, К.Б. Коротченко, Ю.Л. Пивоваров
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Впервые взаимодействие рентгеновского излучения при каналировании и параметрического рентгеновского излучения (PXR) релятивистских электронов обсуждалась в [1, 2-3] в рамках кинематической теории дифракции рентгеновских лучей. Позже, в модели динамической теории, была предложена более детальная теория [4]. Возникающий комбинационный эффект был назван в [4] DCR (Diffracted Channeling Radiation).

В докладе представлены результаты численных расчетов угловых распределений DCR+PXRC (PXRC это PXR при каналировании) для следующих условий: электроны с $\gamma = 100$ каналируют вдоль (110)-плоскостей Si, фотоны испускаются вблизи угла Брэгга $\theta_B = \pi/8$ в результате $(1\bar{1}\bar{1})$ -дифракции. При расчетах учитывались все возможные переходы между подбарьерными энергетическими уровнями поперечного движения каналированных электронов и начальные заселенности всех энергетических зон.

Результаты:

- Угловое распределение DCR+PXRC имеет очень специфическую структуру (согласующуюся с [4] для случая равновероятных заселенностей).
- Структура углового распределения DCR сильно зависит от угла падения электронов (позитронов) θ_0 и при $\theta_0 > \theta_L$ (критический угол каналирования) трансформируется в структуру PXR.
- Угловые распределения DCR+PXRC для электронов и позитронов значительно отличаются.

Литература:

1. V.G. Baryshevsky and I.Ya. Dubovskaya // J. Phys. 1983. С 16. P. 3663.
2. T.Ikeda, Y.Matsuda, H.Nitta, Y.H.Ohtsuki // Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. 1996. B115. P. 380-383.
3. Y.Matsuda, T.Ikeda, H.Nitta, H.Minowa, Y.H.Ohtsuki // Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. 1996. B115. P. 396-400.
4. R.Yabuki, H.Nitta, T.Ikeda, Y.H.Ohtsuki // Physical Review B. 2001. V.63. P. 174112.

ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОЗИТРОНОВ ПРИ (100) И (111) КАНАЛИРОВАНИИ В Si ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ВЛЕТА И ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦ

О.В. Богданов, К.Б. Коротченко, Ю.Л. Пивоваров

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Впервые характеристики излучения позитронов при плоскостном каналировании вдоль плоскостей (100) и (110) кристаллов алмаза, кремния и германия детально исследованы в работе [1] с помощью аппроксимации потенциала отдельной кристаллографической плоскости простой функцией типа «перевернутая парабола». Однако, при каналировании вдоль так называемых двойных плоскостей (111) аналитическое рассмотрение затруднено и имеет смысл использовать численные методы. Это может быть либо модель бинарных столкновений [2], либо использование реального плоскостного потенциала для численного решения уравнений движения. В работе использован второй метод, в рамках которого:

- Потенциалы рассчитаны по модели [3].
- Траектории и скорости частиц получены численным интегрированием уравнений движения, без учета деканалирования.
- Фурье-компоненты скорости, необходимые для расчета спектров излучения, определены численно.

Получены следующие результаты:

- Исследованы различия спектров излучения для характерных траекторий при (111) и (100) каналировании
- Исследовано формирование наблюдаемых спектров излучения при усреднении по точкам влета в кристалл.
- Изучена эволюция спектров излучения в зависимости от энергии пучка в диапазоне 100-800 МэВ.
- Изучена эволюция спектров излучения в зависимости от угла влета в кристалл.

Литература:

1. Байер В.Н., Катков В. М., Страховенко В. М.. Электромагнитные процессы при высокой энергии в ориентированных кристаллах. – Новосибирск: Наука, 1989 – 400 с.
2. Теория излучения релятивистских частиц. Под ред. В.А. Бордовицина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. (Глава 7) – 576 с.
3. Kh. Chouffani. Ph.D Thesis. The Catholic University of America. Washington D.C. 1995

ИСТОЧНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ДИФРАКЦИИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПУЧКА МИКРОТРОНА В КРИСТАЛЛЕ

В.Н. Забаев, С.В. Разин, С.Р. Углов, С.И. Кузнецов*, А.П. Потылицын*,
А.Р. Вагнер*

ФГНУ «НИИ ЯФ», г. Томск, Россия

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последние годы в научной литературе обсуждается вопрос об использовании процессов генерации параметрического рентгеновского излучения и дифрагированного тормозного излучения (ДТИ) в кристаллах для создания источника монохроматического рентгеновского излучения с перестраиваемой длиной волны.

Для изучения этого вопроса в НИИ ЯФ был поставлен ряд экспериментов по изучению оптимальных параметров конвертера и кристалла монохроматора. Эксперименты проводились на электронном пучке микротрона с энергией $E=5,7$ МэВ. Поток тормозного излучения (ТИ) генерировался в алюминиевом конвертере, толщина которого составляла 125 мкм. В качестве монохроматора использовали кристаллы пиролитического графита (002) с мозаичностью не хуже ~ 4 мрад, толщиной 350 мкм и вольфрама (111) с мозаичностью $\sim 0,3$ мрад, толщиной 100 мкм. Кристаллы устанавливались в геометрии Брэгга. Угол между большой гранью кристалла и направлением потока ТИ составлял $\theta = \theta_B = 30^\circ$. Отраженные в результате дифракции фотоны ДТИ регистрировались рентгеновским полупроводниковым спектрометром, с энергетическим разрешением не менее 300 эВ по энергии 8,046 кэВ, установленным под углом $\theta_D = 2 \cdot \theta_B = 60^\circ$.

В ходе эксперимента получены линии монохроматического рентгеновского излучения на графите с разрешением 340 эВ по энергии 7,29 кэВ и на вольфраме с разрешением 350 эВ по энергии 13,61 кэВ в результате процесса дифракции тормозного излучения в кристаллах.

Исходя из результатов эксперимента и теоретических расчетов, можно сделать вывод, что источник рентгеновского излучения на основе механизма ДТИ является конкурентоспособным ныне используемым источникам в некоторых аспектах его применения. Главным отличием, которого является возможность плавного изменения энергии излучения. Изменением угла ориентации кристалла можно получить монохроматическое излучение в диапазоне от 7 до 50 кэВ, используя кристалл W(111) и от 3,5 до 26 кэВ, используя кристалл пиролитического графита (002). Использование таких источников может повысить контраст получаемого изображения в рентгенографии и снизить дозовую нагрузку на организм пациента.

Работа поддержана грантом: РФФИ № 05-09-50244, РФФИ № 06-02-81016-Бел_a.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕФЛЕКТОРОВ В «ON-LINE» РЕЖИМЕ

А.С. Гоголев*, А. П. Потылицын

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

*E-mail: alextpuftf@tpu.ru

На современных и проектируемых протонных ускорителях (например, Тэватрон, J-PARC, LHC) существует проблема вывода интенсивных пучков, которая может быть решена с использованием так называемых кристаллических дефлекторов (изогнутых кристаллов), при использовании которых необходимо проводить оперативный контроль состояния кристаллического дефлектора. Например, проектная интенсивность протонного пучка ускорителя J-PARC составляет $\sim 10^{14}$ в секунду. Пучки высоких энергий и большой интенсивности, проходя через дефлектор, теряют значительное количество энергии в локальной области около оси пучка, через механизм ионизационных потерь что приводит к значительному тепловому нагреву данной области. Быстрое выделение энергии в локальной области дефлектора может привести к изменению его кристаллической структуры, радиационному повреждению или разрушению. Для пучков столь высокой интенсивности в настоящее время отсутствуют исследования по радиационной стойкости обычно используемых в качестве дефлекторов кристаллов кремния.

В работе предлагается новый метод контроля характеристик кристаллических дефлекторов на основе параметрического рентгеновского излучения. Предлагаемая методика дает возможность on-line мониторинга радиационного нагрева, сохранности кристаллической структуры дефлектора, в локальной области взаимодействия пучка с дефлектором, и измерение радиуса изгиба дефлектора.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов
РФФИ 06-02-81016-Бел_а, 05-08-50244-а, Минобрнауки № 2.1.1.889.

СРАВНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРМОЗНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.С. Гоголев*, А. П. Потылицын

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

*E-mail: alextpuff@tpu.ru

В работе проведен сравнительный анализ рентгеновских источников на основе рентгеновской трубки и параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) электронов компактного электронного ускорителя. Предложенная схема генерации параметрического излучения умеренно релятивистским электронным пучком, основанная на кинематической группировке линии ПРИ, оказалась конкурентоспособной в некоторых аспектах. Во-первых, монохроматичность и возможность плавно изменять энергию ПРИ позволит увеличить разрешение исследуемого объекта. Во-вторых, дозовая нагрузка на объект уменьшается на порядок. В-третьих, интенсивность монохроматического рентгеновского излучения такого же порядка что и у рентгеновской трубки (см. рис. 1) достигается при значительно меньших энергозатратах.

Источник монохроматического рентгеновского излучения на базе компактного электронного ускорителя с энергией пучка 6 МэВ и средним током порядка 100 мкА ($W_{\text{пучка}} = 0,6$ кВт) с использованием ПРИ перекрывает энергетический диапазон от 6 до 130 кэВ с шириной линии 280 эВ и интенсивностью порядка 10^4 фотон/с. Для источника на базе рентгеновской трубки с монохроматором, чтобы выйти на аналогичные характеристики необходима мощность от 2 до 13 кВт [1].

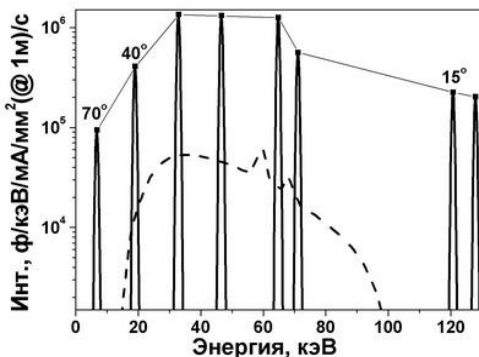


Рис. 1. Нормированные спектры ПРИ (сплошные линии), возбуждаемое электронами с энергией 6 МэВ в кристалле вольфрама, и ТИ (штрихованная линия) из вольфрама от электронов 100 кэВ. В расчёте предполагалось, что разрешение детектора 300 эВ и апертура 10^{-6} ср

Литература:

1. V. Arkadiev, H. Bräuninger, et al. NIMA 455 (2000) 589-595

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В МЕТАЛЛЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОННОГО ПУЧКА

Ю.В. Данейкин, А.В. Хадкевич, К.В. Юшицин

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Взаимодействие мощного ионного пучка (МИП) диапазона плотностей мощности $10^7 \dots 10^9$ Вт/см² с металлическим поглотителем сопровождается большим количеством возбуждаемых процессов: высокоскоростной нагрев, фазовые переходы, плазмообразование, генерация акустических и ударных волн и других [1, 2]. Экспериментальные исследования быстропротекающих явлений в такой системе затруднены и как правило ориентированы на конечный результат. Прогнозируемость результатов действия МИП на металл может достигаться только при детализации динамики системы «МИП – металл», что возможно только в рамках компьютерного моделирования.

На основе авторских гидродинамических кодов реализующих физико-математическую модель упругопластической среды испытывающей мощное импульсное воздействие [3] проведена серия численных экспериментов. Рассмотрены механизмы генерации импульса механических возмущений, определяющие структуру переднего фронта упруго-пластического импульса. Исследованы процессы формирования импульсов механического возмущения, генерируемых в металлической пластине при воздействии МИП различных плотностей мощности. Последняя варьировалась изменением плотности ионного тока при фиксированных значениях энергии ионов. Формы импульсов ускоряющего напряжения и плотности тока соответствуют параметрам, полученным на ускорителе ВЕРА [4]. Рассматривались пучки различного компонентного состава (парциальных долей ионов углерода и протонов).

Литература:

1. Бойко В.И., Скворцов В.А., Фортвов В.Е., Шаманин И.В. Взаимодействие импульсных пучков заряженных частиц с веществом. – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
2. Кянель Г.И., Разоренов С.В., Уткин А.В., Фортвов В.Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. – М.: Янус-К, 1996. – 408 с.
3. В.И. Бойко, Ю.В. Данейкин, А.В. Хадкевич, К.В. Юшицин Влияние механизмов генерации на профиль импульса механических напряжений в металлической мишени при воздействии мощных ионных пучков//Известия ТПУ, - 2007. – т. 310 – №2, – С. 87–93.
4. Бойко В.И., Быстрицкий В.М., Волков С.Н. и др. Генерация и фокусировка мощного ионного пучка в магнитоизолированном диоде // Физика плазмы. – 1989. – Т. 15. – Вып. 11. – С. 1337–1341.

ПОИСК ТЯЖЕЛЫХ НЕЙТРОННЫХ КЛАСТЕРОВ В ДЕЛЕНИИ ЯДЕР

В.А. Варлачев, А.А. Гарапацкий, Г.Н. Дудкин, В.Н. Падалко, В.С.

Скуридин, Е.С. Солодовников, Е.В. Чибисов, Л.П. Шура*

НИИ ядерной физики, г. Томск, Россия

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблема стабильности ядер, состоящих из одних нейтронов, давно является объектом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований. Открытие нейтронных ядер, или хотя бы долгоживущих нейтронных кластеров имело бы огромное значение для всей ядерной физики, так как повлекло бы за собой кардинальное изменение наших представлений о нуклон-нуклонном взаимодействии.

Нами предложен активационный метод поиска тяжелых нейтронных кластеров из тройного деления ^{235}U нейтронами. В качестве активируемого образца использован высокообогащенный изотоп ^{122}Te . Предполагалось искать реакции $^{122}\text{Te}(^x n, (x-k)n)^{122+k}\text{Te} \rightarrow (\beta^-) \rightarrow ^{122+k}\text{I}$, с минимальной передачей активируемому изотопу ^{122}Te 10-ти нейтронов, т.е. $x-k \geq 10$.

Эксперимент был выполнен на исследовательском реакторе ИРТ-Т ФГНУ «НИИ ЯФ», г. Томск. Мишень из диоксида теллура TeO_2 , массой 0.5 г после отжига органических примесей герметично запаивалась в кварцевой ювете и помещалась для облучения в центре активной зоны реактора в бериллиевую «ловушку» с каналом для облучения образцов. Плотность потока тепловых нейтронов в канале $J_n \sim 1.0 \cdot 10^{14}$ н/см²·с. Время облучения составило 2 часа. После облучения, из мишени путем сухой возгонки выделялись изотопы йода по технологии получения йода для производства радиофармацевтического препарата «О-йодгиппурата, ^{123}I ».

Далее образцы помещались в β^- счетчик, который в свою очередь размещался на входном окне Ge(Li) детектора объемом 100 см³, в низкофоновой камере кафедры Прикладной Физики ТПУ. Сигналы с β^- счетчика и с Ge(Li) детектора подавались через формирователи импульсов на входа схемы совпадений с разрешающим временем 0.5 мкс, которая управляла работой амплитудного анализатора при анализе импульсов с Ge(Li) детектора. Измерение спектра γ - квантов из образца с выделенным изотопами йода проводилось в течении 48 часов, с выводом информации через 0.5 часа. Идентификация изотопов йода производилась путем определения периодов полураспада по измеренной зависимости интенсивности линий γ - квантов во времени и по энергии γ - квантов.

В результате обработки данных эксперимента идентифицирована аналитическая линия изотопа ^{133}I ($E_\gamma=530$ кэВ, $I_\gamma= 87\%$, $T_{1/2}= 20.8$ часа). Оценена вероятность образования нейтронного кластера с числом нейтронов ≥ 11 в пределах $P_{nc} = 4.3 \cdot 10^{-8} - 4.3 \cdot 10^{-10}$ кластер/деление, в зависимости от величины сечения реакции активации.

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В БЕТАТРОНЕ С АЗИМУТАЛЬНОЙ ВАРИАЦИЕЙ ПОЛЯ В НАЧАЛЕ ПРОЦЕССА ВЫВОДА

Т.С. Иванилова, В.В. Кашковский

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: ivanila1@yandex.ru

Малогабаритные бетатроны, разработанные в НИИ Интроскопии при Томском политехническом университете [1], в настоящее время востребованы во всем мире. Применение в бетатронах специальных полюсов гребневой конструкции привело к увеличению фокусирующих свойств поля бетатрона, позволило повысить мощность дозы излучения, облегчило эффективный вывод электронного пучка [2].

Несмотря на достаточный большой срок успешного использования бетатрона с азимутальной вариацией поля в практических целях, динамика электронного пучка в процессе вывода до сих пор является слабоизученной.

Анализ полученных результатов моделирования динамики электронного пучка в бетатроне с азимутальной вариацией поля в начале процесса вывода показал, что электроны пересекают орбиту освобождения на азимутах, определяемых положением гребней полюсов. Группировка частиц по азимуту в начале процесса вывода происходит в результате согласованного действия фокусирующих сил поля бетатрона, создаваемых гребневой конструкцией полюсов.

Положение границ колебаний электронного пучка по радиусу отличается от определенного по азимутально-симметричной части суммарного поля ускорителя. Частицы освобождаются из-под действия фокусирующих сил поля на границе впадины и гребня полюсов.

Расчеты показали, что в камере бетатрона с азимутальной вариацией поля нет частиц, совершающих движение строго по равновесной орбите. Наблюдается пульсация пучка, коррелированная с положением гребней полюсов.

Полученные результаты могут найти применение на практике при разработке и настройке систем формирования и вывода электронного пучка из бетатрона с азимутальной вариацией поля.

Литература:

1. Сайт ФГНУ «НИИ интроскопии» www.introscopy.tpu.ru.
2. Ерофеева Г.В., Чахлов В.Л.// ПТЭ.–1980. – № 5.– С. 29-30.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ И МЕХАНОАКТИВАЦИИ

В.Л. Орлов, А.В. Орлов*

Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул

*Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Облучение металлических систем, как и интенсивная пластическая деформация (механоактивация) сопровождаются внесением в систему значительных порций энергии. И в том, и в другом случае возникают состояния весьма далекие от равновесных, что приводит к структурно-фазовым превращениям различного вида.

Интерес представляет тот факт, что следствия диссипации внесенной энергии при облучении и механоактивации оказываются различными. Так, для облучения характерны распад ненасыщенных твердых растворов, соответствующий сдвиг температурных границ расслоения. При механоактивации, напротив, доминирующими являются процессы синтеза, т.е. образования однородных твердых растворов в области пересыщения. Механический синтез позволяет получать однородные растворы из компонентов, которые не могут быть смешаны любыми другими способами. Зачастую в результате механического синтеза образуются аморфные фазы.

В докладе представлена феноменологическая теория структурно-фазовых превращений в бинарных сплавах при облучении и механоактивации. Описание неравновесных процессов проводится в рамках линейной термодинамики и ограничивается сплавами замещения. Основой предлагаемой теории является последовательный учет вкладов в химический потенциал атомов определенного сорта энтропийной составляющей, плотностей энергий межатомных связей, упругой энергии и энергии упорядочения.

В работе получены выражения для потока атомов определенного сорта под действием градиента химического потенциала. Для случая облучения записано условие стабильности твердого раствора, показана закономерность сдвига температурной границы расслоения. Проведены расчеты и сравнение с экспериментальными результатами для ненасыщенных растворов Zn+Al, Si+Ni.

При механоактивации учтено возникновение нанокристаллического состояния вещества. Разработана методика термодинамического анализа сплава с целью выявления движущих сил синтеза однородного раствора. Проведены расчеты и сравнение с экспериментальными результатами для пересыщенных растворов Fe+Cu, Ti+Al.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 06–08–00221).

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА

М.Е. Силаев, Д.А. Шариков

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цилиндрические протяженные источники ионизирующих излучений являются одной из наиболее распространенных форм, соответствующей геометрии защитных контейнеров, технологических трактов, трубопроводов, и элементов оборудования. Для описания характеристик излучения протяженных цилиндрических источников используются функции излучения, зависящие от геометрических и материальных параметров источника. Основной сложностью при аналитическом определении значений функций излучения является решение интегрального уравнения переноса излучения в трехмерной геометрии. Как правило, аналитическое решение уравнения переноса в чистом виде (без множества ограничений) не может быть найдено. Наиболее типичным упрощающим подходом для поиска аналитического решения является замена исходного интегрального уравнения эллиптическими интегралами третьего рода, которые в свою очередь заменяются эллиптическими интегралами первого и второго рода. Расчет мощности излучения значительно упрощается, однако такая аппроксимация интегралов вносит погрешность, степень которой возрастает с ростом геометрических и материальных параметров среды. Для инженерных расчетов функции излучения используются табулированные значения или номограммы, что в свою очередь приводит к дополнительной погрешности, вызванной многократной аппроксимацией определяемых значений или их определением на графике. Поэтому решение уравнения переноса излучения с помощью численных методов представляет значительный практический интерес.

В силу того, что никакой численный метод не является универсальным, в работе был проведен анализ основных методов численного интегрирования (прямоугольников, трапеций и Симпсона), применяемых для расчета величины функций мощностей фотонного излучения цилиндрических источников с учетом и без учета самопоглощения, полученных для широкого набора значений геометрических и материальных параметров источников.

Чувствительность и избирательность аналитического метода численного интегрирования определялась на основе определения методических погрешностей самого метода, которые выявлялись путем сравнения полученных результатов с табулированными значениями для соответствующих функций мощности дозы фотонного излучения, приведенными в справочной литературе. Было определено, что результаты численного интегрирования (с учетом и без учета самопоглощения) отличаются от справочных значений на 2-3 %.

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-УГЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДЕТЕКТОРА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

М.Е. Силаев, Ю.А. Карпов, Д.Г. Витушкин

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

e-mail: silaev@k21.phtd.tpu.ru

Одним из важнейших элементов безопасности ядерных объектов и атомных электростанций в частности является обеспечение радиационной безопасности. Нарушение целостности оболочек твэлов приводит к многократному увеличению выхода радионуклидов - продуктов деления в теплоноситель и как следствие - увеличению радионуклидного выброса АЭС. Информация о состоянии оболочек может быть получена из анализа интегральной активности и концентрации радионуклидов в технологических трактах АЭС.

Целью выполненной работы являлось повышение точности измерений активности проб технологических сред системы контроля герметичности оболочек реактора БН-600.

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

- разработано и изготовлено экспериментальное устройство, предназначенное для изучения влияния пространственно-угловых характеристик полупроводникового детектора на результаты гамма-спектрометрического анализа;
- разработка модели, программы и выполнения расчетного определения геометрических факторов для типовых проб системы контроля герметичности оболочек БН-600;
- подготовлены и проведены эксперименты по изучению влияния пространственно-угловых характеристик полупроводникового детектора на результаты гамма-спектрометрического анализа.

В результате выполнения работы были сделаны следующие выводы:

- экспериментально обнаружено, что смещение пробы от вертикальной оси симметрии детектора приводит к занижению результатов определения активности при использовании концепции ЭЦД, что особенно характерно, для гамма-квантов низких энергий (до 100 кэВ);
- величина обнаруженного эффекта не одинакова для различных направлений размещения источника излучения в системе детектирования;
- значение отклонения в результатах определения активности увеличиваются с увеличением угла отклонения положения ИИ от оси симметрии детектора;
- использование концепции ЭЦД при измерении объёмных источников в ряде случаев возможно лишь при выборе соответствующей геометрии измерения или при внесении в результаты измерений соответствующих поправок, влияющих на величину погрешности.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РОР И ЯО НА ЭСГ-2,5 ФГНУ» НИИ ЯФ» ДЛЯ АНАЛИЗА ВОДОРОДА И ДЕЙТЕРИЯ В ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ МАТЕРАЛОВ

В.В. Сохорева, Ю.П.Черданцев*

ФГНУ «НИИ ЯФ», г. Томск, Россия

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

SOHOREVA@NPI.TPU.RU

В энергетике настоящего и будущего водороду и его изотопам отводится значительная роль. Накапливаясь в конструкциях реакторов эти материалы, способствует к их быстрому охрупчиванию и в конечном итоге к разрушению. Это привело к необходимости контролировать содержание этих элементов в конструкционных материалах.

Неразрушающие ядерно-физические методы анализа вещества в настоящее время активно используются для изучения распределения водорода и его изотопов в конструкционных материалах. Необходимую количественную информацию об этих легчайших примесях без разрушения образца, как, оказалось, могут дать только ядерно-физические методы, такие как метод ядер отдачи (ЯО) в комплексе с методом Резерфордского обратного рассеяния (РОР). Исследование поведения водорода и его изотопов в конструкционных материалах проводились на Ускорителе Циклотрон У-120 М ФГНУ»НИИЯФ»[1]. Однако, в настоящее время циклотрон не работает в необходимом для анализа режиме ускорения.

Настоящая работа посвящена исследованию возможности использования электростатического генератора ЭСГ-2,5 МэВ ФГНУ «НИИЯФ» для изучения поведения водорода внедренного в титан [2], путем электролитического насыщения, а также водорода, имплантированного в кремний с энергией 10 кэВ. Используя в комплексе методику ЯО и РОР Были проведены исследования и получены профили концентрации дейтерия и углерода в дейтерированном полиэтилене.

Для определения профилей концентраций водорода и дейтерия пучок ионов ${}^4\text{He}$, с энергией 2,1 МэВ падал на исследуемый образец под углом 15° к его поверхности. Атомы отдачи регистрировались под углом 30° к первоначальному направлению падения ионов ${}^4\text{He}$, полупроводниковым кремниевым спектрометром.

Литература:

1. Чернов И.П., Шадрин В.Н., Анализ содержания водорода и гелия методом ядер отдачи. М.: Энергоатомиздат, 1988. 129 с.
2. Чернов И.П., Черданцев Ю.П., Сохорева В.В., Кобзев А.П. Изучение миграции водорода в титане под действием ускоренных ионов гелия// Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования, 2005, № 4, с 17-21.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СМИТА-ПАРСЕЛЛА PIC-КОДОМ KARAT

К.П. Артёмов, В.В. Рыжов, Д.А. Шкитов*

Институт сильноточной электроники СО РАН

*Томский политехнический университет

В последнее время особое внимание привлекает возможность получения когерентного излучения Смита-Парселла от периодических структур для создания легко настраиваемых и компактных источников. В работе проведено моделирование генерации ИСМ методом крупных частиц электромагнитным PIC (particle-in-cell) кодом KARAT [1]. Исследована зависимость мощности ИСМ для решёток различных форм, которая качественно согласуется с экспериментальными данными [2].

Литература:

1. Tarakanov V.P. "User's Manual for Code KARAT". Springfield: BRA, 1992
2. Kalinin B.N., Karlovets D.V., Kostousov A.S., Naumenko G.A., Potylitsyn A.P., Saruev G.A., Sukhikh L.G. Comparison of Smith-Parcell radiation characteristics from gratings with different profile. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 252 (2006) 62-68

X-RAYS GENERATED BY BETATRON'S ELECTRONS IN INTERNAL WAVEGUIDE TARGET

V.V.Kaplin^a, V.V.Sohoreva^a, S.R.Uglov^a, O.F.Bulaev^b, A.A.Voronin^b,
M.Piestrup^c, C.Gary^c

^aFederal State Scientific Institution "Nuclear Physics Institute", Tomsk, Russia

^bFederal State Scientific Institution "Institute of Introscopy", Tomsk, Russia

^cAdelphi Technology Inc., 981-B Industrial Road, San Carlos, California 94070

The thin-film x-ray waveguides have been investigating (see, for example, [1,2] as a one from the possible ways for the production of x-ray microbeams by means of high gain compression of x-ray beam incident on the waveguides and transmitting them in the guided modes of motion.

In this work we present our first attempt to use the waveguide as a x-ray source at grazing incidence of the relativistic electrons on a W-C-W three-film nanostructure created on a thin Si substrate. The experiment was carried out at Tomsk betatron B-35. Such new type stratified target excited by relativistic electrons was mounted on goniometer head inside the betatron toroid. The target is consisted of the W-C-W layers placed on Si substrate. We have observed x-ray emission from x-ray waveguide radiator excited by 20-33 MeV electrons. The measured angular distributions of the radiation generated in the waveguide radiator by betatron's electrons have shown the waveguide effect of the three-layer structure on x-rays generated in the radiator. The effect proved in an angular distribution of radiation as an additional narrow peak of guided x-rays intensity inside a wide cone of usual Bremsstrahlung. At decreasing the angle θ between the electron beam and waveguide directions the intensity of the guided x-rays increases, is maximal when the waveguide radiator is aligned almost along the electron beam direction the contribution of the guided x-rays defines the shape and position of maximum of the angular distribution of whole generated radiation.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project No.04-02-17-580).

REFERENCES:

1. F.F. Komarov and M.A. Kumahov, Surface (USSR), N.3, P.5-12 (1986).
2. W. Jark, A. Cedola, S. Di Fonzo et al, Appl. Phys. Letters, V.78, N.9, P.1192-1194 (2001)

PARAMETRIC X-RAYS GENERATED BY ELECTRONS IN MULTILAYER MIRRORS MOUNTED INSIDE A BETATRON

V.V.Kaplin^a, S.R.Uglov^a, V.V.Sohoreva^a, O.F.Bulaev^b, A.A.Voronin^b,
M.Piestrup^c, C.Gary^c, M.Fuller^c

^aFederal State Scientific Institution "Nuclear Physics Institute", Tomsk, Russia

^bFederal State Scientific Institution "Institute of Introscopy", Tomsk, Russia

^cAdelphi Technology Inc., 981-B Industrial Road, San Carlos, California 94070

Characteristics of tunable, monochromatic x-rays from thin multilayer mirror used as radiator mounted inside a 33 MeV betatron chamber have been measured. Parametric x-ray radiation (PXR) was generated by 20-33 MeV electrons passing through the radiators consisted of a few hundreds of W/B4C bilayers with period of 12.3; 14.86 18, 30 and 48 Å.

The experimental setup was created on the base of the 35 MeV Tomsk Research Institute of Introscopy betatron, model B-35. The 60 keV electrons are injected into the ceramic toroid of the betatron and accelerated to the desired energy to a stable orbit $R=245$ mm by means of a rising magnetic field. The electrons are then dumping on an internal radiator by an additional magnetic field of 30 μ s duration. That is moving the equilibrium orbit of the electrons so that the electrons strike the edge of the radiator. If the radiator is thin enough the electrons can then recirculate through the radiator many times, resulting in increased emission but also increased electron beam emittance. The repetition rate of the betatron was 50 Hz, the electron-beam divergence was less than 0.3 mrad. The radiator were supported by a goniometer. PXR emitted from the radiator passed through 50 μ m Mylar window, vacuum channel and was detected by a Si detector. The detector was placed at the angle in the range of 5-9 with respect to the electron beam direction (or direction of Bremsstrahlung emission) that was changed by means of changing the azimuthal position of the radiator into the betatron chamber. The detector was 150 cm from the radiator. The detector aperture was 6 mm², the energy resolution at the Am line (13.4 keV) was about 240 eV. The set of PXR spectra were obtained at rocking the multilayer radiators relative to direction of the electron-beam dumping on the internal radiators mounted inside betatron toroid. The results are compared with the data on PXR generated in Si crystals and pyrolytic graphite.

This work was supported by the US Civilian Research and Development Foundation (Project No.RUP2-581-TO-05).

РАДИАЦИОННОЕ ЗАРЯЖЕНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИХ ИНТЕНСИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Соловьев Ю.А.

Северская государственная технологическая академия, yusoloviev@mail.ru

Радиационная электризация изоляционных материалов, входящих в состав электронной аппаратуры, является существенным фактором нарушения электромагнитной совместимости (ЭМС) прибора. Наиболее характерными примерами проявлений проблемы ЭМС могут быть такие явления, как:

- отказы систем контроля и управления АЭС;
- отказы систем контроля и управления на производстве.

Одним из источников электромагнитных импульсов является электростатический разряд, развивающийся в поле объемного заряда. Объемные заряды могут возникать в слабопроводящих средах под действием ионизирующих излучений. Энергия разрядного импульса при этом определяется величиной заряда, освобождающегося в процессе разряда.

В данной работе приводятся результаты экспериментальных и расчетных исследований влияния интенсивности облучения диэлектриков заряженными частицами на основные параметры факторов электризации.

Показано, что даже при облучении потоками электронов и протонов средних значений интенсивностей необходимо учитывать радиационно-стимулированное изменение температуры образцов.

Характерной особенностью процесса объемного заряжения в данном случае является наличие экстремумов на основных функционалах электрического поля объемного заряда. Так при плотности тока 1 нА/см^2 плотность объемного заряда достигает максимума через 70 секунд после начала облучения и составляет $0,7 \text{ Кл/м}^3$. Дальнейшее облучение ведет к снижению плотности объемного заряда. Значения функционалов электрического поля объемного заряда зависят также и от исходной температуры образцов. Увеличение интенсивности облучения и снижение температуры ведет также к уменьшению размеров разрядных структур, вызывая изменение амплитудно-частотных характеристик помех. Величина заряда, освобождающегося в процессе электростатического пробоя, определяется в результате конкуренции процессов накопления заряда и скорости развития канала пробоя.

Полученные результаты описываются в рамках феноменологической модели. Расчет в рамках данной модели позволяет объяснить возможное изменение направления токов в цепи облучаемого диэлектрика, а также кинетику пробега заряженных частиц при высоких плотностях энерговыделения.

ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС

Авраменко В.А., Голуб А.В., Добржанский В.Г., Дмитриева Е.Э., Егорин А.М., Железнов В.В., Сергиенко В.И., Шматко С.И.

Институт химии Дальневосточного отделения РАН,
690022, Владивосток, пр.100-летия Владивостока, 159

E-mail avoit@ich.dvo.ru

Гидротермальные процессы в последнее время все шире используются в химической технологии. Одно из важных применений гидротермальных технологий – переработка радиоактивных отходов. Работы в этом направлении уже ведутся в различных научных центрах мира. Переработка кубовых остатков АЭС с использованием гидротермальных технологий на стадии окисления кубовых остатков для деструкции органических комплексов, связывающих долгоживущие радионуклиды и препятствующих применению сорбционных технологий, является одним из таких применений.

В докладе рассмотрены возможности различных методов окислительной деструкции органических комплексообразователей, мешающих селективному извлечению «коррозионных» радионуклидов (^{60}Co , ^{54}Mn и др. из кубовых остатков АЭС). Показано, что гидротермальное окисление перекисью водорода при температурах 200-250 С во много раз превосходит по эффективности такие методы как озонирование, фотокаталитическое и электрохимическое окисление. Приведены результаты проточного гидротермального окисления модельных растворов и реальных кубовых остатков в лабораторных условиях. Показано, что образующиеся в процессе переработки твердые радиоактивные отходы имеют кристаллическую структуру и характеризуются минимальной выщелачиваемостью радионуклидов (меньшей, чем у остеклованных отходов). Описан стенд для испытания гидротермальной технологии в условиях АЭС и приведены результаты стендовых испытаний гидротермальной технологии переработки кубовых остатков АЭС на Нововоронежской АЭС в мае-ноябре 2006 г.

ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ЭДТА НА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ В АЗОТНОКИСЛЫХ СРЕДАХ

Железнов В.В., Авраменко В.А., Машковский А.А., Костин В.И., Ковшун А.А., Войт А.В., Суховерхов С.В.

Институт химии Дальневосточного отделения РАН,

690022, г.Владивосток, пр. 100-летия Вл-ка, 159,

E-mail avoit@ich.dvo.ru

В проблеме переработки жидких радиоактивных отходов отдельной задачей является удаление из них ряда органических и неорганических соединений - комплексонов, щавелевой кислоты, гидразина, азотистоводородной и азотной кислот. Наибольший интерес вызывают способы удаления, не увеличивающие объем твердых радиоактивных отходов, в частности, использование каталитических окислительно-восстановительных процессов. В обзоре [1] приведен пример использования активированных углей и платинированных силикагелей, как катализаторов разложения комплексонов.

Настоящая работа направлена на определение каталитических свойств углеродных волокон (АНМ) для процесса окисления Трилона Б и комплексов никеля и кобальта с ЭДТА в азотнокислых средах, а также сравнение АНМ с известными катализаторами (БАУ, Сибунит).

В результате исследования определены зависимости констант скорости реакций разложения Трилона Б на углеродных материалах АНМ и Сибуните от температуры. Энергия активации, найденная из этих зависимостей для АНМ составляет 61,6 кДж/моль, что практически совпадает с данными, опубликованными в работе [2] для каталитического разложения ЭДТА на активированном угле (БАУ) и платинированном силикагеле. Для Сибунита энергия активации составила 81,6 кДж/моль. Показано, что полупериод термодеструкции линейно зависит от площади поверхности испытанных углеродных материалов.

Рассмотрены скорости деструкции комплексов ЭДТА с кобальтом и никелем.

Обсуждены возможные механизмы протекания реакций и влияние устойчивости комплексов на термодеструкцию. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-03-96201.

Литература:

1. Ананьев А.В., Тананаев И.Г., Шилов В.П. Гетерогенно-каталитические окислительно-восстановительные реакции в химии и технологии ядерного топливного цикла// Успехи химии, 2005. №74 (11). с. 1132-1155.
2. Шилов В.П., Дзюбенко В.И., Астафурова Л.Н., Крот Н.Н. Гетерогенно-каталитическое разложение комплексонов// Журнал прикладной химии, 1990. №2. с. 348-353.

ВОЛОКНИСТЫЕ МЕТАЛЛОУГЛЕРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Авраменко В.А., Железнов.В.В., Майоров В.Ю. Сокольническая Т.А.

Институт химии Дальневосточного отделения РАН,

690022, Владивосток, пр.100-летия Владивостока, 159

E-mail avoit@ich.dvo.ru

Селективные сорбенты для очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) различных типов широко применяются в практике. Наибольшее распространение получили селективные сорбенты для извлечения радионуклидов цезия, поскольку для ионообменных технологий очистки ЖРО основной проблемой является именно удаление последних из очищаемых растворов. Чаще всего в процессах селективной сорбции радионуклидов цезия используются различные варианты ферроцианидных сорбентов. Промышленные ферроцианидные сорбенты имеют ряд ограничений при использовании. Во-первых, это значительная коллоидная неустойчивость композитных ферроцианидных сорбентов, связанная с пептизацией микрочастиц ферроцианидов, приводящая к уменьшению реальной динамической емкости сорбента в сорбционных фильтрах. Во-вторых, ограниченная скорость сорбции радионуклидов цезия на гранулированных ферроцианидных сорбентах.

Использование в качестве матриц для композитных ферроцианидных сорбентов активированных углеродных волокон позволяет получить сорбенты с высокими кинетическими свойствами, позволяющие работать при максимальных скоростях потока очищаемого раствора. Тем не менее, коллоидная устойчивость таких сорбентов в значительной степени зависит от химии поверхности углеродных волокон.

В докладе описан способ получения металлоуглеродных волокон и ферроцианидных сорбентов на их основе. Полученные сорбенты имеют высокую коллоидную устойчивость, обеспечивающую высокие коэффициенты разделения радионуклидов и высокую скорость сорбции, обеспечивающую работу при линейных скоростях потока до 100 м/час.

Изучена стабильность системы волокнистая металлоуглеродная матрица - наночастица ферроцианидов переходных металлов в растворах нитратов натрия и аммония и метабората натрия с солесодержанием до 250 г/л и показано, что устойчивость получаемых ферроцианидных сорбентов значительно выше, чем сорбентов, получаемых методами традиционного ионообменного синтеза.

Приведены примеры практического использования разработанных сорбентов в процессах очистки ЖРО хранилищ отработанных топливных контейнеров на объектах ТОФ и ФГУП «ДальРАО» в 2006 году.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО
ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА МАТРИЦЫ НА СКОРОСТЬ
СЧЁТА ПАССИВНОЙ УСТАНОВКИ НЕЙТРОННОГО КОНТРОЛЯ**

А.В. Зайцев, Е.А. Парфентьев
ФГУП «ПО «Маяк», г. Озёрск

При измерениях количества ядерных материалов (ЯМ) в отходах с использованием пассивной установки нейтронного контроля (УНК) контролируемый ЯМ, излучающий нейтроны, может быть в матрице из другого материала. В этом случае скорость счёта нейтронов будет зависеть не только от вида и состава ЯМ, но и от вида и состава матрицы, что повлияет на метрологические характеристики МВИ количества ЯМ в отходах.

Такие данные можно получить при измерениях с реальными образцами отходов ЯМ, методом физического моделирования или методом математического моделирования УНК и проводимых на ней экспериментов.

В работе соответствующая оценка сделана методом математического моделирования при геометрии измерений, при внешнем источнике нейтронов и его положениях в УНК, имевших место в экспериментах, проведенных специалистами предприятия с использованием метода физического моделирования.

Насыпная плотность отходов ЯМ может изменяться в достаточно широких пределах, поэтому зависимость скорости счёта нейтронов от плотности материалов матрицы (полиэтилен, графит, карбид бора) рассчитана во всём диапазоне изменения плотностей этих материалов. Как показали расчёты, наполнение контейнера полиэтиленом приводит к уменьшению скорости счёта, а при заполнении графитом и карбидом бора плотностью примерно до $1,2 - 1,3 \text{ г/см}^3$ наблюдается незначительное увеличение, а затем уменьшение скорости счёта нейтронов, что согласуется с экспериментальными данными.

Полученные зависимости подтвердили необходимость учёта влияния вида и состава матрицы на метрологические характеристики МВИ количества ЯМ в отходах.

Результаты работы свидетельствуют о возможности значительного уменьшения количества измерений и объёма экспериментальных работ в опытах по определению влияния матриц разного состава на скорость счёта нейтронов установки нейтронного контроля методом физического моделирования.

К ОЦЕНКЕ МИНИМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ ДЛЯ ИНИЦИИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ

К.О. Сабденев

Томский политехнический университет

Практический интерес в целях взрывобезопасности на промышленных предприятиях атомной энергетики и других отраслей промышленности представляет числовая оценка минимального воздействия на горючую смесь, которое может вызвать детонацию (разумеется, здесь речь идет о поиске некоторого критерия в числовом выражении).

Существующие экспериментальные данные можно обобщить в виде двух механических критериев инициирования детонации [5]:

$$M_{*1} \approx 0,56M_D, \quad M_{*2} \approx 0,35M_D, \quad (1)$$

где M_{*1} , M_{*2} , M_D – числа Маха инициирующей ударной волны и детонационной волны Чепмена – Жуге.

Первое соотношение из (1) рекомендуется применять для неограниченных газовых смесей, где развитие турбулентности не стимулировано твердыми поверхностями. Второе равенство дает удовлетворительные результаты по инициированию детонации в трубах с гладкими стенками [5].

В представляемой работе показано, что условиям (1) можно найти теоретическое объяснение на основе анализа детонационной адиабаты. Первому равенству на ней отвечает ударная волна с перепадом давления, соответствующей минимальной скорости детонации. Второму равенству – с перепадом давления, реализующимся при горении в постоянном объеме. Найденные формулы имеют вид

$$M_{*1} = \frac{1}{\sqrt{2}} M_D \approx 0,7M_D, \quad M_{*2} = \frac{1}{2} M_D. \quad (2)$$

Как видно, оценки (2) попарно не сильно различаются от соотношений (1). В формулы (2) необходимо внести еще поправочные эмпирические коэффициенты $c_1 \approx 0,8$ и $c_2 \approx 0,7$, т.к. в реальности физическое состояние газа в месте возможного возникновения детонации оказывается сложной.

Факт существенного различия в силе инициирующей ударной волны и в головной части стационарной детонационной волны объясняется тем, что минимальное воздействие переводит состояние горения в область притяжения аттрактора стационарной детонации.

Литература

1. Васильев А.А. Оценка критических условий перехода горения в детонацию // Физика горения и взрыва. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 91-96.

К ОЦЕНКЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРЕНИЯ

К.О. Сабденов

Томский политехнический университет

Концентрационный предел существования пламени проявляется как внезапное прекращение горения при отклонении горючего состава от стехиометрического значения [1]. Несмотря на важное прикладное значение в вопросах пожаро- и взрывобезопасности, удовлетворительная теория этого явления до сих пор не разработана.

Ю.У. Линнет, Ю.С. Симпсон, Б. Льюис и Г. Эльбе пришли к мнению, что решающее влияние на режим горения вблизи концентрационных пределов играют конвективные потоки [1]. При этом условием прекращения горения является превышение числа Карловица K критической величины [1]. Для сферического пламени диаметра d число $K = \kappa \rho_0 / (d u_n \rho_b)$, где u_n – нормальная скорость пламени; κ – коэффициент температуропроводности; ρ_0 , ρ_b – плотности свежей смеси и продуктов горения. Прекращение горения может произойти и в случае распространении пламени в газе с характерным градиентом скорости потока g_w [2]. Тогда $K = \kappa g_w / (u_n^2)$. Оба выражения для K равносильны.

В настоящей работе дается обоснование тепловой природы явления существования концентрационных пределов. Суть предлагаемого объяснения заключается в том, что ответственным за существование предела является тепловой эффект Q химической реакции, для которого получено приближение

$$Q = Q_{st} \left[1 - \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma + 1} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где σ – коэффициент отклонения от стехиометрического состава с тепловым эффектом Q_{st} . Снижение Q в пределах $\sigma \rightarrow \infty$ и $\sigma \rightarrow 0$ уменьшает температуру пламени и увеличивает потери тепла конвективными потоками. Это означает рост числа K , и в дальнейшем достижение критического значения K_{cr} , за которым горение прекращается.

Полученные данные по зависимости скорости горения и условиям наступления предела горения удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Литература:

1. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 592 с.
2. Климов А.М. Ламинарное пламя в турбулентном потоке // Журнал прикладной механики и технической физики. – 1963. – №3. С. 49-58.

ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н.С. Чигирёва, М.Д. Носков

Северская государственная технологическая академия

Обеспечение безопасности потенциально опасных объектов от несанкционированных действий (НСД) различного рода нарушителей требует создания автоматизированных систем физической защиты (СФЗ), при котором следует решить ряд основных задач: предупреждение, своевременное обнаружение и пресечение противоправных действий, замедление продвижения нарушителя, задержание лиц, причастных к подготовке или совершению НСД и другие [1].

Важнейшей составной частью СФЗ является комплекс программных и инженерно-технических средств охраны (ИТСО), который включает в себя системы контроля и управления доступом персонала, охранной сигнализации, оперативной связи и оповещения, телевизионного наблюдения, а также обеспечивающие системы (освещения, электропитания и др.) [2]. Кроме того, в рамках создания систем физической защиты должны разрабатываться и выполняться правовое и нормативное обеспечение СФЗ, анализ уязвимости объекта и оценка эффективности существующей СФЗ, подготовка на их основе предложений по совершенствованию СФЗ, подготовка персонала СФЗ, защита информации в СФЗ, эксплуатация инженерно-технических средств.

Применение анализа уязвимости и моделирования функционирования СФЗ при построении системы безопасности позволяет на ранних стадиях выбрать оптимальный вариант комплекса ИТСО, обладающий достаточно высокой эффективностью при минимальных затратах на его создание и внедрение в систему охраны объекта, что дает возможность избежать излишних затрат на создание и эксплуатацию системы при условии выполнения ею своих функций. Таким образом, создание эффективных систем физической защиты требует комплексного научного подхода.

Литература:

1. Мишин Е.Т., Оленин Ю.А., Капитонов А.А. "Системы безопасности предприятия - новые акценты // Конверсия в машиностроении, 1998, № 4.
2. Алаухов С.Ф., Коцеруба В.Я. Вопросы создания систем физической защиты для крупных промышленных объектов // Системы безопасности, 2001, № 41, С. 93.

ОБРАЩЕНИЕ С ТРИТИЙСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЦИКЛА ТРИТИЯ

Веретенникова Г.В., Сазонов А.Б., Магомедбеков Э.П.

Российский Химико-Технологический Университет им. Д.И. Менделеева

Одной из проблем развития ядерных технологий является утилизация радиоактивных отходов органической природы, к числу которых относятся вакуумные масла, загрязненные тритием. Вследствие высокой активности (она может достигать 10^3 Ки/кг [1]) такие масла не подлежат возврату на нефтебазы, а накапливаются и хранятся на территориях соответствующих цехов и в могильниках. В последние годы в ряде стран ведется поиск надёжного и экологически безопасного способа переработки тритийсодержащих масляных отходов [2, 3].

Изучен механизм взаимодействия трития с углеводородами минеральных масел в присутствии продуктов их медленного окисления. Экспериментально установлено, что образующиеся в процессе эксплуатации масел кислородсодержащие примеси играют роль ловушек, способных связать более 95% химически связанного трития.

Продемонстрирована высокая эффективность адсорбционного метода концентрирования трития из отработанных масел. Показано, что более 90% трития может быть возвращено в технологический цикл путем адсорбции тритийсодержащих компонентов масла на цеолитах. Для переработки активного адсорбента предложен метод каталитического окисления адсорбированной фракции масла непосредственно на цеолите.

Проведена серия экспериментов по окислению адсорбированных тритийсодержащих примесей кислородом воздуха при 400–600 °С. Показано, что при выборе соответствующих условий (температура, расход воздуха, время окисления, использование эффективного катализатора дожигания углеводородных газов) достигается практически полная конверсия трития, т.е. перевод его в форму НТО и далее, при необходимости, в НТ. Доказана возможность многократного использования цеолита т.е., уменьшения объема твердых отходов.

Использование процессов адсорбции и каталитического окисления тритийсодержащих соединений позволяет предложить технологию рецикла трития и снизить радиационную опасность, связанную с хранением высокоактивных масляных отходов.

Литература:

1. Беловодский Л.Ф., Гаевой В.К. Сборник докладов международного семинара «Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами IHISM-01». – Саров, 2002, с. 294–303.
2. Klasson K.T., Taylor P.A., Cummins R.L., Evans B.S. Removal of Mercury and Tritium from DOE Waste Oils. – Report of Oak Ridge National Laboratory ORNL/TM-13751. 1999.
3. Braet J, Bruggeman A. Oxidation of Tritiated Organic Liquid Waste. 7-th International Conference of Tritium Science and Technology. Baden-Baden, Germany, 2004. – Book of Abstracts, p. 51.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ В ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ

А. Шмелёв, Е. Куликов, В. Апсэ, Г. Куликов, В. Артисюк*

Московский инженерно-физический институт, Москва, shmelan@mail.ru

*Обнинский государственный технический университет атомной
энергетики, Обнинск

При выборе критериев защищённости делящихся материалов (ДМ) от неконтролируемого распространения в настоящем докладе сделана попытка учесть особенности физического принципа создания надкритического состояния ДМ в ядерном взрывном устройстве имплозивного типа. Преимуществом этого подхода является то, что он не требует никаких сведений о конструктивных особенностях ядерного взрывного устройства. Рассматриваемый физический принцип перевода подкритического ДМ в надкритическое состояние основан на его обжати с помощью взрыва, направленного внутрь (принцип имплозии). Это обеспечивается путем подрыва обычного взрывчатого вещества, окружающего ДМ. Предлагаемая защита ДМ от использования в такого рода устройствах базируется на внесении в состав ДМ (здесь рассматривается плутоний) его изотопа ^{238}Pu , интенсивно генерирующего тепло в процессе α -распада [1]. Оценивается требуемая мощность источника тепловыделения, чтобы температура обычного ВВ, используемого для обжатия ДМ, оказалась неприемлемо высокой. В качестве главного механизма, определяющего разрушение этого ВВ, рассматривается пиролиз. Скорость реакции пиролиза ВВ оценена в соответствии с уравнением Аррениуса [2]. Сформулировано следующее основное положение, определяющее защищённость ДМ: мощность источника тепловыделения в ДМ должна быть такой, чтобы перепад температур на слое обычного ВВ в имплозивном ядерном взрывном устройстве был не меньше разницы между температурой интенсивного пиролиза и температурой охлаждающей среды.

Литература

1. G. Kessler. "Plutonium Denaturing by ^{238}Pu ", Nuclear Science and Engineering, **155**, 53 (2007).
2. Wolfgang Stilller. Arrhenius Equation and Non-Equilibrium Kinetics, 100 Years Arrhenius Equation, BSB V.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1989. (В. Штиллер. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика. Пер. с англ., М., Мир, 2000).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ЗОЛЫ И ШЛАКА УГЛЕЙ КУЗБАССКОГО БАСЕЙНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Каратаев В.Д., Маслоков В.В., Мельникова Е.С., Шура Л.П.
Томский политехнический университет

В строительстве жилых зданий широко используются материалы на основе золы и шлака. При проведении полной эколого-гигиенической экспертизы строительных материалов исследование на содержание радионуклидов является обязательным. Регламентирующими документами для принятия решения о соответствии строительных материалов гигиеническим нормативам являются НРБ-99, ОСПОРБ-99 и ГОСТ 30108-94.

В настоящей работе была решена задача определения удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) в пробах золы и шлака углей Кузбасского бассейна, которые планируется использовать для производства цемента. Основными дообразующими радионуклидами в этом типе сырья являются: Ra^{226} , Th^{232} , продукты их распада и K^{40} . Анализ проб на содержание ЕРН проведен методом инструментальной гамма - спектрометрии с использованием полупроводникового гамма - спектрометра на основе германиевого детектора типа ДГДК-100В с энергетическим разрешением 4 кэВ по линии 662 КэВ (^{137}Cs). Измерение активности проб и соответствующая калибровка спектрометра произведена в геометрии «цилиндрическая кювета», объемом 250 мл. Погрешность полученных результатов не превышала 20%.

По результатам исследования установлено, что удельная массовая активность в пробах золы и шлака составляет 33 - 61 Бк/кг, 11 - 40 Бк/кг и 43 - 106 Бк/кг по Ra^{226} , Th^{232} и K^{40} , соответственно. Для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс радиационной опасности) эффективная удельная активность ($A_{эфф}$) природных радионуклидов не должна превышать 370 Бк/кг [1]. Максимальная эффективная удельная активность исследуемых проб золы и шлака составила 106 Бк/кг.

Таким образом, можно сделать заключение, что сырье, подвергнутое гамма - спектрометрическому анализу, соответствует гигиеническим нормативам и может быть использовано для производства строительных материалов.

Литература:

1. ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные. «Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «БЕЗОПАСНОСТЬ И НЕРАСПРОСТРАНЕНИЕ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ» - РАЗВИТИЕ ЛУЧШИХ ТРАДИЦИЙ КАФЕДРЫ «ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ» ФТФ

Бойко В.И., Шаманин И.В., Силаев М.Е.

Томский политехнический университет

Проблемы безопасности и нераспространения существовали в ядерной отрасли всегда, однако в конце 20 века они приобрели особенно острый характер, что обусловлено объективными причинами технического, экологического и политического характера.

Базовый атрибут любой культуры (в частности культуры нераспространения) – это способность системы к воспроизводству специалистов - ее носителей. В рамках системы национальных гарантий одним из ключевых компонентов существования и развития культуры безопасности и нераспространения ядерных материалов является создание и расширение системы подготовки специалистов в этой области знаний. Недостаток высококвалифицированных специалистов в настоящее время является сдерживающим фактором развития системы национальных гарантий в целом, как в России, так и в других государствах. Проблему нехватки специалистов в сфере безопасности и нераспространения еще более обостряет необходимость перехода на новые методы и принципы учета, контроля и физической защиты ЯМ, внедрение новых современных технических систем в этой области. В связи с этим Агентство по образованию РФ поручило двум вузам (Московскому инженерно-физическому институту и Томскому политехническому университету) начать подготовку таких специалистов. МИФИ и ТПУ, на сегодняшний день, являются единственными вузами в России, ведущими подготовку квалифицированных кадров в области безопасности и нераспространения ядерных материалов.

Новая инженерная программа находится в стадии становления и развития. В настоящее время в реализации программы помимо Томского политехнического университета принимают участие Департамент энергетики США, национальные лаборатории США - Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория, Лос-Аламосская национальная лаборатория, Монтерейский институт международных отношений, Московский инженерно-физический институт, Шведский ядерный инспекторат, Сибирский химический комбинат и др.

Знания, получаемые при обучении по специальности «Безопасность и нераспространения ядерных материалов», являются достаточно универсальными и имеют обширную область применения, обеспечивающую громадные возможности их практического приложения. Поэтому новая специальность на кафедре «Физико-энергетические установки» становится в ряды лучших не только в Томском политехническом университете, но и во всей структуре высшего образования России.

СНИЖЕНИЕ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ УРАНА С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СТОКАМИ

Ю. В. Островский¹, Г.М. Заборцев², Е.В. Выходцев³, А. Л. Хлытин³

¹⁾ ФГУП НГПИИ «ВНИПИЭТ », ²⁾ООО НПЦ «ЭЙДОС », ³⁾ ОАО «НЗХК »

В процессе производственной деятельности ряда предприятий образуются урансодержащие сточные воды, которые, как правило, после нейтрализации суспензией гашёной извести сбрасываются на спецполигоны. Технология эффективного извлечения урана из производственных стоков различного состава не разработана, ввиду его низкой концентрации и многообразия ионных форм, в которых уран может присутствовать. Существует реальная необходимость в универсальном способе, который позволил бы перевести очищенные сточные воды из разряда радиоактивных в нерадиоактивные с возможностью их повторного использования в технологическом цикле.

Для решения этой задачи предложена комплексная технологическая схема очистки производственных стоков с использованием стадии гальванохимической обработки в вертикальном виброаппарате колонного типа (Патент РФ № 2147777). В основу процесса положена работа гальванопары железо-кокс, где без наложения внешнего источника тока в очищаемой среде непрерывно генерируются полиформы гидроксидов железа, обладающие высокими сорбционными свойствами по отношению к ионам цветных, тяжёлых и радиоактивных металлов и некоторым анионам. Из образующегося гальваношлама уран селективно выщелачивается раствором карбонатных солей и возвращается в технологический процесс.

В рамках данного доклада представлены результаты серии экспериментов на опытной установке с гальванокоагулятором производительностью 50 л/ч. Получены зависимости степени очистки от урана модельных растворов от значений рН, солесодержания и исходной концентрации урана, производительности и частоты вибрации рабочей насадки аппарата. Также представлены результаты испытаний в производственных условиях на стоках, представляющих собой водные системы переменного состава, образующихся после мытья и дезактивации поверхности оборудования, полов, содержащие продукты коррозии оборудования, поверхностноактивные вещества, фосфаты, соду и уран в растворённом и взвешенном состояниях.

Гальванохимическая обработка реальных водных систем показала высокую эффективность процесса. Так, при расходах очищаемых растворов 30-50 л/час, концентрациях урана на уровне десятков мг/л и значениях рН 1,5-4,0 за одну ступень обработки снижается содержание урана на 99,2-99,9%. Уловленные примеси (U, Cr, Ni, и др.) концентрируются в осадке гидроксидов железа (гальваношламе).

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАКЕТОВ ОТЛОЖЕНИЙ УРАНА В АЭРОЗОЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ

А.Г. Устюгов, В.Ю. Попырин ОАО "НЗХК".

1. Химическое производство получения различных соединений урана связано с большим количеством пылящих операций, что требует в свою очередь боксового оборудования и вентсистем с несколькими ступенями очистки в виде аэрозольных фильтров. Во время эксплуатации в фильтрах происходит постепенное накопление урана. Поэтому возникает необходимость регулярной оценки накопления урана в фильтрах.
2. Исходя из того, что демонтаж фильтра нежелателен, следует применять метод обобщенной геометрии (двухоконный метод), основываясь на измерении спектра собственного гамма-излучения урана в выбранном энергетическом диапазоне при помощи переносного гамма-спектрометра.
3. Для выяснения степени влияния неравномерного распределения урана в корпусе фильтра на результаты использования метода обобщенной геометрии и для определения величины составляющей ошибки метода, обусловленной неравномерностью, необходимо изготовить макеты отложений урана в аэрозольных фильтрах:
 - Макеты должны иметь габаритные размеры промышленных фильтров.
 - Материалы, применяемые для изготовления корпуса макетов, должны быть по поглощающим параметрам идентичны реальным материалам.
 - Необходимо предусмотреть возможность моделирования неравномерности распределения урана в объеме фильтра вдоль одной оси для изучения зависимости отклика прибора от градиента массы накопления. При этом ось измерения может совпадать или быть перпендикулярна вектору изменения массы.
 - Недопустимо перемещение урана в корпусе от незначительных внешних воздействий.
 - Количество урана должно соответствовать реальным накоплениям в фильтрах на технологических участках, с учётом ограничений по ядерной безопасности.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ДЕЗАКТИВАЦИИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ РЗ СХК

Бойко В.И., Колпаков Г.Н., Колпакова Н.А.¹⁾, Кузов В.А.²⁾

¹⁾ – Томский политехнический университет,

²⁾ – Сибирский химический комбинат

Причиной исследований данного способа явилась проблема реабилитации большого количества лома нержавеющей стали, образовавшихся в результате вывода из эксплуатации промышленных реакторов, и имеющих отложения, насыщенные радионуклидами. Необходимым условием при этом явилось требование неударования продукта – очищенного металла.

В результате был найден способ дезактивации в растворе натрия хлорида (поваренная соль) с наложением постоянного электрического тока плотностью 1000 а/м². Действие раствора натрия хлорида сводится к тому, что он обеспечивает, с одной стороны, электропроводность раствора, а с другой стороны, (при пропускании тока) высокую щёлочность (рН = 10–11). Под действием тока вода разлагается и на катоде выделяется водород, а на аноде может протекать реакция окисления металла. В результате этих процессов поверхность стали может быть очищена до допустимых величин загрязнений (менее 20 частиц/(см²·мин); менее 0,2 мкЗв/час). Снижается количество ЖРО, так как продукты реакций, содержащих радиоактивность, выпадают в осадок. В настоящее время испытывается опытная установка.

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТОМСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ИРТ-Т

В.М. Левицкий

Северский отдел инспекций Сибирского межрегионального территориального округа по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора

Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т НИИ ЯФ ТПУ, расположенный в северной промышленной зоне г. Томска, является источником загрязнения окружающей среды радиоактивными газами и аэрозолями, выбрасываемыми через вентиляционную трубу высотой 40 метров после очистки удаляемого воздуха специальными фильтрами. В газоаэрозольном выбросе реактора ИРТ-Т определены следующие радионуклиды: аргон-41, криптон-85m, криптон-87, криптон-88, йод-131 ксенон-133, ксенон-133m, ксенон-135. Радиоактивность выброса, в основном, определяется активностью аргона-41. Снижению величины аэрозольных выбросов способствует удаление радиоактивных веществ (осколков деления урана) из теплоносителя с помощью специальных фильтров.

Для реактора ИРТ-Т установлены санитарно-защитная зона - радиусом 200 м от вентиляционной трубы и зона наблюдения – радиусом 1 км.

Радиационный контроль в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения осуществляется определением удельной активности почвы, травы, листьев и снега (отбор в марте), для чего производится отбор проб в постоянных контрольных точках.

Подготовка проб для аналитических исследований осуществлялась по стандартной методике, включающей сушку в естественных условиях, дробление и истирание до 200 меш с соблюдением необходимых мер, исключающих их техногенное загрязнение. Подготовленные пробы упаковывались в литровые сосуды Маринеля с крышкой и выдерживались три недели до начала измерений.

Исследования проведены в лаборатории радиационного контроля ТПУ. Удельная активность радионуклидов регистрировалась методом гамма-спектрометрии с использованием полупроводникового германиево-литиевого детектора ДГДК-100В, расположенного в низкофоновой камере. Спектрометр аттестован в центре метрологии ионизирующих излучений «ВНИИФТРИ» Госстандарта России.

Пробы снега выпаривались до сухого остатка, общая бета-активность которого определялась на установке малого фона УМФ-1500 с торцовым счетчиком.

В докладе приведены результаты радиационного контроля окружающей среды вблизи исследовательского ядерного реактора за несколько лет.

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ В ОКИСЛЕННЫХ БУРЫХ УГЛЯХ

А.И. Радченко, В.М. Левицкий, С.И. Арбузов
Томский политехнический университет

При сжигании угля на ТЭС в окружающую среду в значительных количествах поступают химические элементы и соединения, содержащиеся в топливе или образующиеся в процессе горения. Атмосферные осадки, содержащие тяжелые металлы выбросов угольных ТЭС представляют опасность для населения. В связи с этим необходим предварительный контроль сжигаемого топлива на содержание вредных веществ, в том числе естественных радионуклидов: урана, тория и продуктов их распада, которые являются не только радиоактивными, но и токсичными элементами. В связи с этим необходим предварительный контроль сжигаемого топлива на содержание вредных веществ, в том числе естественных радионуклидов.

Исследования проб углей и продуктов их сжигания на естественную радиоактивность проведены в лаборатории радиационного контроля ТПУ. Удельная активность радионуклидов регистрировалась методом гамма-спектрометрии с использованием полупроводникового германиево-литиевого детектора ДГДК-100В, расположенного в низкофоновой камере. Спектрометр аттестован в центре метрологии ионизирующих излучений “ВНИИФТРИ” Госстандарта России.

Исследованы окисленные угли Итатского месторождения Канско-Ачинского бассейна, Адун-Чулунского месторождения Восточной Монголии и Лагерносадского углепроvincia Западно-Сибирского бассейна, в которых определены удельные активности естественных радионуклидов: K-40, Th-232, U-238, Ra-226. В большинстве исследованных проб установлена повышенная активность урана, хотя для некоторых проб она оказалась ниже минимально детектируемой активности.

В докладе приведены данные о распределении естественных радионуклидов в угольных пластах, в том числе в окисленных “сажистых” углях. Они хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований на Адун-Чулунском и Итатском месторождениях.

Величина эффективной удельной активности углей для некоторых проб превышает значение, допускаемое НРБ-99 для использования этих углей в бытовых целях. Повышенное содержание урана в углях требует применения специальных мер для экологической защиты населения и окружающей среды при использовании угля Итатского и Адун-Чулунского месторождений.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНАРОВАННОГО ДОСТУПА НА ЯДЕРНООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Занин М.К, Исаченко Д.С.

Томский политехнический университет

С повышением значимости и ценности информации соответственно растет и важность ее защиты и соответственно возникает вопрос о значении защиты информации.

В комплекс мер защиты информации входит и размещение соответствующего оборудования и организационных структур в специально оборудованных для этого помещениях. В строительных нормах предусмотрены особые требования к таким помещениям. К такому оборудованию относится «Многоцелевая система Цирконий-М» Многоцелевая цифровая система Цирконий-М – это интегрированная система сбора и обработки информации. Принцип интеллектуальной интеграции всех подсистем в единый программно-аппаратный комплекс, ведущий обработку всей поступающей информации в режиме «реального времени». Интегрированная система безопасности «Цирконий-М» является базовой для оснащения особо важных государственных объектов.

Типовая структура системы: двоянный концентратор центральный КЦ в режиме «горячего» резервирования обеспечивает сбор информации и управление периферийными устройствами. Серверы реального времени (СРВ) в режиме «горячего» резервирования обеспечивают обмен данными между КЦ и локальной вычислительной сетью системы «Цирконий-М».

Среди всего спектра методов защиты данных от нежелательного доступа особое место занимают криптографические методы. Готовое к передаче информационное сообщение, первоначально открытое и незащищенное, зашифровывается и тем самым преобразуется в шифрограмму. В таком виде сообщение передается по каналу связи, даже и не защищенному. Санкционированный пользователь после получения сообщения дешифрует его, посредством обратного преобразования криптограммы, вследствие чего получается исходный, открытый вид сообщения, доступный для восприятия пользователям.

Методу преобразования в криптографической системе соответствует использование специального алгоритма. Действие такого алгоритма запускается уникальным числом, обычно называемым шифрующим ключом.

Статистика показывает, что во всех странах убытки от злонамеренных действий непрерывно возрастают. Причем основные причины убытков связаны не столько с недостаточностью средств безопасности как таковых, сколько с отсутствием взаимосвязи между ними, т.е. с нереализованностью системного подхода. Поэтому необходимо опережающими темпами совершенствовать комплексные средства защиты.

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Еланский Р.Б.

Томский политехнический университет

До 1995 г. в России положение законов, устанавливающих правовую основу и принципы безопасности при использовании атомной энергии, защищающих жизнь, здоровье и имущество граждан и окружающую среду от возможных негативных воздействий использования атомной энергии и функционирования ядерного комплекса России, вызывало серьезные опасения. Однако с тех пор в этой области произошли значительные изменения. Приняты и работают базовые законы, регулирующие использование атомной энергии в стране, и регулирующие законодательные акты. В развитие указанных законов приняты многочисленные подзаконные нормативные правовые акты, входящие в систему правового регулирования использования атомной энергии в РФ, а в нормативном правовом массиве увеличился удельный вес законов. Тенденция к примату законодательного регулирования отношений должна служить фактором последовательной реализации конституционного принципа разделения властей и построения в России правового государства.

В то же время, существующее правовое обеспечение деятельности в области использования атомной энергии нельзя признать удовлетворительным, в полной мере обеспечивающим интересы развития ядерного энергетического и ядерного оружейного комплекса страны. Это касается как причин «замораживания» законодательных актов, так и необходимости в реформировании и развитии правовой системы РФ. Юридическим последствием принятия предлагаемых изменений может стать приведение Федерального закона «Об использовании атомной энергии» в соответствие с Гражданским кодексом Российской Федерации и Бюджетным кодексом Российской Федерации.

Литература:

1. Агентство «ПРОАтом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru>, 02.04.2007;
2. Аналитический центр по проблемам нераспространения. Безопасность ядерного оружия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npc.sarov.ru/issues/cycle.htm>;
3. Материалы международной конференции «Стратегия безопасности использования атомной энергии»;
4. Минатом – Материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minatom.ru>, 15.04.2007.

ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ (ЯТЦ) И ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОГО ТЕРРОРИЗМА

Лежнина Н.С., Кошелев Ф.П., Селиваникова О.В.

Томский политехнический университет

В настоящее время с изменением организационной структуры терроризма произошло изменение его стратегии и тактики.

Возможности совершения террористами актов химического, биологического, ядерного, радиационного, информационно-экологического терроризма различны. Несмотря на то, что на данный момент возможности потенциальных террористов ниже существующего барьера противодействия ядерному терроризму, необходимо провести оценку реальной опасности такой угрозы.

В работе рассмотрены два возможных основных типа ядерного терроризма (ЯТ):

1. Хищение, изготовление и подрыв ядерного взрывного устройства (ЯВУ).

2. проведение диверсий на атомных станциях или угроза их осуществления (ядерный саботаж).

Показано, что вероятность того, что террористы сумеют собрать и взорвать ЯВУ столь же мала, как и того, что они сумеют достать необходимое его количество. Рассмотрены факторы, которые являются привлекательными для хищения ЯМ на различных стадиях ЯТЦ.

Проанализированы вероятные угрозы реакторам АЭС, наиболее важные цепочки развития событий, барьеры на пути диверсантов, а также обратная связь реактора (свойства внутренней самозащищенности).

Отмечены основные направления защиты от ядерного терроризма.

Приведено краткое изложение международных инициатив, связанных с ядерным терроризмом.

Анализ представленной информации позволил сделать выводы о возможности применения ядерного терроризма на предприятиях ЯТЦ в ближайшем будущем.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ В ЦЕЛЯХ ЯДЕРНОГО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ. НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПОРТНОГО КОНТРОЛЯ

Меньших Е.Г.

ФГУП «Сибирский химический комбинат», г.Северск

Экспортный контроль — комплекс государственных мер, определяющих порядок осуществления внешнеэкономической деятельности в отношении товаров, информации, работ, услуг, результатов интеллектуальной деятельности, которые могут быть использованы при создании оружия массового поражения (ОМП), средств его доставки, иных видов вооружения и военной техники. Экспортный контроль является ключевым элементом стратегии и политики нераспространения, проводимой государством.

Совместными усилиями промышленно развитых стран было создано несколько режимов экспортного контроля в ядерной области, реализуемых через национальные законодательства этих государств.

Совокупность данных режимов составляет международную систему контроля над ядерным экспортом.

Россия, как правопреемница СССР, приняла на себя международные обязательства по нераспространению ОМП. Ещё до принятия декларации о независимости России началось создание национальной системы экспортного контроля.

Основные действующие нормативно — правовые документы, регламентирующие экспортный контроль в РФ:

- Федеральный закон «Об экспортном контроле» № 183-ФЗ от 18.07.1999 г.
- Контрольные списки.

Экспортный контроль — это лишь один из элементов режима нераспространения.

Совершенствование системы экспортного контроля должно сочетаться с совершенствованием национальной системы физической защиты, учёта и контроля ядерных материалов; с укреплением «второй линии защиты» в рамках таможенной деятельности; с усилиями по приостановлению «утечки мозгов» из атомных городов

Литература: Учебные материалы по экспортному контролю. — Снежинск: РФЯЦ ВНИИТФ, 2005. - 212 с.

1. Экспортный контроль в России. — М.: Некоммерческое партнёрство - Центр по проблемам экспортного контроля, 2005. — Т. 1. — 190 с. — Т. 2. — 341 с.

2. Информационно-методические материалы по вопросам экспортного контроля. — М.: Межотраслевой научно-исследовательский центр Минпромнауки России по вопросам экспортного контроля, 2003. — 470 с.

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА РАБОТЫ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Ю.М. Федорчук

Томский политехнический университет.

E-mail: ufed@mail.ru

На Сибирском химическом комбинате в 2008 году будут остановлены последние ядерные реакторы.

С точки зрения сохранения высококвалифицированного персонала комбината необходимо строительство и ввод в эксплуатацию новых реакторных объектов рядом с выводимыми из эксплуатации.

Но в этом случае возникает проблема экологическая. Уже на протяжении полувека Сибирский химический комбинат хоронит жидкие радиоактивные отходы в одно и то же место под землей. Концентрирование ЖРО еще на протяжении полувека без применения новых технологий в этом способе захоронения чреват непредсказуемыми последствиями.

Поэтому необходимо проведение научно-исследовательских работ по определению радиуса распространения радиоактивных изотопов в водоносном горизонте, в который в настоящее время закачиваются ЖРО, чтобы затем спрогнозировать оптимальное удаление места захоронения в этот же водоносный горизонт на последующее время эксплуатации около 60 лет.

При консервации старого места захоронения можно подобрать селективные сорбенты на каждую определенную группу радиоактивных ионов и, таким образом, формировать для отдаленных будущих поколений искусственные месторождения полиметаллов.

В заключение данного обзора проблемы стабильности работы Сибирского химического комбината необходимо констатировать следующее.

1. В проект строительства новой атомной станции необходимо включить научно-исследовательские и технико-внедренческие работы по рассредоточению ЖРО, образующихся во время работы СХК в водоносном горизонте их хранения. А при обустройстве нового места захоронения - обеспечить выведение из воды старого места захоронения радиоактивных соединений за счет процессов сорбции и ионообмена для создания условий экологически стабильной работы СХК.

4. С целью обеспечения максимальной экономической эффективности в проект строительства новой атомной станции необходимо включить разработку бизнес-плана по ее размещению в городах Северск и Колпашево Томской области.

ДОГОВОР О НЕРАСПРОСТРАНЕНИИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ: ЦЕЛИ И ВОПЛОЩЕНИЕ

Клочкова М.С.

Томский политехнический университет

В преддверье Обзорной Конференции по рассмотрению действия ДНЯО 2010 года с целью достижения полного взаимопонимания сторон необходимо ответить на один и самый важный вопрос: «С какой целью был создан ДНЯО?».

Основными задачами, которые преследует ДНЯО, являются: разоружение и нераспространение. Но Договор также включает в себя п. 2 ст. 4, согласно которому ядерные страны содействуют развитию мирной ядерной технологии в других государствах [1]. Таким образом, возникает возможность развития военных ядерных программ в странах, в том числе и с нестабильным политическим режимом и развитыми экстремистскими группировками, что ведет к повышению угрозы терроризма.

Таким образом, следуя ст. 4 п. 2 ДНЯО, мы одновременно с развитием ядерной энергетики на пользу человечества способствуем распространению ядерных материалов и технологий, что может привести к катастрофическим последствиям для мира и безопасности.

Резолюция 1540, принятая Советом Безопасности ООН, помогает скомпенсировать опасность распространения [2]. От части, ту же цель ужесточения контроля ядерных материалов преследует создание Международного банка ядерного топлива, который также может быть использован как средство укрепления экономических связей между государствами, убрав из взаимоотношений остроту вопроса разоружения, что поможет упрочению Договора о нераспространении ядерного оружия в обход разногласий стран-участниц по некоторым его статьям.

ДНЯО сейчас переживает глубокий кризис. Целью его создания было поддержание международного мира и безопасности. Сегодня внимание стран-участниц преимущественно сконцентрировано не на целях Договора, а на средствах их достижения (разоружение и нераспространение). Наблюдается смещение акцентов: внимание сторон сконцентрировано не на выполнении условий Договора, а на их невыполнении противоположной стороной, что существенно усложняет процесс переговоров.

Так, для достижения успеха и преодоления кризиса, садясь за стол переговоров, нам нужно ответить всего на один вопрос: «С какой целью был создан ДНЯО, и какую роль он играет сейчас?».

Литература:

1. Договор о нераспространении ядерного оружия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.un.org/russian/document/convents/npt.htm>
2. Резолюция 1540, принятая Советом Безопасности ООН на его 4956-м заседании 28 апреля 2004 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bio.su/nd_003.htm

ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СКОРОСТИ КОНВЕКЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА

Яковлева В.С.* , Фирстов П.П.** , Каратаев В.Д.* , Астанина Е.А.*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

**Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, б-р Пийпа 9.

С целью исследования временной динамики скорости конвекции почвенного радона был проведен ряд долгосрочных экспериментов в различных по геологическим и климатическим условиям регионах РФ. Скорость конвекции радона определяли по измеренной на разных глубинах объемной активности (ОА) радона в почвенном воздухе. Измерения ОА радона производили мгновенными и интегральными методами. В статье представлены результаты исследований скорости конвекции в различных локализациях г. Томска, г. Барнаула и на 3-х станциях Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона (Голубая Лагуна, Левая Авача, ИКР-2). Проведен корреляционный анализ данных по величине скорости конвекции и метеорологическим параметрам (температура атмосферного воздуха и грунта, атмосферное давление и влажность, количество осадков). Приведен диапазон изменения и среднее значение величины скорости конвекции подпочвенного радона для исследуемых регионов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА РАДОНА В НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Яковлева В.С.^{*}, Каратаев В.Д.^{*}, Фирстов П.П.^{**}, Черепенников Ю.М.^{*}

^{*}Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

^{**}Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, б-р Пийпа 9.

Для моделирования переноса радона широко используются диффузионно-конвективные модели, которые имеют простое аналитическое решение в случае многих ограничений и допущений (когда рассматривается 1 слой грунта).

Реальная среда является слоистой, поэтому при решении ряда задач необходимо учитывать наличие двух и более эманурующих слоев грунта с заметно различающимися характеристиками.

При рассмотрении неоднородных сред особенно, когда коэффициенты уравнения переноса являются функциями, а не постоянными, аналитическое решение невозможно. В данном случае используются численные методы для решения уравнений переноса радона, чему и посвящена работа.

В работе была проанализирована пригодность различных численных методов для решения диффузионно-конвективного уравнения переноса радона с разрывными коэффициентами. В случае, когда коэффициенты уравнения на границе двух сред резко изменяются, хорошие результаты дает интегро-интерполяционный метод построения однородных разностных схем (метод баланса). Этот метод учитывает непрерывность потоков и объемной активности радона на границе раздела двух сред.

В данной работе разработан и описан алгоритм решения диффузионно-конвективного уравнения переноса радона с разрывными коэффициентами. Проведены расчеты для многослойных геологических сред с помощью написанной на языке СИ программы «SimRaTran». Результаты расчетов численного моделирования и аналитического решения для 2-х и 3-слойных геологических сред показали хорошее согласие.

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ОДНОКРАТНОЙ ДОЗЫ ПРИ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

А. А. Павлова

Томский политехнический университет, г. Томск

Одним из перспективных направлений современной лучевой терапии (ЛТ) является интраоперационная лучевая терапия (ИОЛТ).

ИОЛТ приобрела к настоящему времени значительный клинический опыт. Однако, до сих пор отсутствует общепринятая методика оценки предельно допустимых однократных доз ИОЛТ.

Цель данной работы состояла в том, чтобы провести сравнительную оценку допустимых однократных доз ИОЛТ на основе нескольких известных радиобиологических моделей.

В качестве таких моделей в исследованиях применены модель время – доза – фракционирование (ВДФ), линейно – квадратичная модель (ЛКМ), модели Strandqvist и Liversage.

В результате расчетов получено, что допустимые однократные дозы по критерию ранних лучевых реакций находятся в пределах от 18 до 22 Гр, а по критерию поздних лучевых осложнений – в пределах от 13 до 15 Гр.

То есть все рассмотренные модели дают близкие значения предельно допустимой однократной дозы. Очевидно, что такой результат не может быть случайным и объясняется тем, что все рассмотренные модели разрабатывались достаточно долго и с необходимой тщательностью. Поэтому все они могут быть применены для оценки допустимой однократной дозы при ИОЛТ и для перевода высокой однократной дозы в эквивалентную ей суммарную дозу стандартного курса ЛТ. При этом все-таки следует иметь в виду, что наиболее щадящий режим облучения, как следует из сравнения полученных результатов, обеспечивает модель ВДФ.

Литература

1. Интраоперационная электронная и дистанционная гамма-терапия злокачественных новообразований /Под ред. Член-корр. РАМН, проф. Е.Л. Чойнозова и проф. Л.И. Мусабаевой. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006.-216 с.
2. Л.И. Мусабаева, М.Н. Нечитайло, В.А. Лисин Результаты комбинированного лечения с интраоперационной лучевой терапией и дистанционной гамма-терапией злокачественных новообразований отдельных локализаций // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2005. – Т. 50. - №2. - С. 46-55.
3. О.В. Едемская, А.В. Черниченко, И.В. Решетов Интраоперационная лучевая терапия: исторические аспекты, использование на современном этапе у больных с злокачественными опухолями головы и шеи // Российский онкологический журнал. – 2006. - №4. - С. 48-49.

СОЧЕТАНИЕ ИНТАОПЕРАЦИОННОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИЙ ПРИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Кондратьева А.Г., Лисин В.А, Матюнин С.А.

Томский политехнический университет

Лучевая терапия занимает большое место среди методов лечения злокачественных опухолей. Примерно 70% больных нуждаются в лучевом методе терапии, применяемом как самостоятельно, так и в сочетании с другими, преимущественно хирургическими. Внедрение в клиническую практику источников высоких энергий, искусственных радиоактивных изотопов и новых технических усовершенствований обеспечило заметное повышение результативности лучевого лечения.

Важной задачей, от решения которой зависит эффективность лучевой терапии, является расчет пространственного распределения дозы излучения в теле пациента. Поэтому методы расчета постоянно совершенствуются, увеличивается быстродействие и эффективность используемых алгоритмов и программ. В настоящее время лучевая терапия в основном представлена традиционной дистанционной гамма-терапией (ДГТ). Однако развиваются и новые методы, обеспечивающие сокращение сроков и повышение эффективности лечения больных, среди которых наибольший интерес представляет облучение пучками электронов и интраоперационная лучевая терапия (ИОЛТ).

ИОЛТ, как и всякий другой вид лучевой терапии, нуждается в развитии адекватных методов дозиметрического планирования. Целью работы является расчет пространственного распределения суммарной поглощенной дозы электронов и гамма – излучения.

Распределение дозы при гамма-облучении часто приводит к облучению окружающих опухоль здоровых тканей, к необходимости использования методов, распределяющих воздействие как по точкам ввода в тело (многополюсное облучение), так и по времени облучения (фракционирование). Такой способ позволяет сконцентрировать область с максимальной поглощенной дозой в некоторой области в глубине тела пациента, при этом избежав переоблучения тканей, лежащих между поверхностью тела пациента и опухолевым очагом.

Альтернативой гамма-аппаратам, служащих источниками фотонного ионизирующего излучения, являются электронные ускорители с выведенным электронным пучком. Преимущества ускорителей заключаются в малых размерах сечения пучка на мишени, в низком вкладе рассеянного излучения а, следовательно, меньшей интегральной дозе вне области воздействия частиц пучка. В качестве источника излучения в НИИ онкологии используется малогабаритный бетатрон с импульсным питанием, из которого выведен электронный пучок с энергией 6 МэВ.

ФТОРОАММОНИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА ИЗ ИЛЬМЕНИТА

А.А. Андреев, А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко

Томский политехнический университет

E-mail: andreev@phtd.tpu.ru

Диоксид титана входит в 20-ку важнейших неорганических соединений. В производстве пигментного диоксида титана используется около 90% ежегодно добываемых титановых минералов.

В настоящее время для получения титана и его соединений в мировой практике перерабатываются ильменитовый и рутиловый концентраты с помощью высококонцентрированной серной кислоты и хлора [1]. Известные технологии являются многостадийными, дорогостоящими и экологически небезопасными.

Практический интерес может представить безводная фторидная технология переработки ильменита. Наиболее перспективным фторирующим агентом является фторид аммония, его физико-химические свойства позволяют организовать замкнутый цикл производства [2]. Разработана фтороаммонийная технология переработки ильменита до диоксида титана и оксида железа (III) [3]. Экспериментальная часть работы проводилась на ильменитовом концентрате Туганского горно-обогатительного комбината, ЗАО «Ильменит» [4].

По разработанному способу получены образцы диоксида титана, проведен анализ. Чистота, размер частиц и фазовый состав позволяют использовать полученный диоксид титана в качестве синтетического неорганического пигмента белого цвета в соответствии с требованиями на данную продукцию (ГОСТ 9808-84). Экспериментально апробировано и доказано возможность фтороаммонийной переработки ильменита Туганского месторождения до пигментного диоксида титана. Предложена аппаратурно-технологическая схема фтороаммонийной переработки ильменитового концентрата до диоксида титана и оксида железа (III). Предложенная технология позволяет снизить себестоимость на 40 %.

Литература:

1. Тютин В.А., Первушин В.Ю. Технология производства диоксида титана: Обзор. информ. М.: НИИТЭХИМ. – 1984. – 40 с.
2. Раков Э.Г., Мельниченко Е.И. // Журнал Успехи химии. – 1984. – Т. 53. – № 9. – С. 1463.
3. Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Фторидная переработка ильменита // Современные неорганические фториды: Труды II Междунар. сибирского семинара ISIF-2006. – Томск, 2006. – С. 15–19.
4. www.ilmenit.ru.

Работа выполнена при финансовой поддержке
Администрации Томской области и ООО «Хемотекс»

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ФТОРИДНЫМ СПОСОБОМ

А.А.Андреев, А.Н.Дьяченко, Р.И.Крайденко

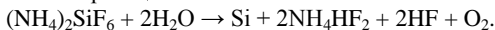
Томский политехнический университет

diachenko@phtd.tpu.ru

Поликристаллический кремний является сырьём для производства монокристаллов кремния для электронной промышленности. Стоимость поликристаллического кремния составляет 30-40 долл. за килограмм. Традиционные технологии получения кремния являются затратными вследствие сложного многостадийного процесса очистки кремниевого сырья с использованием высокотоксичных газообразных промежуточных соединений кремния. В последнее время ведутся работы по получению кремния через стадию гексафторосиликата аммония (ГФСА) [1,2]. В рамках данной работы продолжены исследования процесса получения поликристаллического кремния из раствора гексафторосиликата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$. Исследовалась кинетика выделения кремния, рассчитана термодинамические характеристики процесса. Свойство гексафторосиликата аммония способствующее коммерциализации технологии – это возможность его очистки от примесей методом сублимации. Очистка на стадии получения ГФСА значительно снижает себестоимость полученного кремния. ГФСА можно получать из оксида кремния с помощью фторида аммония по реакции:



Смешивают исходный оксид кремния и бифторид аммония, смесь нагревают до 350°-400°С, в результате ГФСА аммония испаряется и перегоняется в другую емкость, все примеси остаются в исходном сырье. Таким образом, сырьём для производства ГФСА может быть обычный кварцевый песок. После чего ГФСА аммония растворяется в воде, что позволяет произвести электролиз раствора и выделение из него элементного кремния по реакции.



Предлагаемая технология с большим экономическим эффектом может быть реализована в промышленности.

Литература:

1. www.ftortechnology.ru

2. А.А.Маракушев, И.А.Зубенко, Ю.Н.Маловицкий, В.С.Римкевич, Л.П.Демьянова Экспериментальное исследование несмесимости галогенидно-силикатных расплавов и получение кремния электролизом водного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ // Бюл.моск.о-ва испытателей природы.отд.геол.2005.Т80,вып.5, с.47-50.

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «Унитех», г.Томск

ПЕРЕРАБОТКА БЕРИЛЛИЕВОГО СЫРЬЯ С ПОМОЩЬЮ ФТОРИДА АММОНИЯ

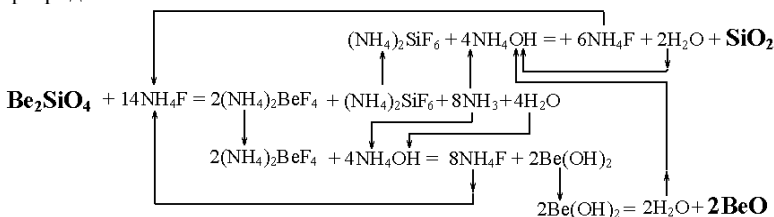
А.А.Андреев, А.Н.Дьяченко, Р.И.Крайденко

Томский политехнический университет

diachenko@phtd.tpu.ru

В России сосредоточены крупные запасы бериллиевых руд, при этом производство бериллиевой продукции в нашей стране отсутствует. В настоящее время ведутся работы по восстановлению горно-обогатительного комбината на Ермаковском месторождении (республика Бурятия), где планируется возобновить добычу бериллиевого концентрата [1]. В рамках данной работы проведены исследования и доказана возможность применения фторида аммония для вскрытия бериллиевых руд Ермаковского месторождения. Предложен запатентован и исследован новый метод переработки бериллиевого рудного сырья с возможностью получения оксида бериллия [2,3]. Метод основан на разложении берtrandита или фенакита фторидами аммония с последующим выщелачиванием тетрафторобериллата аммония и осаждением из раствора гидроксида бериллия. Рассчитана термодинамика и проведён термогравиметрический анализ процесса. Экспериментально исследована кинетика разложения оксида бериллия фторидом аммония. Впервые предложена технологическая схема замкнутого цикла переработки бериллийсодержащего сырья с помощью фторида аммония.

Предложена схема замкнутого фтороаммонийного цикла разложения фенакита на оксид кремния и оксид бериллия с регенерацией фторида аммония.



Литература:

- <http://www.metropolgroup.ru/industry/index.wbp>
- www.forttechnology.ru
- Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Способ разложения бериллиевых концентратов //Заявка на Патент РФ №2006139578 от 7.11.2006.

ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЛИТА ПРИ ФТОРИРОВАНИИ КАОЛИНА ФТОРИДОМ АММОНИЯ

Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Лубягина Е.Е., Фролов Е.С.
Томский политехнический университет

Муллит - керамический огнеупор состава $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, стоимость легковесного волокнистого муллитового огнеупора достигает 70 тыс. долл. за тонну. В настоящее время разработаны два основных метода производства синтетического муллита – прокаливание смеси фторида алюминия, оксида алюминия и оксида кремния и, второй метод, термическая диссоциация топаза [1]. Эти способы имеют некоторые недостатки, связанные в основном с технико-экономическими показателями: и необходимостью обращения с тетрафторидом кремния.

Предлагается рассмотреть новый способ получения муллита из каолиновых глин. При нагревании до 500—600 °С каолинит теряет воду, а при 1000—1200 °С разлагается с выделением тепла, давая вначале [силлиманит](#), а затем [муллит](#). Месторождения каолина обширны и хорошо разведаны. В сибирском регионе работает производство каолина на Туганском ГОКе.

Муллит, образованный при прямом прокаливании каолина (также, как и топаза), содержит до 40% оксида кремния, что значительно снижает его теплофизические свойства. Для получения качественного муллита необходимо удаление избыточного оксида кремния. Из обескремненного каолина возможно производство игольчатых легковесных муллитовых огнеупоров.

В прокалённом каолине содержится $\text{Al}_2\text{O}_3 - 46\%$, $\text{SiO}_2 - 54\%$. Для состояния муллита необходим состав $\text{Al}_2\text{O}_3 - 72\%$, $\text{SiO}_2 - 28\%$. Избыточный оксид кремния возможно удалить из каолина бифторидом аммония в виде летучего гексафторосиликата аммония:



После спекания полученного таким образом обескремненного каолинового сырья получают легковесные муллитовые блоки с плотностью 0,5-07 кг/дм³ и прочностью на сжатие 5 МПа.

Каолиновые глины наряду с топазом являются одним из наиболее выгодных сырьевых источников при производстве муллита. Отпадает необходимость в карьерной добыче, дроблении, измельчении и очистке от примесей. Избыточный оксид кремния выделяется из каолинита в виде «белой сажи». Фтораммонийное отделение оксида кремния позволяет получать муллит игольчатой формы и легковесные муллитовые огнеупоры.

1. Андреев А.А., Буйновский А.С., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Переработка алюмосиликатных руд фторидным методом // Новые огнеупоры, №5, 2006. с.8-11.

Работа выполнена при финансовой поддержке НПО «Урское», г.Кемерово

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ С ФТОРИДАМИ АММОНИЯ

А.А. Андреев, А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко, Ю.В. Островский*
 Томский политехнический университет, ФГУП НГПИИ «ВНИПИЭТ»*
 E-mail: kraidenko@phtd.tpu.ru

В настоящее время интенсивно проводятся работы, посвящённые новым методам переработки минерального сырья без использования таких экологически опасных реагентов как серная, азотная кислоты и др. Перспективным представляются фторидные методы разложения минерального сырья. Среди различных фторирующих агентов, таких как фтор, фтороводород, галогенфториды большой практический интерес представляют фториды аммония. С использованием программного комплекса «TERRA» были рассчитаны термодинамические характеристики реакций фторирования основных макрокомпонентов природных и техногенных минералов. Программный продукт «TERRA» предназначен для расчета состава и характеристик произвольных систем с химическими и фазовыми превращениями. Программа сопряжена с обширной базой данных свойств индивидуальных веществ, что делает ее пригодной для исследования произвольных по химическому составу композиций.

Результаты термодинамических расчётов реакций фторирования некоторых оксидов металлов фторидом приведены ниже в таблице. Определено, что фторирование фторидом аммония оксидов калия, кальция и марганца (II) возможно при 298 К, оксида олова (II) при 350 К, оксида алюминия при 360 К, оксида никеля при 380 К, оксида меди при 440 К, оксида кремния и железа (III) при 460 К, оксида титана при 550 К.

РЕАКЦИЯ (Темп- °С ΔH – кДж/моль, ΔG - кДж/моль·К)		298	400	600
$\text{KOH} + 2\text{NH}_4\text{F} = 2\text{KF} + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	-180	-179	-179
	ΔG	-319	-367	-460
$\text{CaO} + 2\text{NH}_4\text{F} = \text{CaF}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	-6	-6,1	-6,4
	ΔG	-142	-189	-280
$\text{MnO} + 2\text{NH}_4\text{F} = \text{MnF}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	127	163	125
	ΔG	-9	-56	-148
$\text{SnO} + 2\text{NH}_4\text{F} = \text{SnF}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	220	219	217
	ΔG	31	-1	-35
$\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{NH}_4\text{F} = 2\text{AlF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{NH}_3$	ΔH	436	434	430
	ΔG	33	-105	-377
$\text{NiO} + \text{NH}_4\text{F} = \text{NiF}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	172	176	170
	ΔG	35	-12	-104
$\text{CuO} + 2\text{NH}_4\text{F} = \text{CuF}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	ΔH	198	198	198
	ΔG	62	16	-75
$\text{SiO}_2 + 6\text{NH}_4\text{F} = (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	ΔH	386	386	387
	ΔG	101	3	-189
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{NH}_4\text{F} = 2\text{FeF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{NH}_3$	ΔH	512	511	509
	ΔG	102	-38	-314
$2\text{TiO}_2 + 4\text{NH}_4\text{F} = \text{TiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_3$	ΔH	476	476	475
	ΔG	195	0,8	-89

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ РАСПЛАВА УРАНА ОТ УГЛЕРОДА

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С.
Томский политехнический университет.

Опыты проводились на лабораторной установке при контактном вводе ультразвука (УЗ) в расплав урана, на навесках черного урана 500 гр. В тиглях из оксидов магния и кальция при остаточном давлении в кварцевой камере 10^{-2} - 10^{-3} мм.рт.ст., при 1200, 1300 и 1400°C, время обработки 1,3,5,10,20 мин. при каждой температуре, нагрев высокочастотный через графитовый нагреватель. Источником (УЗ) служил магнитострикционный преобразователь типа ПМС-15А-18. Волновод был изготовлен из титана марки ВТ-8, рабочий инструмент из тантала. Интенсивность (УЗ) составляла 10 Вт/см², частота 18 кГц.

Для определения коэффициента массопереноса применялось преобразованное уравнение первого закона Фика:

$$\lg \frac{C_2 - C}{C_2 - C_0} = -K \frac{F}{V} \tau, \quad (1)$$

где C_2 - равновесные концентрации углерода в уране, взятые из диаграмм состояния системы U-C; C_0 и C - начальная и конечная концентрации углерода в уране; K - коэффициент массопереноса; F - поверхность расплава объемом V ; τ - время процесса.

Из графической зависимости:

$$\lg \frac{C_2 - C}{C_2 - C_0} = f(\tau), \quad (2)$$

Коэффициент массопереноса (K) определяют из выражения:

$$K \frac{F}{V} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

где α - угол наклона прямых к оси абсцисс.

Из полученных данных следует, что коэффициенты массопереноса с ростом температуры увеличиваются;

При вакуумно-ультразвуковом рафинировании:

При 1200°C $K_c = 2,59 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$; При 1300°C

$K_c = 5,99 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$; При 1400°C $K_c = 6,24 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$,

При вакуумном рафинировании:

При тех же температурах K_c плавки, соответственно, $1,64 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, $2,11 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и $2,35 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, т.е. коэффициенты массопереноса при озвучивании расплава урана больше в среднем в 2,35 раза.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ РАСПЛАВА УРАНА ОТ АЗОТА

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С.

Томский политехнический университет

Опыты проводились на лабораторной установке при контактном вводе ультразвука (УЗ) в расплав урана, на навесках черного урана 500 гр. В тиглях из MgO при 1200 и 1300°C и из CaO при 1400°C, остаточное давление в кварцевой камере составляло 10^2 - 10^3 мм.рт.ст., интенсивность УЗ 10 Вт/см², частота 18 кГц., время обработки 1,3,5,10,20 мин. для каждой температуры.

Источником (УЗ) служил магнитострикционный преобразователь типа ПМС-15А-18, волновод был изготовлен из титана марки ВТ-8, рабочий инструмент из тантала.

Для определения коэффициента массопереноса применялось преобразованное уравнение первого закона Фика:

$$\lg \frac{C_2 - C}{C_2 - C_0} = -K \frac{F}{V} \tau, \quad (1)$$

где C_2 - равновесные концентрации азота в уране, находилось из уравнения:

$$C_2 = 2,45 \cdot 10^{-4} \exp \frac{-38800}{RT}; \quad (2)$$

C_0 и C - начальная и конечная концентрации азота в уране;

K - коэффициент массопереноса;

F - поверхность расплава объемом V ;

τ - время процесса.

Из графической зависимости:

$$\lg \frac{C_2 - C}{C_2 - C_0} = f(\tau), \quad (3)$$

Коэффициент массопереноса (K) определяют из выражения:

$$K \frac{F}{V} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

где α - угол наклона прямых к оси абсцисс.

С ростом температуры коэффициенты массопереноса при вакуумно-ультразвуковом и вакуумном рафинировании растут и составляют:

При 1200°C $5,14 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и $1,88 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$;

При 1300°C $6,16 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и $2,47 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$;

При 1400°C $7,32 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и $2,93 \cdot 10^{-3} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$,

Т.е. введение УЗ в расплав урана ускоряет процесс массопереноса при удалении азота в 2,57 раза.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА ПО АЗОТУ И УГЛЕРОДУ

Брус И.Д., Буйновский А.С., Тураев Н.С.

Томский политехнический университет.

Исследование влияния интенсивности ультразвука на процесс удаления азота и углерода из расплава урана проводилось при температуре расплава $t=1350^{\circ}\text{C}$, 10-ти минутном времени озвучивания различной интенсивностью 3,5; 7,08; 10,0; 17,80; 23,84 Вт/см².

Результаты исследования по очистке урана от азота и углерода приведены в таблице

№№, п/п	Интенсивность ультразвука, Вт/см ²	Содержание углерода		Степень очистки по углероду, %	Содержание азота		Степень очистки по азоту, %
		в черновом уране, % вес. · 10 ⁻⁴	в рафинированном уране, % вес. · 10 ⁻⁴		в черновом уране, % вес. · 10 ⁻⁴	в рафинированном уране, % вес. · 10 ⁻⁴	
1	3,50	5,73	3,56	37,7	11,7	н/обн	100
2	7,08	5,73	4,15	27,6	10,5	0,50	95,2
3	10,00	5,73	3,11	45,6	5,8	0,20	96,6
4	17,80	5,73	2,63	54,0	16,8	1,22	92,7
5	23,84	5,73	3,22	43,7	10,3	н/обн	100

Из таблицы видно, что максимальная очистка по углероду наблюдается в интервале интенсивности ультразвука 10-17,8 Вт/см². При интенсивности ультразвука более 17,8 Вт/см² скорость процесса очистки снижается, что связано, очевидно, с более интенсивным перемешиванием расплава и дополнительным измельчением неметаллических включений, содержащих углерод.

Во всем исследованном диапазоне интенсивности ультразвука степень очистки расплава урана по азоту сохраняется высокой и лежит в пределах 95-100%. Рост интенсивности ультразвука на процесс удаления азота из расплава влияет слабо, что указывает на некоторое различие в механизмах удаления углерода и азота из расплава урана.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ В СИСТЕМЕ ПЕНТАФТОРИД ЙОДА–ТРИФТОРИД БРОМА

Жерин И.И., Амелина Г.Н., Оствальд Р.В.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М.

Известно применение в качестве фторирующих реагентов смесей трифторид брома и гексафторид йода, при этом последний превращается в пентафторид йода [1].

В данной работе приведены результаты исследований равновесия жидкость–твёрдое в бинарной системе пентафторид йода–трифторид брома методом ДТА и визуально–политермическим.

Изучение системы осложнено наличием явления переохлаждения у трифторида брома – и в случае визуального определения – трудностью наблюдения образования или исчезновения почти бесцветных кристаллов пентафторида йода.

Трифторид брома и пентафторид йода образуют систему простого эвтектического типа. Температура эвтектики составляет $-30 \pm 0,5$ °С.

Рассматриваемая система проявляет незначительное отклонение от идеальной. При расчёте диаграммы по уравнению Шредера-Ле-Шателье необходимы точные данные по температурам тройных точек и теплоты плавления. Для трифторида брома эти характеристики по различным источникам однозначны, что же касается пентафторида йода, то в литературе приведены различные данные по его теплоте плавления: 2,682 ккал/моль, 3,8 ккал/моль и рассчитанное по разнице теплот сублимации и испарения составляет 4,01 ккал/моль [2, 3].

Для трифторида брома экспериментальная линия ликвидуса расположена ниже идеальной, то есть он обнаруживает слабо отрицательное отклонение от идеального. Иная картина наблюдается для пентафторида йода. Если принять в расчётах его теплоту плавления 2,682 ккал/моль, то он проявляет положительное отклонение; в двух других случаях пентафторид йода обнаруживает незначительное отрицательное отклонение. Из теории растворов следует, что в бинарных системах оба компонента проявляют одинаковый знак отклонения. На основании этого можно сделать вывод, что величины 3,8 ккал/моль и 4,01 ккал/моль более обоснованны. К этому выводу приводит и анализ значений коэффициентов активностей компонентов во всей области составов рассматриваемой бинарной системы.

Литература:

1. Д. В. Утробин. Дисс.... Канд. Хим. Наук. – М.: РНЦ КИ, 1994. –138 с.
2. И. В. Никитин. Фториды и оксифториды галогенов–М.:Наука,1989–118с.
3. Н. С. Николаев, В. Ф. Суховерхов, Ю. Д. Шишков и др. Химия галогидных соединений фтора. – М.: Наука, 1968. – 348 с.

РЕКТИФИКАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ UF₆ - IF₅ - BrF₃

Жерин И.И., Усов В.Ф., Амалина Г.Н., Оствальд Р.В.,

Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М.

Томский политехнический университет

В настоящем сообщении рассмотрены вопросы разделения систем состоящих из UF₆, IF₅, BrF₃ методом ректификации.

В работе [1] авторами были разработаны принципиально возможные технологические схемы разделения системы UF₆ – IF₅ – BrF₃ и составляющих её бинарных системах. Наиболее целесообразными представляются следующие схемы, основанные на применении процессов дистилляции, ректификации, сорбции и их сочетании.

Ректификационная схема характеризуется небольшим числом стадий и возможностью получения индивидуальных веществ высокой чистоты. Несмотря на внешнюю привлекательность, эта схема обладает весьма существенным недостатком, обусловленным природой разделяемых компонентов: все они являются сильными окислителями, особенно в конденсированном состоянии.

Вопросам ректификационного разделения UF₆ и других летучих фторидов, в том числе фторидов галогенов, посвящен целый ряд работ, например, [2, 3]. Отличительной особенностью процессов ректификации с участием UF₆ является необходимость поддержания повышенных давлений и температур (более 1,5 атмосфер и более 65 °С). В работе [3] приведены результаты разгонок бинарных систем UF₆ с ClF₃, HF, Br₂, BrF₃, BrF₅ и тройной смеси из UF₆ – ClF₃ – HF, а также смесей HF с Br₂, BrF₃ и BrF₅. Информация о ректификационном разделении системы UF₆ – IF₅ – BrF₃ в литературе отсутствует.

После проведенного обзора работ по ректификации систем на основе фторидов галогенов авторами была разработана и изготовлена схема экспериментальной установки, включающая в себя ректификационную колонну, последовательно установленные конденсаторы приёмники, защиту вакуумных насосов.

Литература:

1. Жерин И.И., Гордиенко В.В., Рудников А.И. и др. Разработка технологической схемы переработки продуктов динамической регенерации машин галогенфторидами. Отчет о НИР.: Томск, ТПУ, 1995.-23с.
2. Justin T. Long. Новый способ выделения урана из облученного топлива в виде летучих фторидов.: Ind. And Eng. Chem., 1959, 51, № 2.-р.169-173.
3. J.F.Ellis, L.H.Brooks and K.D.B. Johnson. Фториды урана II. Дистилляция смесей агрессивных летучих фторидов, содержащихся в UF₆.: J. Eng. Nucl. Chem., 1958, 6, №3.-р.199-206.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПРОЦЕССОВ ДИСТИЛЛЯЦИИ И РЕКТИФИКАЦИИ СИСТЕМЫ UF₆ - IF₅ - BrF₃

Жерин И.И., Усов В.Ф., Амелина Г.Н., Оствальд Р.В.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М.

С целью проведения анализа возможного применения дистилляционных и ректификационных методов для разделения системы UF₆ - IF₅ - BrF₃ авторами были проведены работы по изучению термодинамики фазовых равновесий в системах образованных UF₆, IF₅ и BrF₃ [1, 2]. Полученные данные легли в основу расчётов процесса дистилляционного разделения изучаемой системы, в результате которого были получены линии открытого испарения и линии дистилляции, для изотермических условий.

Ход всех кривых открытого испарения согласуется с основными положениями, доказанными на основе теории растворов [4], для всех кривых открытого испарения. Анализ процесса дистилляционного разделения смеси UF₆ - IF₅ - BrF₃ показал, что гексафторид урана удаляется из конденсированной системы практически полностью, а в процессе разделения конденсированная фаза насыщается трифторидом брома и IF₅. После исчерпывания гексафторида урана идёт разгонка бинарной системы IF₅ - BrF₃, при этом конечной точкой процесса будет являться чистый трифторид брома.

Данные теоретические расчёты совпадают и с экспериментальными результатами. При разделении системы UF₆ - IF₅ - BrF₃ в связи с присутствием в ней UF₆ необходимо поддержание повышенных давлений и температур (более 1,5 атмосфер и более 65 °С), однако после отгонки промежуточной фракции UF₆ - IF₅ переходили на пониженное давление (100 мм рт.ст.) и дальнейшей разгонке подвергалась бинарная система IF₅ - BrF₃. Приведенные данные показывают принципиальную возможность разделения системы UF₆ - IF₅ - BrF₃ ректификационным методом на чистые компоненты. Стоит отметить наличие переходных фракций, появление которых обусловлено динамической удерживающей способностью колонны. Полученные данные имеют высокую научную и прикладную ценность, так как они показывают принципиальную возможность ректификационного способа.

Литература:

1. И.И. Жерин, В.Ф. Усов, Р.В. Оствальд и др. Равновесие жидкость – пар в системе гексафторид урана – пентафторид иода при температурах 343,15 и 353,15 К // Журнал «Химическая технология». – М., 2003 – №3 – С. 25-30.
3. I.I. Zherin, V.F.Usov, R.V. Ostvald and ath. Heterogeneous equilibrium of liquid – stem in UF₆ – IF₅ – BrF₃ system // Proceedings of II Inter. sib. worksh. ISIF 2006. – Tomsk, 2006. – P. 307-311.
4. Жаров В.П., Серафимов Л.А. Физико-химические основы дистилляции и ректификации. – Л.: Химия, 1975. – 240 с.

ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ КОНДЕНСИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ – ПАР В СИСТЕМЕ $UF_6 - IF_5$

Жерин И.И., Усов В.Ф., Оствальд Р.В., Амелина Г.Н.,
Шагалов В.В., Гайдай И.В., Тюлюбаев З.М.
Томский политехнический университет

Данная работа посвящена изучению фазового равновесия в системе $UF_6 - IF_5$ при 50 °С. Изучение фазовых равновесий в указанной системе при такой температуре представляет особый интерес, поскольку при таких условиях в указанной системе проявляется ограниченная растворимость более летучего компонента (UF_6). Подобная ситуация является уникальной, поскольку ограниченная растворимость обычно характерна для компонентов обладающих меньшим давлением паров.

Полученные результаты могут быть сведены в диаграмму, которая является вариантом полной диаграммы фазового равновесия в системе с ограниченной растворимостью компонента обладающего наибольшей упругостью паров.

Экспериментальное изучение фазового равновесия между твердой, жидкой и паровой фазами в системе $UF_6 - IF_5$ показало, что при увеличении концентрации гексафторида урана, давление насыщенного пара в системе $UF_6 - IF_5$ увеличивается. В точке насыщенного по UF_6 раствора, равновесие характеризуется появлением в системе трех фаз: паровой, жидкой и твердой. Паровая фаза содержит гексафторид урана и пентафторид йода, жидкость содержит так же оба компонента и твердую фазу, представляющую собой кристаллы гексафторида урана. Согласно правилу фаз Гиббса система в этом случае становится невариантной и при дальнейшем увеличении содержания гексафторида урана в системе $UF_6 - UF_3$ давление насыщенного пара в системе остаётся постоянным. Состав и давление насыщенного пара так же не будет изменяться, а всё избыточное количество гексафторида урана в системе будет переходить в твёрдую фазу.

Полученные данные по равновесию между твёрдой, жидкой и паровой фазами позволяют определить области полной растворимости UF_6 в IF_5 и области существования раствора, насыщенного по гексафториду урана. Экспериментальный данные по растворимости гексафторида урана в пентафториде йода, полученные при изучении фазового равновесия конденсированное состояние – пар, были сравнены с экспериментальными данными полученными авторами при исследовании фазового равновесия твёрдая фаза – пар в этой же системе. Получено хорошее согласование этих данных.

СПОСОБ СИНТЕЗА KBrF_4 ВО ФТОРНОМ БАРБОТЕРЕ

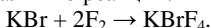
Жерин И.И.¹, Митькин В.Н.², Шагалов В.В.¹,
Оствальд Р.В.¹, Гайдай И.В.¹, Тюлюбаев З.М.¹

¹Томский политехнический университет

²Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН

Актуальность разработки новой технологий синтеза тетрафторобромата калия обусловлена отсутствием простого и безопасного способа синтеза. В настоящее время синтез тетрафторобромата калия осуществляется взаимодействием трифторида брома с хлоридом или фторидом калия. В первом случае образуется смесь газообразных брома и хлора, которые надо утилизировать и необходим большой избыток трифторида брома; во втором случае образуется плотный продукт, который необходимо подвергать измельчению. В обоих случаях избыток трифторида брома необходимо отгонять вакуумной дистилляцией при комнатной температуре, что приводит к усложнению процесса.

Настоящая работа посвящена методу получения тетрафторобромата калия из бромида калия и элементарного фтора. Кристаллический бромид калия подвергают прокаливанию для удаления следов воды и загружают в реактор синтеза. Далее в реактор заливают предварительно осушенный фреон с температурой кипения до 50 °С. Фтор для синтеза проходит две стадии очистки от фтороводорода (вымораживание при температуре около -100 °С с последующей сорбционной очисткой на фториде натрия при температуре 110 °С). После этого фтор с 10% избытком от стехиометрического количества через барботер подается в слой фреона в реакторе. Реактор во время синтеза охлаждается с помощью водяной рубашки до температуры 10 °С, при которой термодинамически выгодно образование тетрафторобромата калия. Растворенный фтор активно взаимодействует с бромидом калия по реакции:



После пропускания необходимого количества фтора его подачу прекращают и нагревают реактор до температуры 50 °С, при которой происходит удаление фреона и растворенного в нем избытка фтора. Данную смесь улавливают в вымораживающей ловушке и используют для получения следующей партии тетрафторобромата калия. Готовый продукт из реактора перегружается в емкости.

Тетрафторобромат калия, полученный по этой технологии синтеза, отличается высокой дисперсностью. Данная технология позволяет сократить стадию получения трифторида брома, при работе с которым предъявляются особые требования с точки зрения техники безопасности. Выход готового продукта составляет более 96%.

РЕКТИФИКАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ $\text{ReF}_6 - \text{ReF}_7 - \text{ReOF}_5 - \text{HF}$

¹Амелина Г.Н., ¹Жерин И.И., ¹Оствальд Р.В., ¹Усов В.Ф., ²Рудников А.И.

¹Томский политехнический университет,

²ФГУП «Сибирский химический комбинат»

В процессе фторирования металлического рения элементарным фтором в продуктах реакции присутствуют гекса-, гепта-, оксофториды и, возможно, низшие фториды рения. Соотношение различных фторидов рения зависит от условий фторирования: температуры, присутствия кислорода и т.д. Поскольку и низшие фториды, и оксофториды рения (за исключением оксопентафторида) являются труднолетучими веществами, то их можно отделить простой перегонкой. Таким образом, основными трудноотделяемыми примесями в гексафториде рения являются его гепта- и оксопентафторид. Кроме того, использование для фторирования технического фтора неизбежно приводит к присутствию в этой смеси некоторого количества фтороводорода.

С целью выделения гексафторида рения нами было проведено ректификационное разделение 1900 г смеси $\text{ReF}_6 - \text{ReF}_7 - \text{ReOF}_5 - \text{HF}$, полученной в результате фторирования порошка металлического рения техническим фтором при 300 °С в противоточном реакторе. Установка включала в себя насадочную ректификационную колонну высотой 1500 мм и диаметром 21×2,5 мм, а также системы измерения общего давления и перепада давления по колонне, отбора фракций дистиллята, автоматического регулирования и контроля температур.

Разделение проводили при атмосферном давлении. В течение 1 часа колонна работала в режиме полного орошения (при бесконечном флегмовом числе), затем начинали отбирать фракции. В продолжение всего процесса ректификации флегмовое число поддерживалось постоянным и было равно 6. Исходная смесь была разделена на 4 фракции: $(\text{ReF}_6 + \text{HF}) - 1,11\%$ масс.; $\text{ReF}_6 - 80,42\%$ масс.; $(\text{ReF}_6 + \text{ReF}_7 + \text{ReOF}_5) - 1,89\%$ масс.; $(\text{ReF}_7 + \text{ReOF}_5) - 16,58\%$ масс.

Таким образом, содержание ReF_6 в разделяемой смеси составляет не менее 80,4 %. Если предположить, что переходные фракции содержат только гексафторид рения, то его доля в смеси повышается до 83,4 %, т.е. в переходных фракциях остается около 3,5 % ReF_6 от его исходного количества. Степень выделения ReF_6 в отдельную фракцию составила не менее 96,5 % от его содержания в исходной смеси. Содержание гексафторида рения в выделенной фракции, определенное различными методами, составляло более 99,5 %.

ТЕРМОДИНАМИКА И РАСЧЕТ РАВНОВЕСНЫХ СОСТАВОВ ФАЗ В ПРОЦЕССЕ ОБЕСКРЕМНИВАНИЯ КВАРЦ-ТОПАЗОВОГО КОНЦЕНТРАТА БИФТОРИДОМ АММОНИЯ

Андреев В.А.

Северская государственная технологическая академия

e-mail: uranus238@sibmail.com

В технологии переработки силикатного сырья часто встает проблема разложения и удаления оксида кремния, который является одним из наиболее химически стойких компонентов силикатной породы [1]. Основной задачей фторидной технологии получения муллита из кварц-топаза является удаление избыточного оксида кремния из природного сырья [2]. Для изучения физико-химических основ процессов, протекающих при обескремнивании кварц-топаза, был выбран термогравиметрический анализ. Исследовались [3] смеси кварц-топаза с бифторидом аммония в соотношении, необходимом для удаления избыточного SiO_2 , а так же смеси оксида кремния с бифторидом аммония и оксида алюминия с $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$. Так же был проведен термодинамический анализ возможности протекания реакций взаимодействия бифторида аммония с основными компонентами кварц-топазовой руды при различных условиях и рассчитан равновесный состав газовой фазы, удаляющей при операции обескремнивания. Предложен наиболее вероятный механизм взаимодействия бифторида аммония с оксидом кремния и кварц-топазом в интервале температур 25-500°C, показана термодинамическая возможность протекания реакций, теоретически рассчитанные тепловые эффекты сопоставлены с результатами, полученными при термогравиметрическом исследовании.

Литература:

1. Мельниченко Е.И., Крысенко Г.Ф., Масленникова И.Г. Процессы обескремнивания при переработке и обогащении минерального сырья гидрофторидом аммония // ЖПХ.-1996. -Т.69, -Вып.8. -С.1248-1251
2. Дьяченко А.Н., Андреев А.А., Буйновский А.С., Крайденко Р.И. Обескремнивание кварц-топазовых руд бифторидом аммония. // Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности. Тез. докл. – Томск, 2005. –С. 69.
3. V.Andreev, A.Buiovskiy, A.Diachenko Researches of physicochemical basis of quartz-topaz desilicization by fluoride and bifluoride of ammonium // Advanced Inorganic Fluorides: Proceedings of the Second International Siberian Workshop ISIF-2006 on Advanced Inorganic Fluorides. – Tomsk.-2006. –P. 7-9

СЕЛЕКЦИЯ ИЗОТОПОВ МАГНИЯ ПРИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Андриенко О.С.¹, Егоров Н.Б., Индык Д.В., Цепенко Е.А., Дьяченко А.С.

¹Институт оптики атмосферы СО РАН

Томский политехнический университет

Известно, что при кристаллизации ионных кристаллов из водных, водно-органических или органических растворов происходит разделение изотопов. В работе [1] для разделения изотопов магния была использована многократная зонная перекристаллизация гексагидрата хлорида магния $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. В этом случае зона плавления служит местом, где с одной стороны постоянно накапливается изотопное обогащение, а с другой стороны фронтом кристаллизации фиксируется достигнутое при данном числе проходов обогащение материала. Как было показано в работе [1] на процесс разделения изотопов магния влияют: число ступеней перекристаллизации, скорость перемещения зоны расплава, воздействие на зону расплава магнитного поля и постоянного электрического тока. В данной работе было исследовано изменение содержания изотопов магния вдоль образца после зонной перекристаллизации. Условия проведения экспериментов было таким же, что и в работе [1].

Известно, что в случае зонной плавки примеси концентрируются на участке, составляющем примерно $\frac{1}{3}$ от длины слитка при небольших количествах ступеней перекристаллизации. В данном случае как обогащение для ^{24}Mg , так и обеднение для ^{26}Mg не локализованы вблизи концов образца $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, а занимают области протяженностью примерно $\frac{2}{3}$ его длины. Это указывает, что поведение изотопов и примесей при зонной перекристаллизации различно. Так как в качестве объекта исследования используется кристаллогидрат хлорида магния, то такое различие в поведении изотопов и примесей может быть связано с тем, что на процесс распределения изотопов магния при перекристаллизации накладывается процесс ионной сольватации (гидратации), которая может сдерживать диффузию ионов и препятствовать разделению изотопов.

Литература:

1. Андриенко О.С., Афанасьев В.Г., Егоров Н.Б., Жерин И.И., Казарян М.А. X Международная научная конференция «Физико – химические процессы при селекции атомов и молекул», 2005 г. Сборник докладов. – С. 187.

ХИТИН-ХИТОЗАНОВЫЙ КОМПЛЕКС В ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МОЛИБДЕНА ИЗ РАСТВОРОВ

Г.М. Афанасьев¹, Т.Е. Айтжанов²

¹ТОО «Проектно-конструкторская организация»

г. Степногорск, Республика Казахстан

²ГУ «Межоблгосатоминспекция»

г. Степногорск, Республика Казахстан

В технологии производства молибдена наибольшее распространение получили синтетические иониты, в частности, хорошо себя зарекомендовавшие аниониты АМ-2Б, Purolite А-100, Россион-12.

С целью повышения рентабельности (высокая стоимость синтетических ионообменных смол) и совершенствования метода сорбционного концентрирования молибдена из растворов карбоната натрия постоянно ведется поиск альтернативных сорбентов или методов выделения молибдена из растворов.

Одним из побочных продуктов в технологии производства β – каротина, подлежащих утилизации, является хитин. В результате щелочной обработки из хитина получен новый биосорбент – хитин-хитозановый комплекс. Были проведены исследования, направленные на изучение возможности применения хитин-хитозанового комплекса для сорбции молибдена из промышленных растворов существующего молибденового производства. Для оценки эффективности биосорбента параллельно определялись емкостные характеристики используемого в настоящее время синтетического анионита Пьюролайт А-100.

При пропуске через слой биосорбента подкисленного серной кислотой до $\text{pH}=2,5$ раствора натрия молибденовокислого с концентрацией молибдена $5,5 \text{ г/дм}^3$ и удельной нагрузкой процесса сорбции $1,5 \text{ ч}$ до начала «проскока» соответствующему содержанию молибдена в фильтрате $0,05 \text{ г/дм}^3$ было пропущено 10 удельных объема раствора. При этом расчетная динамическая обменная емкость сорбента (ДОЕ) по молибдену для хитин-хитозанового комплекса составила 185 мг/г . (для анионита Пьюролайт А-100 ДОЕ составила 197 мг/г). Для достижения полной динамической емкости сорбента (ПДОЕ) по молибдену через колонку, заполненную биосорбентом, было пропущено 98 удельных объемов. При этом достигнуто ПДОЕ, равное 385 мг/г (для анионита Пьюролайт А-100 ПДОЕ $\approx 430 \text{ мг/г}$).

Из проведенных исследований видно, что биосорбент, полученный из побочного продукта производства β – каротина по емкостным характеристикам не значительно уступает синтетическим ионитам и с успехом может быть применен для выделения молибдена из растворов.

СОРБЦИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROGOLD. СООБЩЕНИЕ 1.

В.П. Дмитриенко, И.И. Жерин, А.А. Андросов, В.М. Кузьминых, М.Е. Сидоров, В.Ф. Шестаев.

Томский Политехнический Университет

Многолетний опыт промышленной эксплуатации технологии извлечения золота сорбентом типа АМ-2Б показал, что наряду с безусловными достоинствами этого сорбента существует ряд недостатков, связанных со сложностью схемы ее регенерации: множество химических обработок (щелочно-цианидная, кислотная, кислотнo-тиомочевинная, щелочная, с последующими водными отмывками от реагентов) общей продолжительностью до 200 часов, применение дорогостоящей тиомочевины, выделение газообразной синильной кислоты при кислотной обработке, необходимость применения дорогостоящего кислотоупорного оборудования, запорной арматуры и т.д.

В 1997, 2001 годах в цехе №1 НГМК были проведены полупромышленные испытания сорбции золота из пульп на образцах ионитов, синтезированных в лабораторных условиях на основе сополимеров, предоставленных фирмой Purolite [1,2]. При проведении испытаний в многократных циклах сорбция-регенерация насыщенных ионитов, последняя осуществлялась одной операцией обработки щелочно-цианидным раствором с температурой 40-50°C с последующей водной отмывкой. Причем, оптимальным был признан раствор, содержащий 20 г/л NaCN+5 г/л NaOH. Проведенные испытания показали высокую эффективность новых сорбентов типа "PuroGold".

Применение ионитов типа "PuroGold" на предприятиях кучного и подземного выщелачивания, а так же на модульно-мобильных установках, извлекающих золото из руд малых месторождений, представляется еще более эффективным вследствие особенностей сложных полевых условий.

Технология извлечения золота ионитами типа "PuroGold" предусматривает электролитическое выделение металла из щелочно-цианидных регенератов с возвращением маточников электролиза в процесс цианирования исходной руды.

Для рудника Покровский применение ионита типа "PuroGold" для сорбции золота из растворов кучного выщелачивания (КВ) является особенно актуальным в связи с тем, что осуществленное на ЗИФ увеличение мощности по переработке руды привело к тому, что узел регенерации насыщенного сорбента, часть которого составляет смола, поступающая с участка кучного выщелачивания (УКВ), не обеспечивает необходимые технологические параметры процесса по времени регенерации ионита и скорости пропускания растворов/

СОРБЦИЯ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АНИОНИТОМ PUROGOLD. СООБЩЕНИЕ 2.

В.П. Дмитриенко, И.И. Жерин, А.А. Андросов, В.М. Кузьминых, М.Е.
Сидоров, В.Ф. Шестаев.
Томский Политехнический Университет

Применение ионитов типа "PuroGold" вместо ионитов типа АМ-2Б на предприятии с производительностью по руде 1 млн. т в год позволит в 8,5 раз сократить основные капитальные затраты на строительство цеха регенерации и в 5 раз годовые производственные затраты на регенерацию.

Выводы:

1. Средняя емкость насыщенного сорбента по золоту составила 1,22 мг/г (средняя исходная концентрация в растворе Au-1,08 мг/л; NaCN-131 мг/л; pH=10,49).

2. В период испытаний проведено 8 циклов сорбции-регенерации, после которых снижения сорбционных показателей сорбента "PuroGold" не произошло.

3. Проведены сравнительные исследования по определению сорбционных свойств сорбентов "PuroGold" прошедшего 8 циклов сорбции-регенерации и АМ-2Б из технологического процесса. При сорбции из продуктивных растворов КВ через 72 часа контакта средняя емкость сорбента "PuroGold" по золоту (0,97 мг/г) составила 54,8% от АМ-2Б (1,77 мг/г). Через 72 часа насыщения из реальной пульпы емкость сорбента "PuroGold" (2,48 мг/г) составила 59,2% от емкости АМ-2Б (4,19 мг/г).

4. Регенерация сорбента "PuroGold" раствором 20 г/л NaCN+5 г/л NaOH в количестве 10 об./об, общая продолжительность регенерации (десорбция золота и примесей) – 16 часов, при температуре 60°C обеспечивает необходимую степень десорбции золота ($E_{\text{ост}}=0,17$ мг/г) и очистки от примесей (Ag, Cu, Zn, Fe, Ni, Co).

5. Определены технологические параметры процессов сорбции золота ионитом "PuroGold" и его регенерации для условий работы в промышленных противоточных системах.

6. Выданы исходные данные для технико-экономического сравнения применения сорбентов "PuroGold" и АМ-2Б для промышленной сорбции золота из растворов кучного выщелачивания.

7. Результаты испытаний дают основание для рекомендации ионита типа "PuroGold" для сорбции золота из растворов кучного выщелачивания в промышленном масштабе, после доработки фирмой Purolite его физико-химических и сорбционных свойств (емкость по золоту не менее 70% от емкости АМ-2Б в тех же условиях).

ХЕМОСОРБЦИЯ ИОНОВ ЗОЛОТА АГАР-ИММОБИЛИЗИРОВАННЫМИ СУЛЬФИДАМИ МЕТАЛЛОВ

Егоров Н.Б., Фитерер И.П., Цепенко Е.А., Дьяченко А.С.

Томский политехнический университет

Среди разнообразных типов сорбентов наиболее часто для извлечения и концентрирования благородных металлов применяют неорганические и комплексообразующие сорбенты. Из неорганических сорбентов наибольшее применение для извлечения и концентрирования благородных металлов нашли сульфиды ряда металлов. Сульфидные сорбенты проявляют селективность по отношению к катионам, образующим нерастворимые сульфиды. Основная реакция обмена представляет собой реакцию замещения катиона сульфида соответствующим ионом из раствора. В водной среде реакция протекает с большой скоростью.

Основной целью данной работы являлось отработка получения сорбентов на основе агара, содержащих сульфиды: кадмия, свинца, цинка, серебра, кобальта (II), никеля (II), меди (II), железа (II), марганца (II) и сравнение их сорбционной способности по отношению к извлечению микроколичеств золота из водных растворов.

Исследование процесса сорбции ионов золота проводилось в статических условиях из его хлоридных растворов при температуре 20 ± 1 °С. Концентрация растворов, содержащих золото, составляла 10^{-4} моль/л. Массу золота, перешедшего из раствора в агаровую матрицу, находили по разнице количества золота до и после процесса сорбции. Содержание золота определяли методом потенциометрического титрования.

Как показал рентгенофлуоресцентный анализ сорбентов до и после их взаимодействия с разбавленными растворами золота во всех исследованных случаях происходит замещение иона металла в агаровой матрице на ион золота.

Исследование влияния концентраций агара и сульфидов металлов на сорбцию золота из растворов показало, что наилучшими сорбентами являются FeS, CdS и ZnS. Оптимальная концентрация агара для обоих сорбентов составила 60 г/л.

Полученные результаты указывают на перспективность применения некоторых металлосульфидов, внедренных в агаровую матрицу, для сорбции ионов золота из разбавленных растворов, сточных вод и отработанных технологических растворов.

КИНЕТИКА ЖИДКОФАЗНОГО ФТОРИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УРАНА РАСТВОРАМИ $\text{BrF}_3 - \text{HF}$, $\text{ClF}_3 - \text{HF}$

И.И. Жерин, А.И. Савицкий, В.Ф. Усов

Томский политехнический университет

Основным видом топлива энергетических реакторов на тепловых нейтронах является диоксид урана. Одним из перспективных методов переработки облученного ядерного топлива являются фторидно-дистилляционные, основанные на фторировании топлива с последующим разделением фторидов вследствие их различной летучести. В качестве реагентов могут быть использованы фтор и фториды галогенов (трифторида хлора, трифторида брома, пентафторида брома); применение последних позволяет проводить фторирование как в газовой, так и в жидкой фазах. Это обеспечивают хорошую теплопередачу и высокую скорость растворения.

Исследования взаимодействия таблеток диоксида урана с жидкими растворами $\text{BrF}_3 - \text{HF}$, содержащими 20...80 % масс. BrF_3 [1], а также фторирование диоксида урана растворами ClF_3 [2], проводили методом непрерывной гравиметрии в термостатированном реакторе с интенсивным перемешиванием при температурах 283,15 – 353,15 К.

Кинетика растворения диоксида урана в смесях $\text{BrF}_3 - \text{HF}$ и $\text{ClF}_3 - \text{HF}$ описывается моделью равномерно уменьшающегося зерна с одновременным вступлением в реакцию всех точек поверхности, математическое уравнение которой имеет вид [3]:

$$(1 - \alpha)^{1/2} = 1 - k\tau, \quad (1)$$

где: α – степень реагирования, масс.доли; k – кажущаяся константа скорости реакции, с^{-1} ; τ – время реагирования, с.

Из зависимости констант скорости реакции (k) от температуры определены энергии активации, которые изменяются от 23,4 до 27,8 кДж/моль в зависимости от плотности таблеток и состава смесей. Энергия активации рассматриваемых процессов характеризует первую переходную область гетерогенной кинетики по Зельдовичу [3].

Литература:

1. Курин Н.П., Тушин П.П., Савицкий А.Н., Жерин И.И. //Сб.: Химическая технология и автоматизация предприятий ядерного топливного цикла.- Томск: ТПУ, 1999.- С.25-39.
2. Курин Н.П., Жерин И.И., Усов В.Ф. и др. // Известия ВУЗов. Физика, 2000. - Т.43. - № 5. - С.51-56.
3. Розовский А.Я. Кинетика химических реакций. – М.: Химия, 1974.

НАНОПОРИСТЫЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ (ОБЗОР)

Митькин В.Н.^{1,2}, Левченко Л.М.¹

¹*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,*

e-mail E-mail: mit@che.nsk.su

²*ОАО Новосибирский завод химконцентратов*

Одним из важнейших направлений современной химической энергетики является создание новых типов материалов для длительного хранения и преобразования энергии, причем к ним предъявляется целый набор требований: максимально возможная плотность энергии, долговечность и высокая циклируемость, широкий диапазон р,Т-условий эксплуатации, простота, безопасность и надежность использования в технических устройствах, а также экологическая чистота. Для решения этих задач весьма перспективно применение нанопористых структур на основе углерода с максимально возможным объемом пор (при сохранении механической прочности), заполненных энергоносителями на основе некоторых легких элементов и их соединений (Н, Li, С, О, F, Mg, Al и др.).

В настоящем сообщении рассмотрены результаты совместных работ ИНХ СО РАН и ОАО НЗХК в области создания высокопористых нанокон-позитов (НКМ) на основе мезофазного углерода, сверхстехиометрического углерода, а также углерод-фторуглеродных матриц ФУКМ для устройств химической энергетики и сенсорного применения – электродов литиевых источников тока и топливных элементов, металл-гидридных НКМ (в т.ч. для хранения водорода), резистивов, катализаторов, НКМ-термопар и др..

С привлечением данных физико-химических исследований строения и свойств высокопористых НКМ изучены процессы окисления мезопористых матриц НУМС и гидрофилизации поверхности фторуглеродных (ФС) и углерод-фторуглеродных матриц ФУКМ. Созданы схемы управления пористостью матриц НУМС и НУМС-О, обеспечения заданного сочетания гидрофобности и гидрофильности матриц ФС-ОН и ФУКМ-ОН и разработаны эффективные процессы получения новых типов функциональных НКМ и устройств на их основе для хранения и преобразования энергии (в том числе в форме активных металлов и их гидридов). Получены матрицы НУМС-О с пористостью 40-90% и металл-углеродные НКМ для литиевой и водородной энергетики с удельной емкостью и энергией на 15-50% выше мировых аналогов. Получен ряд патентов ОАО НЗХК и ИНХ СО РАН (в т.ч. иностранных) и продолжается патентование результатов НИР.

НИР выполнены при финансовой поддержке ОАО НЗХК и Госконтрактов Роснауки № 02.434.11.2001. (2005-2006) и 02.513.11.3212 (2007).

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ – МИКРОПРИМЕСЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Заякина С. Б.^{1,2}, Аношин Г.Н.¹, Митькин В.Н.²

¹Институт геологии и минералогии СО РАН

²Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН

В работе приводятся результаты, полученные на новой экспериментальной установке, позволяющей одновременно регистрировать спектры как всей навески в целом (интегральный способ), так и отдельной частицы пробы (сцинтилляционный способ). Одновременная регистрация спектра пробы двумя способами дает уникальные возможности для исследования дисперсных технологических проб: позволяет определить количественное содержание микропримесей в пробе и получить информацию о распределении элементов.

Экспериментальная установка. Особенность использованной в настоящей работе установки состоит в том, что плазменный факел двухструйного дугового плазмотрона новой конструкции, расположен на общей оптической оси двух дифракционных спектрографов: ДФС-8 ($\Delta\lambda/l = 0.3$ нм/мм) и ДФС – 458 ($\Delta\lambda/l = 0.5$ нм/мм). Для регистрации спектров в кассетных частях спектрографов располагаются многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров МАЭС, являющиеся средством измерения интенсивности спектральных линий. Сцинтилляционный способ регистрации реализован на ДФС-8 с решеткой 1200 шт/мм, в кассетной части которого была установлена один кристалл, содержащий 2580 фотодиодов с шагом 12,5 мкм. Чувствительность современных линеек фотодиодов позволяет получать приемлемые интенсивности спектральных линий при времени экспозиции единицы миллисекунд. За 1с регистрировали 200 спектров, каждый из которых содержит информацию о содержании элементов в образце массой 5×10^{-4} г. Уменьшение времени экспозиции позволило снизить предел обнаружения большинства элементов на 1,5-2 порядка по сравнению с интегральным способом регистрации. Пределы обнаружения для большинства элементов определены на уровне 10^{-6} масс.%, что позволяет надежно регистрировать сигнал от частицы, содержащей 10^{-9} г определяемого элемента.

Возможности регистрации одновременно двумя способами демонстрируются на результатах, полученных при исследовании стандартных геохимических образцов, предназначенных для градуировки сцинтилляционных спектрометров (изготовлены ГЕОХИ СО РАН, г. Иркутск).

ПРИМЕНЕНИЕ ФТОРИДНЫХ СОЛЕВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТИТАНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Карелин В.А., Каменева О.В.

Северская государственная технологическая академия
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
E-mail: vladimir@seversk.tomsknet.ru

Предложен принципиально новый фторидный способ синтеза высокочистого порошка титана из его тетрафторида [1]. В завершающей стадии технологического процесса впервые использован электролитический метод разложения TiF_4 в низкоплавкой эвтектике фторидных солей щелочных металлов. Использование этого способа в промышленной практике позволит исключить загрязнение окружающей среды вредными химическими веществами и получить высокочистый порошок титана. Для этого исследованы тройные эвтектические смеси фторидных солей LiF-KF-NaF и рекомендована эвтектика состава 0,5M LiF – 0,39M KF – 0,11M NaF ($t_{пл}=472\text{ }^{\circ}\text{C}$) [2].

Для проведения исследований по осуществлению процесса электролитического разложения тетрафторида титана с получением на катоде металлического порошка титана, а на аноде элементного фтора разработана опытная электролитическая установка.

В таблице представлены результаты анализа титанового порошка, полученного в результате электролиза TiF_4 в эвтектике фторидных солей (LiF-KF-NaF). На основании выполненных исследований предложена схема получения уранового порошка электролитическим методом.

Таблица. Химический состав электролитического порошка титана

Элемент	Содержание, мас. %	Элемент	Содержание, мас. %
Ti	основа	Cr	$3 \cdot 10^{-3}$
Ni	0,17	Mo	$2 \cdot 10^{-3}$
Cu	$6 \cdot 10^{-2}$	Co	$1 \cdot 10^{-3}$
Mg	$3 \cdot 10^{-2}$	Sn	$1 \cdot 10^{-3}$
Fe	$2,4 \cdot 10^{-2}$	Mn	$< 1 \cdot 10^{-4}$
Nb	$1,2 \cdot 10^{-2}$	Ca, Si	$< 5 \cdot 10^{-3}$
W	$< 1 \cdot 10^{-2}$	Al, Mg, Pb	$1 \cdot 10^{-3}$
Zn	$9 \cdot 10^{-3}$	Zr	$3 \cdot 10^{-3}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин В. А., Каменева О. В. Фторидный метод переработки рутилового концентрата. // Известия ТПУ, Т. 309, № 3, 2006, С. 95-103.
2. Королев Ю.М., Столяров В.И. Восстановление фторидов тугоплавких металлов водородом. – М.: Металлургия, 1981. – 184 с.

УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ

Левченко Л.М., Митькин В.Н., Шавинский Б.М., Бейзель Н.Ф.
Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН
e-mail luda@che.nsk.su

Разнообразие возникающих технологических и экологических задач требует постоянного совершенствования свойств модифицированных углеродных сорбентов, создания научно обоснованных и практически целесообразных методов синтеза и управления их характеристиками.

Нами было проведено физико-химическое исследование наноструктурных композиционных материалов на основе углеродных и углерод-фторуглеродных матриц НУМС-О, ФУКМ-ОН, ФС-ОН и оптимизированы способы получения гидролизованных (гидрофильных) фторуглеродных материалов и на их основе разработаны сорбенты селективные по щелочным и щелочноземельным металлам.

Основной задачей настоящей работы было изучение процессов сорбции Na, Ca, Ba, Rb, Cs, Sr на новых типах композиционных модифицированных углеродсодержащих сорбентов из модельных и технологических растворов с целью оценки перспектив использования сорбентов для очистки жидких радиоактивных отходов от радионуклидов бария, стронция и цезия.

Изучение селективных свойств полученных сорбентов по отношению к ионам натрия, кальция, цезия и стронция проводили при комнатной температуре на модельных растворах хлоридов натрия, кальция, стронция и цезия в диапазоне концентраций 50-470 мг/л.

Статическую емкость (СЕ) рассчитывали по формуле $CE = (C_{исх} - C_{равн}) / 100 * g$. Получены результаты усредненных ($n = 4-5$) опытов по статике и динамике сорбции. По кинетическим кривым сорбции щелочных металлов, т.е. изменения остаточной концентрации натрия (кальция и т.д.) в растворе от времени определено время установления равновесия.

Показано, что сорбция щелочных и щелочно-земельных металлов из растворов на углеродной и фторуглеродной поверхности происходит по хемосорбционному механизму, которая описывается в приближении уравнением Лэнгмюра и Фрейндлиха. Обнаружена чрезвычайно высокая адсорбционная способность по кальцию сорбентов ФУКМ-ОН-Sb.

Показано, что сорбенты на основе матриц НУМС-О-Sb, ФС-ОН-Sb и ФУКМ-ОН-Sb имеют статическую емкость по натрию на уровне 2-4 мг/г, что позволяет рекомендовать эти сорбенты для использования в сорбционных технологиях.

ЗАЩИТА МОЛИБДЕНОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ СПЕКАНИИ ДИОКСИДА УРАНА ОТ ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ ДИФфуЗИИ КИСЛОРОДА И АЗОТА

Макаров Ф.В.¹, Гузеев В.В.¹, Гузеева Т.И.²

¹Северская государственная технологическая академия,

²Томский политехнический университет.

При производстве таблеток энергетического диоксида урана на заключительной стадии их спекания в печах в восстановительной атмосфере используются молибденовые контейнеры. В процессе эксплуатации происходит уменьшение пластичности, прочности, на рабочей поверхности образуются микротрещины и она загрязняется оксидами урана. В результате молибденовые контейнеры становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации, выводятся из производства и складировются на предприятиях атомной промышленности.

Ввиду высокой стоимостью молибдена на Российском рынке, нами бала предпринята попытка по увеличению срока службы молибденовых контейнеров.

Основной причиной разрушения молибденовых контейнеров, как нами было выяснено, является зернограничная диффузия водорода, газообразных соединений азота и углерода, которая приводит к образованию на поверхности границ зерен молибдена карбидов и нитридов молибдена, вызывая твердометаллическую хрупкость [1].

Для защиты молибдена от воздействия газообразных примесей из атмосферы печи методом газотранспортных реакций на образцы молибдена было нанесено защитное покрытие из ниобия толщиной 0,03 мм. Образцы молибдена с нанесенным покрытием были испытаны в промышленных условиях – в водородной печи спекания таблеток из диоксида урана. После прохождения образцами 20 эксплуатационных циклов были исследованы металлографические, рентгеноструктурные и механические свойства молибдена.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение, что защитная пленка из ниобия уменьшает образование карбидных и нитридных фаз на границах молибдена и количество дефектов, что приводит к увеличению долговременной прочности.

Литература:

1. Андреев Г.Г., Гузеева Т.И., Макаров Ф.В., Иванов М.Б. Состояние поверхностных слоев молибденовых лодочек, используемых для восстановления диоксида урана // Известия вузов. Физика. – 2004. – Т.47, №12. – С. 219-223.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ УРАНА СИЛЬНООСНОВНЫМ АНИОНИТОМ LEWATIT K 6267 ИЗ АММИАЧНО-НИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ

Е.А. Минаева, И.Д. Трошкина, Д.А. Брыксин

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

г. Москва. E-mail: tid@rctu.ru

В работе исследованы кинетические характеристики сорбции урана сильноосновным анионитом Lewatit K 6267 из аммиачно-нитратных растворов, которые образуются при гидromеталлургической переработке урансодержащих продуктов.

Кинетику сорбции урана анионитом Lewatit K 6267 (диаметр зерна - 0,8 мм) изучали методом ограниченного объема раствора в интервале температур от 20⁰С до 60⁰С. Продолжительность контакта сорбента с раствором составляла от 0,25 до 4 ч.

Для определения лимитирующей стадии сорбции урана ионитом Lewatit K 6267 данные интегральных кинетических кривых были обработаны в функциональных координатах: $-\ln(1-F) - \tau$. Линейный характер зависимости позволяет сделать предположение, что сорбция урана лимитируется внутренней диффузией.

С учетом времени полуобмена рассчитаны коэффициенты внутренней диффузии урана в сильноосновный анионит Lewatit K 6267, которые увеличиваются от $(7,1 \pm 0,8) \cdot 10^{-12}$ м²/с (20⁰С) до $(2,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-11}$ м²/с (60⁰С). Порядок коэффициентов диффузии урана в этом анионите подтверждает внутридиффузионный механизм сорбции. По уравнению, подобному уравнению Аррениуса, была рассчитана кажущаяся энергия активации процесса сорбции урана сильноосновным анионитом Lewatit K 6267, которая составила $(20,1 \pm 3,8)$ кДж/моль. Полученное значение кажущейся энергии активации может свидетельствовать о некотором вкладе внешней диффузии в этот процесс.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФТОРОКИСЛИТЕЛЕЙ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ (ОБЗОР)

В.Н. Митькин

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,

E-mail: mit@che.nsk.su

Более чем полувековая история применения фторокислителей (ClF_3 , BrF_3 , BrF_5 , KBrF_4 , XeF_{2n}) в неорганическом анализе показала, что эти реагенты незаменимы в ряде специфических областей геоанализа (изотопный анализ O, S, Se и др.), хроматографии, фторной бомбовой калориметрии. Основные перспективы расширения сферы их применения в неорганическом анализе ближайшего десятилетия связаны с дальнейшим прогрессом в разработке новых, более универсальных методов подготовки проб, гарантирующих экспрессность и полноту разложения, гомогенное распределение анализируемых элементов во вскрытых пробах, точность, безопасность, простоту и совместимость с инструментальными окончаниями.

Созданы научные основы аналитического применения фторидного разложения проб различного минерального состава с применением газообразных, жидких и твердых фторокислителей в открытых системах «газ - твердое», изолированных системах «жидкость - твердое», а также в системах «твердое-твердое», в т.ч. для анализа примесей в топливном уране.

Наиболее изучено использование окислительного фторирования для быстрого перевода благородных металлов (БМ) в окисленное состояние и показано, что это достаточно универсальная процедура. На примерах десятков проб природного и техногенного происхождения (в том числе сертифицированных отечественных и международных стандартов) показано, что для эффективного разложения макроосновы и анализа содержаний БМ в пробах любой сложности могут быть использованы различные фторокислители, причем выбор типа окисляющего фторагента и условий проведения разложения зависит от физико-химических свойств макроосновы анализируемого материала и ее состава. Разработаны схемы перевода фторидов в стандартные формы, использующиеся в ААС, АЭС ИСП и др. Применение фторирования в сочетании с другими приемами (концентрирование, сульфатизация и др.) гарантирует отсутствие потерь и позволяет достоверно определять БМ в любых материалах, в т.ч. в черных сланцах, при их содержании от 10^{-8} до 100%,

Проанализированы проблемы безопасного применения фторокислителей в неорганическом анализе и показано, что наиболее удобным для обычных аналитических лабораторий реагентом является KBrF_4 , к производству которого (в том числе в мелких фасовках), при наличии заявок, могли бы приступить Российские атомные предприятия, в т.ч. ФГУП СХК.

ПРИМЕНЕНИЕ EXAFS ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦИРКОНИЯ

О.А. Ожерельев, Н.К. Мереуца.

Северская государственная технологическая академия

Сотрудниками совместной научно-исследовательской лаборатории «Фторидные процессы и материалы» Северной государственной технологической академии и Института Катализа имени Г.К.Борескова, с привлечением студентов химико-технической специальности СГТА создается физико-химическая модель сублимационной очистки фторидов циркония, гафния, титана от примесей 3d-переходных металлов[1]. Моделирование позволяет внести существенный вклад в механизм исследования гетерогенных процессов и применить полученные результаты для многих других физико-химических процессов.

Ядерно-физическими методами исследования найдено, что в ходе сублимационной очистки ZrF_4 поверхность циркониевой подложки обогащалась примесями металлами и фтором и обеднялась кислородом. Качественный и количественный анализ поверхности подложки до и после её использования в качестве селективного сорбента для сорбции летучих фторидов 3d-металлов проводили с помощью электронной микроскопии (ЭМ) в просвечивающем растворе вариантах, оже-спектроскопии (ЭОС), вторично-ионной масс-спектроскопии (МСВИ), и РФА. На основании полученных данных предложена модель необратимой хемосорбции MeF_n , где Me-Fe, Ni, Cr, Mn, Cu на циркониевой подложке в условиях сублимационной очистки.

Для изучения механизма гетерогенного взаимодействия в работе предлагается использовать EXAFS-спектроскопию. Для EXAFS-исследования в режиме измерения интенсивности вторичной рентгеновской флюоресценции был снят спектр К-края поглощения атома железа в приповерхностных слоях циркониевой подложки на EXAFS-станции. Из спектра поглощения выделена дальняя тонкая структура EXAFS-осцилляций и проведен анализ полученных осцилляций. На основе промежуточных данных смоделированы EXAFS-осцилляции предполагаемых структурных единиц с атомом железа и определена структура соединения – Fe_2O_3 . Полученные структурные данные - межатомные расстояния R,A-1,811 и 2,970, координационные числа N-2,031 и 2,915,а также факторы Дебая-Уоллера σ -0,009 и 0,017 для соответствующих координационных сфер.

Литература:

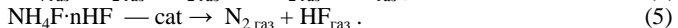
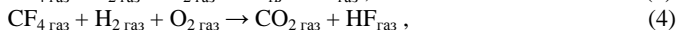
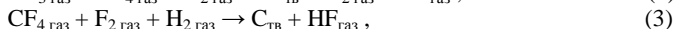
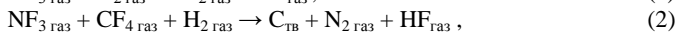
- 1 Ожерельев О.А.Сублимационная очистка фторидов циркония, гафния, титана от примесей 3d-переходных металлов, ISBN 5-02-032459-0, Наука, Новосибирск, 2005, 135 с.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФТОРИДОВ

Д.С.Пашкевич, Ю.И.Алексеев, В.Б.Петров, Д.А.Мухортов, М.П.Камбур,
В.С.Асович
ООО «НьюКем», ФГУП «РНЦ «Прикладная химия»,
E-mail: pdsac@peterlink.ru

При производстве трифторида азота (ТФА) фторированием расплава кислого бифторида аммония фтором образуются отходы неорганических фторидов – некондиционный ТФА, тетрафторметан, их смеси и кислый бифторид аммония. Все эти вещества содержат фтор, который целесообразно регенерировать из них.

Поэтому было проведено исследование процесса регенерации фтора в виде безводного фтористого водорода из вышеперечисленных соединений и их смесей по схемам:



Процессы (1-4) осуществляли в режиме горения, процесс (5) – гетерогенно-каталитический.

Определены условия формирования пламени и состав продуктов процессов (1-5) в зависимости от соотношения исходных компонентов. Установлено, что при определенных условиях удается добиться полной конверсии и трифторида азота и тетрафторметана в пламенном процессе с получением фтористого водорода. Установлено, что в процессе (4) карбонилдифторид не образуется, а процессы (2) и (3) могут стать способами синтеза тетрафторэтилена.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ИЗОТОПОВ

В.И. Сачков, М.А. Казарян, О.С. Андриенко,
С.Т. Кабаев, А.С. Князев, Т.Д. Малиновская, В.С. Мальков

В настоящей работе проведены исследования возможности применения лазерного излучения для управления термодинамикой и кинетикой гетерогенных физико-химических процессов протекающих на границе раздела фаз.

Теоретические оценки процессов адсорбции/десорбции и фотокаталитического превращения молекул на поверхности нанополупроводников показали принципиальную возможность осуществления селекции молекул органической и неорганической природы. На основании полученных теоретических результатов был проведен эксперимент по изучению возможности разделения изотопов углерода в условиях реакции окисления CO в CO₂ на поверхности нанодисперсных полупроводниковых катализаторов (In₂O₃:Sn, SnO₂:Sb и др.). Для управления молекулярно-кинетическими процессами применялось излучение лазера, селективно отстроенного на резонансную частоту поглощения молекул моноизотопного конечного продукта. Для осуществления процесса был разработан оригинальный лабораторный стенд. Коэффициенты разделения молекул рассчитывались на основании данных масс-спектрометрии. Полученные экспериментальные результаты качественно согласуются с проведенными теоретическими оценками, а практически достигнутые коэффициенты обогащения углерода свидетельствуют о высокой эффективности управления молекулярно-кинетическими процессами на границе раздела фаз посредством лазерного излучения.

В настоящее время ведутся работы по расширению области применимости данного метода для других веществ и возможности применения различных типов лазерных систем в различных спектральных диапазонах.

Работа выполнена в рамках работ по проекту Минобрнауки РФ РНП.2.2.2.3.6265 и поддержана грантами CRDF Y3-C16-09 и РФФИ 06-08-01227-а.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДА ЦИНКА И ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ТАБЛЕТИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИНКА, ОБЕДНЕННОМУ ПО ИЗОТОПУ Zn⁶⁴

Г.М. Скорынин, Д.Б. Кононов, О.А. Морозов, Д.В. Тимофеев
ФГУП «Производственное объединение «Электрохимический завод»,
Т.И. Гузеева
Томский Политехнический Университет

Таблетки из порошка оксида цинка, обедненного по изотопу Zn⁶⁴, используются в системах охлаждения ядерных реакторов для сокращения дозы радиоактивного облучения обслуживающего и ремонтного персонала, уменьшения количества радиоактивных отходов, увеличения срока службы реактора [1].

В работе приведены результаты исследований по влиянию давления прессования на характеристики готовых таблеток порошка оксида цинка, обедненного по изотопу Zn⁶⁴. Порошок оксида цинка для этих целей был получен двумя способами: гидролизом диэтилцинка (порошок 1) и методом осаждения гидроксида цинка из азотнокислых растворов (порошок 2).

Исследованы режимы прессования порошков оксида цинка 1 и 2 в диапазоне давлений от 1,0 до 10,0 т/см², с шагом в 0,5 т/см². По полученным экспериментальным данным построены кривые прессования (зависимость давления прессования от плотности таблетки), до и после твердофазного спекания. Определен рабочий диапазон давления прессования, при котором достигаются требуемые характеристики таблеток (высота 10 ± 1 мм, диаметр 10 ± 1 мм и плотность не менее 4,77 г/см³), составляющий 2,5 – 5 т/см² для порошка 1, и 2,0 – 6 т/см² для порошка 2. Рассчитаны линейная (диаметральная и осевая) и объемная усадки после твердофазного спекания при температуре выше 1000 °С. Значения, которых в рабочем диапазоне давлений составили 7 – 6 %, 7 – 6 %, 20 – 17 % для порошка 1 и 7 – 9 %, 7 – 9 %, 21 – 26 % для порошка 2.

Поскольку характеристики таблеток оксида цинка зависят от физических параметров порошка, а именно – насыпной плотности, гранулометрического состава, удельной поверхности, пористости и др., то величина давления прессования коррелируется в зависимости от этих свойств. Уточненная величина давления прессования определяется экспериментально для каждой отдельной партии порошка поступающей в переработку.

Литература

1. Белоус В.Н., Носков А.А., Степанов И.А. Водно-химический режим на АЭС с реакторами ВВР при дозировании цинка. // Атомная техника за рубежом. – 1990. - № 4. – С. 6-9.

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ШЛИФОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА НЕОДИМСОДЕРЖАЩИХ МАГНИТОВ

А.Н. Страшко, А.Ю. Водянкин

Томский политехнический университет

E-mail: sanpost@mail.ru

Спрос на мировом рынке на неодим, оксид неодима и его соли постоянно увеличивается. Значительное количество предприятий России в последнее десятилетие всё больше нуждается в продуктах, производимых из редких элементов, одним из важнейших среди которых является неодим

В результате механической обработки образуется значительное количество шлифотходов, содержание неодима в которых значительно превышает содержание его в природном сырье.

Следует учесть, что политика Китая, основного поставщика РЗЭ, ориентирована на увеличение мировых цен на РЗЭ продукты. В связи с этим проблема переработки шлифотходов, богатых неодимом, приобретает все большую актуальность.

В данной работе изучалась возможность переработки шлифотходов РЗМ, содержащих неодим, с целью его возврата в технологию производства магнитов.

Изучены закономерности растворения шлифотходов в сильных минеральных кислотах. Показано, что оптимальным вскрывающим реагентом является серная кислота.

Изучено влияние концентрации $H_2C_2O_4$ на степень осаждения оксалата неодима в присутствии сульфата железа. Показано, что полное осаждение неодима достигается при концентрации $H_2C_2O_4$ равной 52г/л. При введении стехиометрических количеств осадителя, степень осаждения составляет 35,8% .

Проведенные исследования позволили предложить метод переработки шлифотходов, исключаящий образование жидких отходов. Основные стадии процесса:

1. вскрытие шлифотходов минеральными кислотами.
2. фильтрация гидроксида железа(III);
3. осаждение оксалата неодима;
4. фильтрация оксалата неодима с последующей сушкой и прокаливанием.
5. возвращение фильтрата на стадию вскрытия.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РЕЭКСТРАКЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{60}Co ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ВАКУУМНЫХ МАСЕЛ

Д.Ю. Сунцов, Е.А. Тюпина, А.Е. Савкин*

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

*ГУП Мос НПО “Радон”

При эксплуатации объектов ядерно-топливного цикла и предприятий, использующих радиоактивные вещества, образуются жидкие органические отходы (масла, экстрагенты, жидкие сцинтилляторы, растворители) загрязненные радионуклидами. Масла (турбинные, вакуумные и др.), составляющие значительную долю органических отходов в основном имеют среднюю и низкую активность. В настоящее время переработкой радиоактивных масел практически не занимаются и ограничиваются сбором в емкости временного хранения жидких радиоактивных отходов.

Целью настоящей работы являлось изучение составов реэкстрагирующих растворов и влияния способа контактирования фаз на извлечение радионуклидов кобальта и цезия из радиоактивных вакуумных масел.

Исследования проводились с использованием имитаторов, приготовленных на основе масла ВМ-1 с добавлением керосина.

Получены коэффициенты распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co для различных составов водных фаз. Установлено, что реэкстракция ^{137}Cs и ^{60}Co максимальна при использовании кислых водных фаз на основе щавелевой или винной кислот.

Процесс реэкстракции радионуклидов в водную фазу проводился методом интенсивного перемешивания и отстаивания с последующим расслаиванием фаз в гравитационном поле или в поле центробежных сил. Установлено, что реэкстракция ^{137}Cs и ^{60}Co из органической в водную фазу происходит и без перемешивания, только за счет отстаивания. Детальное изучение кинетики распределения радионуклидов по объему органической фазы показало, что процесс отстаивания с целью извлечения ^{137}Cs и ^{60}Co при больших начальных активностях, эффективен только до удельной активности масла ≈ 1000 Бк/кг (по каждому радионуклиду), и может быть использован в качестве первой стадии очистки. Доочистка масла до уровней вмешательства, соответствующих НРБ-99, должна проводиться в режиме интенсивного перемешивания с последующим расслаиванием фаз и достигается за 5 ступеней реэкстракции растворами винной или щавелевой кислоты.

Апробация выбранных режимов была проведена на реальном образце радиоактивного масла, которая подтвердила их эффективность.

ПЕРСПЕКТИВЫ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА В УВЕЛИЧЕНИИ ОБЪЁМОВ ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

В.В. Лазарчук, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов, В.И. Шамин, А.Н. Жиганов
ФГУП СХК, СГТА, г. Северск

Сибирский химический комбинат (СХК), изначально созданный для решения задач ядерного сдерживания, включает в себя ряд заводов, которые должны найти себе применение после остановки реакторов нарабатывающих оружейный плутоний. Особенностью СХК является наличие в структуре комбината, наравне с производствами, решающими оборонные задачи, производственных мощностей гражданского назначения.

Наиболее успешное направление конверсии для комбината – это создание технологий, близких по своему содержанию к останавливаемым производствам. Этот подход обеспечивает применение действующей инфраструктуры заводов, значительной части оборудования и научно-инженерного потенциала высококвалифицированного персонала.

Намеченное ускорение развития ядерной энергетики России оформлено Федеральной целевой программой «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007 – 2010 годы и на перспективу до 2015 года». Увеличение добычи урана для работающих и проектируемых АЭС планируется как на действующих предприятиях (ОАО «ППГХО», ЗАО «Далур» и ОАО «Хиагда»), так и на новых рудниках, создаваемых на базе резервных месторождений. Суммарное годовое производство на трёх действующих предприятиях составит к 2015 году 8,0 тыс. тонн (ОАО «ППГХО» - 5 тыс. тонн, ЗАО «Далур» - 1 тыс. тонн, ОАО «Хиагда» - 2 тыс. тонн). Добыча урана на резервных месторождениях, расположенных в Забайкалье и Южной Якутии (Эльконский район), должна начаться в 2010 году и достичь 7 тыс. тонн к 2020 году.

Российская Федерация располагает запасами урана в достаточном количестве для обеспечения собственных АЭС, а также построенных и обслуживаемых Россией за рубежом.

Разработанная на СХК технология очистки концентратов урана природного изотопного состава является универсальной в своей основе и позволяет получать растворы АЗКР, соответствующие по качеству требованиям международных стандартов на приготовление гексафторида урана для разделения изотопов ASTM C 787-03 и на приготовление керамического топлива ASTM C 788-02. Высвобождающиеся производственные мощности и высококвалифицированный персонал находят применение во вновь созданных и реконструированных заводах СХК по обеспечению выполнения Федеральной целевой программы Росатома.

ЭКСТРАКЦИОННАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ УРАНА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИМЕСЕЙ

В.М. Короткевич, В.В. Лазарчук, Т.Г. Шикерун, В.И. Шамин, Н.А. Михайлова, Ф.А. Дорда, ФГУП СХК, г. Северск

Перспективная программа по развитию атомной энергетики предполагает вовлечение в переработку на атомных предприятиях широкого спектра сырья от урановых руд до вторичных урановых материалов. При этом появляется проблема переработки концентрированных растворов урана с высоким содержанием примесей.

В качестве сырья для получения урана требуемой степени чистоты в соответствии с требованиями Международного стандарта ASTM C 787-03 используют, в основном, концентраты после термической обработки, которые представляют собой оксиды урана и примесей (U_3O_8 , MoO_3 , SiO_2 , Fe_3O_4 , CaO , MgO , Al_2O_3 и др.). После растворения (выщелачивания) оксидов урана в азотной кислоте высококонцентрированные азотнокислые растворы урана отделяют от нерастворившихся примесей и направляют на экстракционную очистку от растворимых примесей с использованием в качестве экстрагента ТБФ. Одной из проблем, возникающих при переработке таких растворов является неполное отделение уранового раствора от нерастворимых балластных примесей, которые имеют низкие седиментационные и фильтрационные свойства и отрицательно влияют на экстракционный процесс.

На СХК разработана и предложена к промышленному внедрению экстракционная технологическая схема с использованием центробежных экстракторов. Центробежный экстрактор серии ЭЦТ, разработанный в России, может работать без нарушения гидродинамического режима при содержании твердой фазы в растворах до 5 г/л.

На лабораторной установке, состоящей из центробежных экстракторов, проверена технологическая схема, заключающаяся в насыщении экстрагента ураном в экстракционном блоке ниже предельного уровня, а в промывном блоке – предельном, за счёт промывки экстракта упаренным реэкстрактом урана с последующим выводом промывного раствора в отдельный аппарат и дальнейшей переработкой совместно с исходным раствором. В работе использовали урановые растворы, предварительно прошедшие обработку коагулянтном с последующим отделением примесей на лавсановом фильтре.

Показано, что переработка растворов, содержащих 370-450 г/л урана и 40-60 г/л азотной кислоты, при насыщении экстрагента ураном 85-95 г/л в экстракционном блоке (5 экстракционных ступеней) и 118-120 г/л в промывном блоке (5 промывных ступеней) обеспечивается сбросное содержание урана в воднохвостовых растворах 0,01-0,04 г/л и минимальное содержание примесей в реэкстрактах, удовлетворяющее требованиям стандарта ASTM C 787-03.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ УРАНИЛА И ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ТВЁРДЫХ ВЗВЕСЕЙ

А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов, В.И. Шамин, Н.А. Михайлова,
М.В. Скуратова, ФГУП СХК, г. Северск

Исследовано влияние содержания коагулянта в растворах урана и температурных режимов на седиментационные и фильтрационные характеристики нерастворимых остатков (и соответственно на эффективность отделения растворов урана от нерастворимых остатков). Показано, что коагулянт FLOQULAT™ FL 45С, выпускаемый в России под названием ВПК-402, является высокоэффективным средством для разделения высококонцентрированных растворов уранилнитрата и твёрдых взвесей оксидов металлов.

Было установлено, что концентрация коагулянта FL 45С, при которой с наибольшей скоростью осветляются растворы урана, находится в интервале 100-200 мг/л. Наилучшее осветление растворов при использовании флокулянта FO 4140 получается при его добавлении 5 мг/л, объём осадка при этом составляет 20 %. Изучено влияние температуры на качество разделения суспензии. При этом скорость седиментации проходит через максимум при температуре 40⁰С. Изучено влияние концентрации урана на процессы коагуляции и седиментации в коллоидных растворах с концентрацией урана в жидкой фазе 300-450 г/л. Повышение концентрации урана в растворе приводит к увеличению седиментационного объёма осадка, что может быть объяснено увеличением вязкости дисперсной среды. Определено влияние концентрации азотной кислоты в урановых растворах суспензии (U - 400 г/л), содержащих 0,7-3 моль/л азотной кислоты. Показано, что с увеличением концентрации азотной кислоты растёт скорость седиментации твёрдых частиц.

Показано, что в процессе экстракционной переработки растворов урана, обработанных коагулянтом, часть коагулянта (или его соединений) переходит в органическую фазу и частично (или полностью) вымывается в карбонатные растворы. Влияние коагулянта на технологические показатели процесса экстракционной переработки растворов урана не отмечено.

Исследования по интенсификации процессов разделения высококонцентрированных растворов урана и твёрдых тонкодисперсных взвешенных частиц показали высокую эффективность применения органических коагулянтов и флокулянтов.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРАТА УРАНА В КАСКАДЕ ПРОТИВОТОЧНЫХ КОЛОНН

М.Д. Носков, А.Д. Истомина, СГТА, г. Северск

В.М. Короткевич, А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун,

В.И. Шамин, Н.А. Михайлова, М.Е. Романов, ФГУП СХК, г. Северск

Разработан программно-технический комплекс, предназначенный для повышения эффективности и оптимизации работы каскада экстракционных колонн, достижения требуемых технологических параметров выходных растворов при изменяющихся характеристиках исходного раствора. Модель описывает неравновесные невязанно связанные гомогенные и гетерогенные процессы с учётом большого числа компонентов (уран, азотная кислота, железо, кремний, молибден, кальций и т.д.). На основе численной реализации математической модели разработано проблемно-ориентированное программное обеспечение, позволяющее моделировать экстракционную переработку концентратов урана.

В настоящей работе представлена физико-математическая модель экстракционной переработки урана в каскаде противоточных колонн. Каскад включает в себя четыре колонны: колонну экстракции, промывки, реэкстракции, регенерации. Модель рассматривает следующие неравновесные процессы массопереноса в колонном экстракторе: конвективный массоперенос с потоками водной и органической фаз вдоль колонны, продольное перемешивание фаз, массообмен между фазами. Описывается поведение трех основных компонентов: азотной кислоты, уранила и урана (IV). Водная и органическая фазы считаются несжимаемыми.

С помощью метода разделения по физическим процессам была разработана численная реализация физико-математической модели, на основе которой создано прикладное программное обеспечение «КАСКАД», предназначенное для моделирования экстракционной переработки урана в каскаде противоточных колонн. Программа создана в среде программирования Borland C++ Builder 5.0 и представляет собой многопоточное, 32-битное приложение Windows'98 – XP. Проведена верификация и идентификация параметров математической модели и программно-технического комплекса. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными переработки урана показало адекватность разработанной математической модели и программы. Проведены расчеты работы каскада колонн при различных режимах. Установлено влияние расходов водной и органической фаз, концентрации азотной кислоты на эффективность работы каскада.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ ЗАКИСИ - ОКИСИ УРАНА В АЗОТНОЙ КИСЛОТЕ

А.С. Козырев, Т.Г. Шикерун, А.С. Рябов, В.И. Шамин,
Н.А. Михайлова, М.Е. Романов, ФГУП СХК, г. Северск
А.С. Буйновский, Ю.Н. Макасеев, СГТА, г. Северск

В конверсионной программе СХК, наряду с переработкой металлического урана природного изотопного состава, оксидов регенерированного и природного урана до гексафторида урана энергетического назначения, предусматривается и переработка концентратов урана с высоким содержанием примесей.

Значительное содержание примесей в концентратах природного урана, высокие требования по содержанию примесей в товарном продукте и специфика производства на радиохимическом заводе, ориентированного на переработку азотнокислых растворов урана, не содержащих твёрдой фазы, потребовали проведения исследовательских работ по технологии вскрытия концентратов раствором азотной кислоты.

В задачу исследований входило определение влияния температуры, концентрации азотной кислоты, времени растворения закиси-оксида урана с содержанием урана 83,14% на степень извлечения из неё урана и примесей (железа, молибдена, кремния), а также исследование кинетики растворения урана и примесей, расчёт константы скорости и энергии активации, выбор лимитирующей стадии процесса.

Установлено, что при увеличении температуры степень растворения урана значительно возрастает при одном и том же времени реагирования. Изменение концентрации азотной кислоты с 5 до 7-9 моль/л приводит к повышению степени растворения урана на начальной стадии процесса. Поведение примесей при растворении концентрата урана азотной кислотой повторяет характер зависимости растворения урана от температуры и времени растворения.

Для описания кинетики процесса, скорость которого зависит как от диффузии реагентов к поверхности реагирования, так и от скорости реакции на поверхности раздела фаз, использовали уравнение сокращающейся сферы. Порядок реакции, определённый по этой модели, близок к 1, а кажущаяся энергия активации составила $E_a=52$ кДж/моль. Показано, что степень растворения урана в значительной степени определяется температурой процесса. Поведение примесей (молибдена, железа, кальция и кремния) адекватно поведению урана.

На основании проведённых исследований разработан способ получения концентратов урана (700-800) г/л (с последующим разбавлением до (400-500) г/л) при высокой температуре 100⁰С и концентрации азотной кислоты (12-16) моль/л.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Терентьев А.И., Хлытин А.Л.

ОАО "Новосибирский завод химических концентратов"

В урановом производстве на ОАО «НЗХК» постоянно образуются твердые урансодержащие отходы: золы, являющиеся продуктами сжигания фильтров вентиляционных систем, фильтровальных полотен, бумаги и других твердых горючих урансодержащих отходов, нерастворимые остатки (далее н.о.), образующиеся после выщелачивания золы азотной кислотой. Реализованная в настоящее время на предприятии технологическая схема извлечения урана из твердых отходов не позволяет извлекать уран до содержания ниже порогового значения 0,08%. В связи с этим существует проблема с накоплением и хранением значительного количества твердых урансодержащих отходов.

В ходе проведенной работы в отличие от существующей технологии, опробованы новые дополнительные технологические операции перед кислотным вскрытием твердых отходов и обосновано их применение, поскольку включение этих операций в технологический процесс увеличивает степень извлечения урана из отходов и уменьшение количества циклов кислотного вскрытия. Такими операциями оказались сушка (для н.о.), измельчение и термообработка в присутствии углеаммонийных солей. В качестве реагентов для извлечения урана предложены: смесь концентрированных азотной и соляной кислот в соотношении 3:1 по объему. Для уменьшения влияния агрессивности кислотной среды на оборудование опробовано, так называемое, «черновое» осаждение ПУА и многоэтапное выщелачивание перерабатываемых отходов.

Таким образом, опробованные схемы вскрытия отходов производства урана позволяют уменьшить массу отходов после извлечения урана, уменьшить количество сбросных растворов, получить кислые растворы с более высокой концентрацией по урану, из которых можно осадить практически весь уран; получать отходы с концентрацией ниже 0,08% по урану и при переработке золы не получать так называемых н.о.

Литература:

1. Бенедикт М., Пигфорд Т. Химическая технология ядерных материалов. – М.: Атомиздат, 1959.
2. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984.

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ СВМП НА ТИТАНОВЫЕ ЭНДОПРОТЕЗЫ

Филатова Л.А., Гузеева Т.И.

Томский политехнический университет

В современной медицине в качестве имплантатов кости все больше используются сплавы на основе титана и чистый титан, по своим биохимическим свойствам превосходящий другие металлы. Попытки решить проблему улучшения биосовместимости на границе раздела имплантант-живая ткань и сведение к минимуму воздействий на живой организм, привели к разработке и созданию биоинертных покрытий из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМП) [1].

СВМП используется в восстановительной медицине, в качестве шарнирной прокладки металлического протеза. В полимерную матрицу данного материала можно вводить различные биоактивные наполнители, например гидроксипатит, всевозможные лекарства и т.д.

Существующие электрохимические методы нанесения покрытий, а также плазменное напыление, проводят при повышенных температурах, приводящих к деструкции биоактивного материала и снижению эффективности.

Задача данной работы состояла в разработке простого метода нанесения полимера на титан при относительно низких температурах. Начальным этапом для получения покрытий с прогнозируемыми свойствами является растворение мелкодисперсного порошка СВМП. Исследовали процесс растворения полиэтилена в органических неводных растворителях, таких как гексан, четыреххлористый углерод, ацетон, о-ксилол, NN-диметилформамид, диметилсульфоксид. Основной элемент лабораторной установки представляет собой коническую колбу с обратным холодильником. Из всех растворителей, отобранных для эксперимента, наиболее оптимальные результаты растворения полиэтилена были достигнуты в о-ксилоле. При температуре 120 °С система полимер-растворитель превращается в гель. Таким образом, методом механического нанесения геля на поверхность металла, формируется полимерное покрытие.

Литература:

1. Андреева И.Н., Веселовская Е.В., Наливайко Е.И. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. Л.: Химия, 1982. – 80 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФТОРА И ЛЕТУЧИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФТОРИДОВ

Н.А.Холодова, О.В.Лантратова, Д.С.Пашкевич*, Ю.Б.Предтеченский
ООО «НьюКем», ФГУП «РНЦ «Прикладная химия»,
E-mail: pdsac@peterlink.ru

Некоторые газообразные неорганические фториды – CF_4 , SiF_4 , SF_6 , GeF_4 , WF_6 – применяют в промышленности полупроводников и в электротехнике, где важнейшим фактором является чистота используемых продуктов. Вышеперечисленные фториды получают из элементов, и содержание в них примесей определяется в первую очередь чистой используемого фтора. Поэтому разработка методов анализа актуальна как для фтора, так и летучих фторидов. Особое значение имеет содержание HF, которое в товарных продуктах обычно не превышает 100 ppm. Кроме того, в вышеперечисленных веществах могут присутствовать примеси CF_4 , SiF_4 , SF_6 , CO, CO_2 и другие.

Для определения HF обычно используют метод инфракрасной (ИК) спектроскопии. В ИК спектрах перечисленных фторидов и фтора область колебательно-вращательного перехода HF свободна, что позволяет использовать ее для анализа. Но в спектрах перечисленных выше фторидов есть и другие области прозрачности, что позволяет одновременно с определением HF определять некоторые другие примеси. Особенно удобен метод ИК спектроскопии для анализа фтора, у которого нет собственного поглощения в ИК области спектра.

Разработанный метод не требует спектрометра высокого разрешения - достаточно разрешение $0,5 \text{ см}^{-1}$. Суть метода – определение площади аналитической полосы поглощения и использование интегрального коэффициента поглощения для этой полосы.

Анализ образцов выполняли на спектрометре FTIR-8400 фирмы Shimadzu. Использовали кюветы с оптической длиной 15 см и 80 см. Разработана методика определения следующих примесей в гексафториде вольфрама (для кюветы с оптической длиной 15 см):

HF	CO	CF_4	SiF_4	SF_6
40-	30-	20-	20-	30-
2000	200	200	200	200ppm
ppm	ppm	ppm	ppm	

При анализе фтора, где возможно использование кюветы с оптической длиной 80 см, пределы обнаружения могут быть понижены в 5-10 раз. Разработанный метод применим не только для вышеперечисленных фторидов, но и для NF_3 , PF_5 , UF_6 и др.

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОКСИДНОЙ ШИХТЫ НА ТВЁРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ЦИРКОНА

С.В. Чижевская, О.М. Клименко, А.М. Чекмарев, Р.М. Арасланов
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
E-mail: chizh@rctu.ru

Обсуждаются закономерности твёрдофазного синтеза циркона из механически активированной шихты оксидов циркония и кремния различного состава.

Природный циркон, как известно, является не только основным промышленным источником циркония для ядерной энергетики, но и широко используется в производстве различных видов керамических материалов. При этом в ряде областей (производство люминофоров, пигментов) требуется только высокочистый (синтетический) циркон.

Из большого числа известных методов синтеза из различных исходных соединений наиболее простым и экономичным является твёрдофазный синтез циркона из механической смеси оксидов циркония и кремния. Механическая активация (МА) эквимолярных смесей безводных и гидратированных оксидов циркония и кремния позволяет снизить температуру спекания до 1200°C и проводить его в отсутствие добавок минерализатора и без предварительной консолидации исходной оксидной шихты [1].

В работе изучено влияние условий МА смесей оксидов циркония и кремния в различных аппаратах центробежно-планетарного типа (соотношение массы материала к массе шаров, размер шаров, длительность, материал размольной гарнитуры) на фазовый состав, «структуру» (гранулометрический состав, наличие агрегатов и агломератов, морфологию частиц и т.п.) активированной шихты и выход циркона при последующей термообработке в режимах, аналогичных [1]. Установлены причины снижения выхода циркона. Обоснованы составы оксидов и режимы их МА, обеспечивающие оптимальную «структуру» шихты и получение циркона в виде монофазного продукта.

Литература:

1. Аввакумов Е.С., Чижевская С.В., Стоянов Е.С., Поветкина М.В., Чекмарев А.М., Шафиров В.Л., Винокурова О.Б. Влияние природы компонентов механически активированной шихты оксидов циркония и кремния на твёрдофазный синтез циркона // Ж. прикл. химии. – 1999. – Т. 72. – № 9. – С. 1420-1424.

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ
ТРАДИЦИОННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
СЫРЬЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЦИРКОНИЯ

С.В. Чижевская, О.М. Клименко, А.М. Чекмарев, С.Ю. Савельева,
И.Ю. Чупина, А.В. Давыдов, А.В. Жуков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
E-mail: chizh@rctu.ru

На примере концентратов традиционных (циркон, бадделит) и перспективных (бадделит-кварц-гельциркон месторождения Алгама и эвдиалит Кольского полуострова) отечественных сырьевых источников циркония показана возможность разработки на основе управления реакционной способностью минералов под действием механической активации новых гидро- и сольвометаллургических вариантов технологических схем с получением циркония ядерной степени чистоты.

Цирконий является одним из важнейших редких металлов, широко используемых в ядерной энергетике. Наряду с традиционными сырьевыми источниками (циркон, бадделит), в связи с освоением и развитием собственной сырьевой базы циркония в России, в качестве перспективных рассматриваются малоизученные упорные бадделит-кварц-гельцирконовые руды месторождения Алгама (Хабаровский край) и легкоразлагаемый минеральными кислотами эвдиалит (Кольский полуостров) – цирконосиликат сложного состава, содержащий РЗЭ, ниобий, тантал и более 50% SiO_2 .

Процессы разложения – головные операции в схемах переработки рудного сырья – являются наиболее материало- и энергоёмкими и поэтому в основном они определяют извлечение целевых элементов в товарные продукты и экономику передела.

В работе на примере товарных и черновых концентратов показана возможность повышения реакционной способности циркониевых минералов под действием механической активации (МА) в аппаратах различного типа, что позволяет интенсифицировать процессы их разложения спеканием, сульфатизацией. МА обеспечивает существенное снижение температуры, длительности процессов, упрощает процесс подготовки шихты и т.п. Разупорядочение кристаллической структуры упорных минералов циркония позволяет проводить их разложение гидromеталлургическими способами. Разработаны гидро- и сольвометаллургические варианты технологических схем переработки эвдиалита, обеспечивающие управление процессом поликонденсации кремниевой кислоты и, тем самым, протекание последующих процессов экстракционной очистки циркония от гафния без каких-либо осложнений.

Секция 4 – Химическая технология редких, рассеянных, радиоактивных элементов и материалов на их основе

**ЭЛЕКТРОИНДУЦИРОВАННЫЙ ДРЕЙФ КАТИОНОВ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

И.В. Шаманин, И.В. Ломов, С.Ю. Долгополов, В.И. Пинегин

Томский политехнический университет

E-mail: lomov@phtd.tpu.ru

В работе излагается техническая реализация процесса селективного дрейфа гидратированных катионов при наложении на водный раствор нитратов редкоземельных элементов асимметричного электрического поля.

При растворении солей происходит комплексообразование, в результате чего образуются сольватированные комплексы – в водных растворах гидратированные аквакомплексы.

Невозбужденный аквакомплекс, сольватная оболочка которого не деформирована, нейтрален. При действии переменного электрического поля происходит деформация сольватной оболочки и, следовательно, образование у аквакомплекса поляризационного заряда. Это создает условия для действия постоянной составляющей поля и, следовательно, для возбуждения ориентированного дрейфа аквакомплекса [1].

Следует предположить, что частота поля должна коррелировать с собственной частотой системы ион–гидратная оболочка. Из различных теоретических предположений можно оценить собственные частоты аквакомплексов. Для аквакомплексов, образованных катионами иттрия и церия они составили 1481 и 942 Гц, соответственно, при температуре растворителя 298 К.

Изучение параметров дрейфа катионов редкоземельных металлов проводилось в водных растворах смесей $Y(NO_3)_3$ - $Ce(NO_3)_3$. При проведении экспериментов были выбраны следующие параметры: концентрации солей – 3,5 г/л; частота поля – 1,48 и 3 кГц; напряженность поля (положительный полупериод) – 20 В/см; коэффициент асимметрии – 0,75; время действия поля на раствор – 3 ч. Под коэффициентом асимметрии поля подразумевается отношение амплитуд полупериодов.

По результатам экспериментов можно сформулировать выводы о том, что при действии электрического поля с частой 1,48 кГц на водный раствор смеси нитратов Ce и Y возбуждается ориентированный дрейф сольватированных катионов с преимущественным дрейфом катионов иттрия в сторону заземленного электрода. При увеличении частоты поля до 3 кГц и сохранении остальных параметров неизменными, наблюдается монотонное возрастание концентрации иттрия в сторону потенциального электрода.

Литература

1 Бойко В.И., Казарян М.А., Шаманин И.В., Ломов И.В. Эффекты, вызванные действием асимметричного электрического поля высокой частоты на водные растворы солей // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2005. – № 7. – С. 28–37.

Секция 4 – Химическая технология редких, рассеянных, радиоактивных элементов и материалов на их основе

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
РЕГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНЫХ МАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ
ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

В. П. Дмитриенко, Ю. Ю. Холин*

Томский политехнический университет, Россия

*ЗАО «Кузбассэлемент», Ленинск-Кузнецкий, Кемеровской обл., Россия

Гидрометаллургическая переработка железо-кадмиевых масс, извлеченных из отрицательных электродов отработанных щелочных аккумуляторов, прошла апробацию в опытно-промышленном масштабе на Ленинск-Кузнецком заводе «Кузбассэлемент» (ЗАО «Кузбассэлемент»). Предлагаемая технология позволяет возвратить в производство щелочных аккумуляторов основные компоненты катодных масс – гидроксид (оксид) кадмия и оксид железа. Метод разделения кадмия и железа из смеси их оксидов основан на последовательном растворении металлов в серной кислоте, переводе в гидраты с последующим окислением железа до трехвалентного и переводом в оксиды, после чего кадмий, в нейтральных значениях pH раствора, переводится из гидроксиды в основную соль и подвергается серноокислотному выщелачиванию.

Переработке подвергались образцы активной массы отрицательных электродов отработанных щелочных аккумуляторов в виде полидисперсного порошка следующего химического состава (% мас.): Cd^{2+} (в виде CdO) 33.4-47.9; Fe^{n+} (смесь оксидов с металлическим) – 21.3-31.6; Ca^{2+} 0.15-0.64; Mg^{2+} до 0.05; Mn^{2+} - до 0.03. В массе присутствовали также остатки щелочного электролита в виде смеси карбоната и гидроксиды калия. Основной проблемой при гидрометаллургическом разделении оксидов кадмия и железа является химическая близость кадмия к двухвалентному железу. Стандартные электродные потенциалы (E°) для Fe^{2+} / Fe и Cd^{2+} / Cd относительно водородного электрода соответственно составляют – 0,440 В и – 0,403 В. Процесс разделения может быть проведен при предварительном окислении Fe^{2+} до Fe^{3+} ($E^\circ Fe^{3+} / Fe = -0,036В$), в этом случае необходимо удерживать железо в степени крайнего окисления при отделении кадмия. Перевод двухвалентного железа в трехвалентное осуществляется из раствора солей кадмия и железа последовательным превращением металлов в гидроксиды и окислением $Fe(OH)_2$ до $Fe(OH)_3$ кислородом в водном растворе. Аналогичным образом процесс может проводиться при переводе металлов из раствора солей в оксиды. Характер образования пульпы металлов (гидроокисной или окисной) зависит от температурного режима ведения процесса - при температуре свыше $80^\circ C$ в присутствии кислорода в нейтральных и щелочных значениях pH раствора гидроксиды железа переходят в оксиды. При этом кадмий остается в виде гидроксиды и процесс его отделения производится даже в присутствии двухвалентной окиси железа.

Химический состав получаемого гидрата кадмия (% мас.): Cd^{2+} - 73.5-74; Fe^{n+} - до 0.05; Ca^{2+} – до 0.2; Mg^{2+}, Mn^{2+} – следовые количества; SO_4^{2-} – 0.50.

Секция 4 – Химическая технология редких, рассеянных, радиоактивных элементов и материалов на их основе

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ПОЛУЧЕНИЕ НЕОДИМА ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ИЗ РАСПЛАВОВ**

Гребнев В. А., Дмитриенко В. П.

Томский политехнический университет,

Данная работа посвящена исследованию процесса электрохимического получения неодима и сплава неодим – железо из оксидно-фторидных систем. Редкоземельные металлы с каждым годом все в больших количествах применяются в различных областях науки и техники. Столь быстрый рост потребления обусловлен многими уникальными физическими и химическими свойствами этих металлов и их соединений - оптическими, магнитными, электрическими и др. Поток научно-технических исследований по изучению физических и химических свойств РЗМ и материалов на их основе, а также по применению этих материалов все возрастает, что стимулирует дальнейшее быстрое развитие производства РЗМ и новых материалов на их основе. Объем производства и использования РЗМ в значительной мере характеризует уровень развития науки и техники страны, особенно новейших отраслей.

Наиболее динамично в последнее время развивалось использование редкоземельных материалов для производства уникальных высокоэнергетических постоянных магнитов (ВЭПМ) на основе Sm-Co и Nd-Fe-B [1]. Литературный анализ показал, что одним из основных способов получения неодима в настоящее время является электролитическое получение неодима из оксидно-фторидных расплавов, практически вытеснившее металлотермию.

На основе литературных и экспериментальных данных нами разработаны принципиальная схема получения неодима. Исходные вещества подвергаются сушке при температуре 300-350 °С для удаления влаги, затем смесь высушенных веществ, соответствующая по составу электролиту, помещается в электролизер. Соли переходят в расплавленное состояние при температуре 720-750 °С. Электролит прозрачен, легкотекуч; на дне электролизера при неполном удалении влаги оседает шлам. Напряжение на электролизере составляло 4-8 В. При электролизе наблюдалось выделение газообразных веществ и голубое пламя, характерное для горения оксида углерода. Анодный эффект устраняли добавлением оксида неодима и перемешиванием вольфрамовым стержнем.

Литература

1. Шульгач Н.И. Современный уровень производства и перспективы развития постоянных магнитов // Аналитический обзор. НПО "Магнетон". – Владимир: 1992. – 216 с.

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКАСКАДНОЙ СХЕМЫ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОКАСКАДНОЙ СХЕМЕ
ПО РАЗДЕЛЕНИЮ ИЗОТОПОВ УРАНА

С.В. Филимонов, Г.М. Скорынин, А.А. Орлов*, Д.Н. Голдобин
ФГУП «ПО "Электрохимический завод"»

*Томский политехнический университет

Разработана имитационная модель многокаскадной технологической схемы по разделению изотопов урана, описывающая нестационарные гидравлические и разделительные процессы в каскадах и линиях межкаскадных коммуникаций (МКК) при широком наборе возмущающих воздействий.

Рассматриваемая модель имеет следующие отличительные особенности. Схема построения каскадов может быть произвольной и отличаться от обычно рассматриваемых симметричных противоточных каскадов. Моделируется совокупность каскадов вместе со связывающими их линиями межкаскадных коммуникаций. Введена унифицированная форма представления гидравлической характеристики центрифуг, позволяющая построить алгоритм, моделирующий каскады, состоящие из оборудования разных типов.

Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений первого порядка относительно неизвестных давлений в ступенях и линиях МКК, концентраций потоков питания, отбора и отвала ступеней каскадов соответственно как функций времени с заданными начальными условиями, которая решается численным методом Эйлера-Коши. В гидравлической задаче полученная система нелинейных разностных уравнений на каждой итерации сводится к системе линейных уравнений путем перехода от искомым функций к их малым приращениям. В разделительной задаче нелинейные функции, описывающие процесс разделения, линеаризуются на каждой итерации в окрестности значений переменных, полученных на предыдущей итерации. Система линейных уравнений в обоих случаях решается методом исключения Гаусса.

Быстродействие предложенного алгоритма позволяет прогнозировать поведение объекта моделирования и управлять процессом в реальном масштабе времени.

На основе рассмотренной модели разработана и внедрена в ФГУП ПО "ЭХЗ" экспертная прогнозирующая система, которая позволяет вырабатывать в режиме реального времени рекомендации по корректировке технологического режима для различных видов возмущений и их сочетаний с целью обеспечения безопасности оборудования, снижения потерь разделительной мощности, сохранения кондиции товарного продукта. Модель также используется в компьютерном тренажере для специалистов разделительного производства.

СЕКЦИЯ 5 – Разделение изотопов, плазменные и ионообменные процессы

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ**

А.Г. Каренгин, С.В. Караваев
Томский политехнический университет
E-mail: karengin.ag@mail.ru

В процессе эксплуатации технологического оборудования при разделении изотопов происходит образование и накопление бывших в употреблении масел (БУМ), содержащих соединения урана. Обезвреживание таких отходов является огромной экологической проблемой. Применяемое огневое обезвреживание БУМ идет с образованием сажи и различных токсичных органических соединений, а использование в качестве окислителя воздуха с большим содержанием инертного азота делает низкой производительность установок, так как не позволяет поднять массовую долю БУМ в этом процессе выше 5% [1].

Указанных недостатков можно избежать при осуществлении процесса обезвреживания БУМ в условиях неравновесной воздушной плазмы в виде горючих водотопливных композиций (ГВТК) оптимального состава [2].

Проведенные расчеты показателей горения таких отходов с различным массовым соотношением БУМ, воды и соединений урана позволили определить оптимальные составы ГВТК, имеющие адиабатическую температуру горения $T_{ад} \geq 1500\text{K}$.

Термодинамическое моделирование процесса плазменной утилизации БУМ в виде таких ГВТК в условиях воздушной плазмы при атмосферном давлении и для широкого диапазона температур (300÷4000)К позволило определить составы твердых и газообразных продуктов утилизации, оценить общие и удельные энергозатраты на процесс и рекомендовать рабочие температуры для его практической реализации.

В зависимости от исходного массового соотношения Воздух : ГВТК в процессе плазменной утилизации БУМ получают различные твердые продукты. При массовой доле ГВТК менее 20% получается закись-окись урана, при массовой доле ГВТК свыше 20% – двуокись урана.

Результаты экспериментальных исследований данного процесса на модельных БУМ на плазменной установке мощностью 60 кВт хорошо согласуются с расчетными.

Литература:

1. Каренгин А.Г., Сергеев Д.В., Варфоломеев Н.А.. Термокаталитическая утилизация урансодержащих отработанных масел // Известия ТПУ. – 2002. – Т.305. – Вып.3. – С. 101–104.
2. Патент 2218378 Россия. МКИ 7 С 10 G 15/12, В 01 J 19/08, Н 05 Н 1/00. Способ утилизации нефтяных шламов и плазмокаталитический реактор для его осуществления / А.Г. Каренгин, А.М. Шабалин. Заявлено 09.12.2002; Опубл. 10.12.2003, Бюл. № 34. – 14 с.: ил. 6.

СЕКЦИЯ 5 – Разделение изотопов, плазменные и ионообменные процессы

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО
ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА В СРЕДАХ С ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ**

Ю.Ю. Луценко, В.А. Власов, Ю.В. Вендеревская
Томский политехнический университет

Высокочастотный емкостной разряд представляет собой вытянутый в осевом направлении плазменный шнур, имеющий достаточно большой объём при относительно небольшой величине вкладываемой мощности. В связи с этим проведение плазмохимических процессов целесообразно проводить непосредственно в разрядной плазме емкостного разряда, а не использовать разряд лишь в качестве источника плазменной струи. Очистка стенок реактора и интенсификация процессов, протекающих в плазме, может осуществляться посредством амплитудной модуляции на ультразвуковой частоте высокочастотного напряжения, подводимого к разряду.

В настоящей работе нами были проведены измерения электрофизических характеристик высокочастотного емкостного разряда при его запылении различными веществами. Проводились измерения вольтамперных характеристик разряда и измерения амплитуды его электромагнитного поля. В результате измерений нами было установлено увеличение тока, протекающего в разряде при запылении его веществами с потенциалом ионизации $U < 7В$. При запылении разряда мощность его остаётся неизменной. Так при запылении разряда окисью алюминия ток в разряде увеличивается на 15%, в то же время напряжение на высоковольтном электроде уменьшается на 15%.

Так как горение высокочастотного емкостного разряда осуществляется за счёт диссипации энергии электромагнитной волны, распространяющейся вдоль канала разряда, то целесообразно определять устойчивость горения разряда по изменению его электромагнитного поля. Нами были проведены расчёты комплексной диэлектрической проницаемости запылённой плазмы емкостного разряда, и соответственно волнового числа электромагнитной волны, распространяющейся в разряде. В результате расчёта нами было установлено, что изменения электромагнитного поля разряда становятся существенными при степени запылённости плазмы $\nu > 10^{-2}$. Подобные степени запылённости плазмы разряда практически не реализуемы. С целью проверки теоретических результатов были проведены измерения электромагнитного поля запылённого разряда. Показано, что характеристики электромагнитного поля запылённого разряда не отличаются от характеристик свободно горящего [1] разряда при степенях его запылённости $\nu < 10^{-4}$.

Литература:

2. Луценко Ю.Ю. Особенности электромагнитного поля высокочастотного емкостного разряда шнурового вида, горящего при атмосферном давлении. // ЖТФ. – 2005. - №11. – с.124-127.

СЕКЦИЯ 5 – Разделение изотопов, плазменные и ионообменные процессы

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В
ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УРАНА
ИЗ РАСТВОРОВ**

Т.Е. Айтжанов¹, Г.М. Афанасьев²

¹ГУ «Межоблгосатоминспекция»

г. Степногорск, Республика Казахстан

²ТОО «Проектно-конструкторская организация»

г. Степногорск, Республика Казахстан

Несмотря на то, что сорбционные процессы прочно вошли в гидрометаллургию, имеются определенные трудности при развитии сорбционной технологии, связанные с производством ионообменных материалов, как по количеству, так и по ассортименту. Поэтому постоянно ведется поиск новых видов сорбентов, позволяющих улучшить технологические показатели процесса.

Фирмой "PUROLITE" был предоставлен ряд образцов ионообменных смол для оценки технологической перспективности их в процессе извлечения урана при гидрометаллургической переработке урансодержащего сырья.

Ионообменные смолы S 920; S 930; S 940; S 950 являются хелатообразующими сорбентами на основе макропористой стирол-дивинил-бензолъной матрицы с различными функциональными группами: S 920-тиомочевина, S 930-иминодиуксусная, S 940 и S 950-аминофосфорная.

Ионообменные смолы C-150 и C-105 в натриевой и H-форме, а смолы A600U/3184 и A500U/3185 в Cl-форме.

В результате проведенных исследований было определено:

1. сорбенты имеют различный гранулометрический состав: S-920, S-930, S-940, S-950 на 88-98% представлены гранулами размером 0,40-0,80мм; C-105, C-150 содержат 95-97% гранул крупностью 0,40-1,25мм; A-500U, A-600U содержат 94-96% гранул размером 0,80-1,25мм;
2. механическая прочность образцов S-920, C-105, C-150, A-500U, A-600U аналогична AM-2Б, а у образцов S-930, S-940, S-950 не превышает 20%.
3. полная обменная емкость по хлор-иону у A-500U и A-600U в 1,3 раза выше, чем у AM-2Б.
4. Сорбционная емкость анионита A-600U по урану составляет 60г/кг, что в 1,5-2,0 раза выше, чем у используемых на ГМЗ сорбента AM-2Б, что говорит о возможности ее применения при сорбции урана из пульпы автоклавного выщелачивания.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
РАБОТА АМАЛЬГАМНО-ОБМЕННОЙ КОЛОННЫ
ПРИ БОЛЬШОМ ПОТОКЕ ОТБОРА**

И.А.Тихомиров, А.А.Орлов, Д.Г. Видяев, А.А.Гринюк
Томский политехнический университет

В ряде случаев приходится эксплуатировать колонны в режиме большого отбора, когда величина потока отбора q_K становится сравнимой с величиной фазовых потоков циркуляции. При этом градиенты изотопных концентраций в обменных фазах (dc_1/dx и dc_2/dx) различны и связаны соотношением

$$\frac{dc_1}{dx} = \left(1 - \frac{q_K}{J}\right) \frac{dc_2}{dx}, \quad (1)$$

Если воспользоваться соотношением (1) и уравнением переноса легкой компоненты вдоль по колонне [1], то после преобразований получим:

$$\left(\frac{J}{J_0} + \frac{D_{\text{Э}}}{J'}\right) \frac{dc_1}{dx} = \varepsilon c_1 (1 - c_1) - \frac{q_K (c_K - c_1)}{J'} \quad (2)$$
$$\left(\frac{J'}{J_0} + \frac{D_{\text{Э}}}{J}\right) \frac{dc_2}{dx} = \varepsilon c_2 (1 - c_2) - \frac{q_K (c_K - c_2)}{J}$$

где $D_{\text{Э}}$ – эквивалентный коэффициент диффузии.

Данная система уравнений, описывает процесс разделения изотопов в фазах при большом потоке отбора. Каждое из этих уравнений при условии, что $J' \cong J$, а $c_1 \cong c_2 \cong c$, сводится к уравнению колонны при малых отборах.

Кроме того, в системе уравнений (2) выражения в скобках – это высота эквивалентной теоретической тарелки для фазы амальгамы H_1 и раствора H_2 , соответственно. Сравнивая выражения для H_1 и H_2 получим:

$$H_1 \cdot J' \cdot H_2 \cdot J = 0 \text{ или } N_1 \cdot J = N_2 \cdot J', \quad (3)$$

т.к. $L = H_1 \cdot N_1 = H_2 \cdot N_2$ – длина колонны.

Из соотношений (3) видно, что при работе колонны в режиме с отбором $N_1 < N_2$, т.е. число теоретических тарелок в фазе амальгамы тем меньше, чем больше отбор.

Литература:

1. Тихомиров И.А., Видяев Д.Г., Гринюк А.А. Уравнение переноса вещества и легкой компоненты вдоль по колонне без потерь // Изв. ТПУ. – 2005. – Т. 308. – № 1. – С. 89–92.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОВОЙ ЦЕНТРИФУГЕ С
ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В.А. Власов, В.Г. Бутов, А.А. Орлов, С.Н. Тимченко, В.А. Щербин
Томский политехнический университет

Работа посвящена моделированию с помощью нейронных сетей единичной газовой центрифуги, которая служит для разделения бинарных смесей изотопов. Процессы внутри центрифуги носят нелинейный характер, и выявить связь между входными данными и результатами с помощью обычных моделей не всегда возможно либо слишком затруднительно[1]. Известно, что нейронные сети позволяют эффективно выявлять подобные закономерности, поэтому для моделирования центрифуги они представляют несомненный интерес[2]. В данной работе построена нейронная сеть позволяющая, определять основные гидравлические и разделительные характеристики газовой центрифуги в зависимости от геометрических параметров центрифуги, величины питающего потока и скорости вращения ротора.

Для моделирования процессов, происходящих внутри газовой центрифуги, была использована многослойная нейронная сеть с последовательными связями (с тремя слоями входной, скрытый и выходной слою). Входной слой состоит из n_{i+1} нейронов, где n_i - число входных переменных. Входы сети нормализованы в интервале от 0.1 до 0.9, для улучшения сходимости. Число нейронов в скрытом слое варьируется от опыта к опыту, выходной слой состоит из нейронов, число которых эквивалентно числу выходных переменных.

Для обучения трехслойных нейронных сетей был использован алгоритм обратного распространения.

Разделительные параметры (выходные функции) газовой центрифуги могут быть экспериментально определены в процессе непосредственного разделения изотопов. Данные снимали с центрифуги при различных условиях, в частности варьировались значения потока и давления отбора/отвала. Для каждого случая было измерено и относительное содержание изотопа после прохождения газовой центрифуги. Было получено 2000 наборов данных.

Экспериментальные данные были разделены на две группы: для процесса обучения нейронной сети – 1500 наборов данных, для проверки степени обученности сети – 500 наборов данных.

Литература:

1. Палкин В.А. Определение оптимальных параметров каскада газовых центрифуг // Атомная энергия, 1998, т.84, вып.3, с. 246-253.
2. Калан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М.: изд. дом «Вильямс», 2001.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ТДС**

Д.В. Савостиков, В.А.Власов

Томский Политехнический Университет

E-mail: astral990@mail.ru

Метод термодесорбционной спектроскопии (ТДС) является наиболее прямым методом получения информации о концентрациях адсорбированных частиц и энергии связи частиц на поверхности твердого тела [1].

На основе данного метода была разработана методика исследования и аттестации ультрадисперсных порошков, позволяющая проводить автоматизированный количественный анализ, с точностью до 10^{-3} % газового содержания в порошках неорганических материалов с темпом нагрева от 5 до 20°C/мин в интервале температур 20-1200°C и определять такие основные параметры, как: удельная поверхность и степень заполнения, энергия активации десорбции, порядок реакции.

В соответствии с предлагаемой методикой, исследуемый образец помещается в экстрактор, где по линейному закону происходит нагрев. Выделившийся из образца газ регистрируется с помощью масс-спектрометра. Полученные значения обрабатываются с помощью компьютера и выводятся в виде графиков зависимости концентраций от температуры или времени [2, 3,]. Дальнейшая обработка полученных масс-спектров на различной высоте пиков дает информацию о энергии активации десорбции и порядке реакции. Значение веса пика позволяет определить степень заполнения поверхности и дисперсность порошка [4].

Литература:

1. Агеев В.Н. Адсорбционно-десорбционные процессы на поверхности твердого тела // Поверхность. Физика, химия, механика – 1984. – № 3. – С. 5–26.
2. Власов В.А., Побережников А.Д., Савостиков Д.В. Программное обеспечение для проведения автоматизированных исследований процессов поверхностной термодесорбции методами масс-спектрометрии // Известия ТПУ – 2003. – Т. 306. – № 3. – С. 70–72.
3. Власов В.А., Побережников А.Д., Савостиков Д.В. Программное обеспечение для автоматизированного диагностического масс-спектрометрического комплекса // Современные техника и технологии: Труды VIII Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2002. – Т. 2. – С. 184–185.
4. Власов В.А., Савостиков Д.В. Изучение процессов адсорбции и десорбции из дисперсных порошков неорганических материалов масс-спектрометрическим методом // Известия ТПУ – 2003. – Т. 306. – № 2. – С. 75–77.

СЕКЦИЯ 5 – Разделение изотопов, плазменные и ионообменные процессы

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
УРАВНЕНИЕ АМАЛЬГАМНО-ОБМЕННОЙ КОЛОННЫ ДЛЯ
ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ**

И.А.Тихомиров, А.А. Орлов, Д.Г. Видяев, А.А. Гринюк
Томский политехнический университет

Разложение амальгамы при контакте с водой и водными растворами солей металлов играет в разделительном процессе двойную роль. С одной стороны, если бы амальгама не разлагалась, невозможно было бы организовать обращение фаз (перевод разделяемого элемента из фазы амальгамы в раствор). С другой стороны, разложение амальгамы при движении ее по обменной колонне приводит к потере части потока, а поскольку в нем концентрируется целевой изотоп, то и к потере конечного продукта. Скорость процесса разложения зависит от концентрации амальгамы, ее температуры, интенсивности перемешивания обменивающихся фаз, наличия примесей [1]. Указанные факторы постоянно изменяются в процессе движения амальгамы по колонне, поэтому при выводе уравнения амальгамно-обменной колонны на наш взгляд целесообразно пользоваться усредненными потоками.

Уравнение колонны для амальгамно-обменных процессов изотопного разделения имеет вид [1]:

$$\frac{dc}{dn} = \varepsilon c(1 - c) - \frac{q_K(c_K - c)}{J}.$$

Проведем усреднение потоков циркуляции вдоль по колонне:

$$\bar{J} = \frac{J_H + J_K}{2} = const.$$

С учётом разложения амальгамы конечный поток циркуляции J_K :

$$J_K = J_H - J_H \cdot R = J_H(1 - R),$$

где R - доля разложения амальгамы в колонне.

Уравнение колонны после замены J на \bar{J} запишется как:

$$\frac{dc}{dn} = \varepsilon c(1 - c) - \frac{q_K(c_K - c)}{\bar{J}} = \varepsilon c(1 - c) - \frac{q_K(c_K - c)}{J_H(1 - R/2)}.$$

Таким образом, получено уравнения амальгамно-обменной колонны для усреднённых потоков, которое позволяет рассчитать концентрацию целевого изотопа на выходе колонны (каскада колонн) или решить обратную задачу – определить необходимое число колонн для получения требуемого потока отбора целевого изотопа заданной концентрации.

Литература:

1. Розен А.М. Теория разделения изотопов в колоннах. – М.: Атомиздат, 1960. – 436 с.
- 2.

СЕКЦИЯ 5 – Разделение изотопов, плазменные и ионообменные процессы

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ
ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ГЕКСАФТОРИДА СЕРЫ**

Р.В. Сазонов, А.И. Пушкарёв, С.А. Сосновский

Томский политехнический университет

E-mail: sazon@sibmail.com

Представлены результаты исследования разложения гексафторида серы в смеси с водородом и кислородом в плазме импульсного электронного пучка, формируемого ускорителем ТЭУ-500 (350...500 кВ, 60 нс, плотность тока 0,3...0,4 кА/см²). Приведены данные термодинамического моделирования конверсии смеси газов SF₆+O₂ и SF₆+H₂+O₂ в низкотемпературной плазме, и экспериментальные результаты изменения состава смеси газов после воздействия электронного пучка, измеренные масс-спектрометром. Показано, что основное газофазное соединение, синтезируемое в плазме импульсного электронного пучка – дифторид-оксид серы. Выполнен изотопный анализ основного и осколочного ионов SOF₂. Получено, что содержание изотопа серы ³⁴S в дифторид-оксиде серы превышает его содержание в исходном гексафториде серы в 1,8±0,1 раза.

Литература:

1. Горшунов Н.М., Гуденко С.В. О возможности разделения изотопов за счет неравновесного колебательного обмена в послеразрядной зоне // Сб. докладов 8-ой Всероссийской научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул». – М.: ЦНИИатоминформ, 2003. – С. 133-136.
2. Туманов Ю.Н. Низкотемпературная плазма и высокочастотные электромагнитные поля в процессах получения материалов для ядерной энергетики. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 279 с.
3. Пушкарёв А.И., Новоселов Ю.Н., Ремнев Г.Е. Цепные процессы в низкотемпературной плазме. - Новосибирск: Наука, 2006. -226 с.
4. Власов В.А., Пушкарёв А.И., Ремнёв Г.Е., Сосновский С.А., Ежов В.В., Гузеева Т.И. Экспериментальное исследование и математическое моделирование восстановления фторидных соединений импульсным электронным пучком // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 5. – С. 89-93.
5. Ремнев Г.Е., Фурман Э.Г., Пушкарёв А.И., Карпузов С.Б., Кондратьев Н.А., Гончаров Д.В. Импульсный сильноточный ускоритель с согласующим трансформатором // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 3. – С.130-134.
6. Трусов Б.Г. Программный комплекс TERRA для расчёта плазмохимических процессов // Матер. 3 Междунар. симп. по теоретической и прикладной плазмохимии. – Плес, 2002. – С. 217–218.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ

В.Ф. Мышкин, И.А. Тихомиров, А.н. Бурдовицын, А. Панков

Томский политехнический университет

Эффективность плазменных технологий переработки или напыления порошков зависит от гранулометрического состава дисперсной фазы. При безотборной диагностике дисперсных частиц в гетерогенной плазме наиболее подходящими являются оптические методы.

Собранный нами лабораторный многоволновый аэрозольный лидар содержит шесть светодиодов (СИД), генерирующих излучения на разных длинах волн в видимой области спектра. Каждый СИД снабжен индивидуальной коллимирующей линзой, позволяющей формировать его изображения на различных расстояниях от установки. СИД расположены через 60° по углу вокруг ФЭУ, имеющего электромагнитный экран. Передние торцы цилиндров, содержащие СИД, жестко закреплены на минимальном расстоянии друг от друга, а тыльные части можно устанавливать на различных расстояниях от ФЭУ. Это позволяет регистрировать потоки рассеянного излучения из области (диаметром $\sim 2,5$ см и длиной до 20 см), находящейся на расстоянии 90-30 см (с диапазона углов 172° - 177°). Блок питания СИД содержит мультивибратор, генерирующий прямоугольные импульсы с частотой 50-1000 Гц. Импульсы распределяется по десяти параллельным каналам с помощью дешифратора и управляют электронными ключами.

Регистрация величин оптических импульсов на разных длинах волн осуществляется одним ФЭУ. Электрические импульсы ФЭУ через АЦП РСЛ-818 и регистрируются с помощью ПЭВМ в виде текстового файла. Погрешность регистрации экспериментальных данных не превышает 5%.

Малогобаритный лидар использовался при диагностике дисперсных частиц в хвостовой части потока плазмы высокочастотного разряда. Были оценены уровни свечения плазмы, позволяющие получать достоверные данные о гранулометрическом составе дисперсной фазы плазмы.

Для обработки сигналов обратного рассеяния использовался редуцирующий алгоритм решения интегрального уравнения. Для оценки гранулометрического состава дисперсных частиц по данным оптического зондирования необходимо задать диапазоны оптимизации параметров дисперсной фазы. Программа обработки экспериментальных данных позволяет задавать поиск решения интегрального уравнения в широких пределах изменения диапазонов размеров и значения комплексного показателя преломления частиц.

Компьютер определяет минимальное значение невязки расчетных данных от экспериментальных. По окончании расчетов оптимальные значения параметров выводятся на экран, а соответствующая этим данным гранулометрический состав дисперсной фазы сохраняется в виде текстового файла.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ –
ОСНОВА БУДУЩИХ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**
В.А. Власов, А.И. Пушкарёв, Г.Е. Ремнев, Р.В. Сазонов, С.А. Сосновский
Томский политехнический университет
E-mail: aipush@mail.ru

Рассмотрены закономерности возбуждения молекул в основном электронном состоянии. Показано, что для инициирования химических реакций наиболее эффективно неравновесное возбуждение колебательных степеней свободы молекул. Протекающие в таких условиях плазмохимические процессы имеют ряд преимуществ, позволяющие при их использовании в традиционных производствах снизить энергозатраты и увеличить производительность. Условия, реализуемые при импульсном возбуждении газовых смесей, также благоприятны для организации цепных химических процессов. Представлены экспериментальные данные реализации цепных химических процессов в плазме импульсного электронного пучка. Рассмотрены другие перспективные плазменные технологии - импульсный радиолит жидкофазных углеводородов при низкой температуре в условиях воздействия электронного пучка с высокой плотностью тока, инициирование процесса сажеобразования в неравновесных условиях.

А.Г. Непомнящих, С.В. Караваев, А.Г. Каренгин

Томский политехнический университет

E-mail: karengin.ag@mail.ru

Интерес к полезным ископаемым морей и океанов в наши дни не случаен: многие месторождения минерального сырья истощаются, а быстрый рост промышленного производства заставляет искать новые источники. Россия уже сейчас испытывает острую нехватку по целому ряду цветных, редких, редкоземельных и других металлов (уран, вольфрам, ниобий, кобальт и др.). В тоже время, в недрах мирового океана, к которому Россия имеет широкий выход, сосредоточены огромные запасы ценных металлов.

В настоящее время для извлечения ценных металлов из морской воды применяют, в основном, сорбционные методы. В данной работе показана возможность эффективного извлечения урана из морской воды с применением низкотемпературной плазмы.

Проведенное на первом этапе термодинамическое моделирование процесса переработки морской воды в воздушной и восстановительной плазме при атмосферном давлении и для широкого диапазона температур (300÷4000К) позволило определить рабочие температуры для его практической реализации, составы твердых и газообразных продуктов переработки, а также оценить общие и удельные энергозатраты на процесс.

Показано, что процесс плазменной переработки обычной морской воды неэффективен из-за низкого содержания в ней ценных металлов, а твердые продукты переработки представляют трудноразделимую смесь.

Предварительное концентрирование морской воды и последующее избирательное извлечение металлов с получением растворов с высокой концентрацией делает предложенный метод экономически эффективным и может быть реализован в ряде стран, имеющих мощные опреснительные станции для получения пресной воды из морской.

Так, переработка водносолевого раствора с содержанием урана 100г/л позволяет получать в воздушной плазме при рабочей температуре 1100÷1300К целевой продукт в виде закиси-оксида урана, а в условиях восстановительной плазмы при рабочих температурах более 1000К – в виде двуоксида урана. При этом удельные энергозатраты на получение закиси-оксида урана не превышают 2÷4 МДж/кг, а двуоксида урана 3÷4 МДж/кг, что меньше в 1000 раз по сравнению с плазменной переработкой обычной морской воды.

Результаты экспериментальных исследований данного процесса на плазменной установке мощностью 60 кВт хорошо согласуются с расчетными.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
АНАЛИЗ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ
СОСТАВОВ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

В.А. Власов, А.В. Астапенко
Томский политехнический университет

Пиротехнические композиции, относящиеся к классу энергетических гетерогенных конденсированных систем, так и изделия на их основе широко используются для решения прикладных задач как в народном хозяйстве, так и в военной технике.

Недостаточная изученность процессов горения пиротехнических составов на молекулярном уровне связана с большими скоростями реакций в волне горения, высокими температурами, узкими пространственными зонами, высокими скоростями горения образцов. Трудности возрастают и в связи с многокомпонентностью систем и их гетерогенностью.

Масс – спектрометрический метод является наиболее эффективным при исследовании химической структуры пламен и кинетики процессов горения пиротехнических составов. Целью проводимых исследований был анализ состава газообразных продуктов горения пиротехнических составов. Исследования проводились на масс – спектрометрическом комплексе на основе времяпролётного масс – спектрометра МСХ – 4, оснащённого системой отбора проб по методу молекулярного пучка(1,2).

Измерены распределения концентраций основных компонентов в зонах горения модельного смесового топлива на основе перхлората аммония (ПА) и полиметилметакрилата (ПММА) в условиях пониженных давлений. Так, для смеси ПА (94%)+ПММА (6%) при $P = 300$ мм рт.ст. установлено, что в объеме пламени, по мере приближения зонда к поверхности горения появляются продукты химической реакции (HCl , H_2O , $\text{CO}_2+\text{N}_2\text{O}$, $\text{NO}+\text{N}_2\text{O}$, $\text{CO}+\text{N}_2$) и возрастают концентрации продуктов газификации - главным образом окислителя ПА: NH_3 и ClO_2 .

При анализе состава продуктов горения пиротехнических систем $\text{Mg} - (\text{BaNO}_3)_2 - \text{KClO}_4$, $\text{Mg} - \text{Sr}(\text{NO}_3)_2 - \text{KClO}_4$, $\text{Mg} - \text{политетрафторэтилен}$ (ПТФЭ) было установлено, что газообразными продуктами горения являются H_2O , N_2 , O_2 , CO_2 .

Литература:

- 1.Леонас В.Б. Новые методы исследований с молекулярными пучками // Успехи физ. наук. 1979. т.127. №2. с.319-330.
2. Власов В.А., Астапенко А.В., Мышкин В.Ф., Власов А.В. Устройство отбора проб измерителя парциальных давлений. Полож. реш. на ПМ.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
ГАЛЛАМЫ ЛИТИЯ**

Д.Г. Видяев, В.А.Власов

Томский политехнический университет

В работе рассмотрена оригинальная физико-математическая модель непрерывного капельного процесса получения галламы лития, используемой для проведения процесса разделения щелочных металлов галламно-обменным методом в системах LiGa-NaOH и LiGa-KOH.

Установлено, что галламу лития целесообразно получать путем прямого растворения лития в галлии (в расплавах металлов). Для осуществления данного процесса разработана конструкция установки по непрерывному получению галламы лития капельным способом. Она представляет собой вертикальный цилиндрический реактор, в верхней части которого с помощью перфорированной пластины формируется капельный режим истечения жидкого галлия. Капли галлия под действием силы тяжести движутся сначала в атмосфере аргона, а затем в слое расплавленного лития, образуя галламу лития нужной концентрации.

Задачей разрабатываемой модели являлось определение основных параметров процесса получения галламы лития капельным способом и геометрических размеров установки, используемой для его реализации.

В основе модели лежит описание массообмена между движущейся каплей галлия и окружающим ее литием. Предварительные расчеты показали, что в нашем случае числа Пекле (Pe) составили более 10^6 , а число Рейнольдса (Re) $\gg 1$, следовательно, внедрение лития в галлий определяется в основном процессом конвективной диффузии, а течение вне капли можно считать вязким потенциальным. Поэтому, для описания данного процесса использована несколько измененная (с учетом особенностей рассматриваемой нами системы металл-металл) хорошо зарекомендовавшая себя модель массообмена между каплей и жидкостью при больших значениях Re и Pe [1], основанная на совместном решении уравнений конвективной диффузии в капле и движения капли в жидкости.

Полученные с помощью модели данные были использованы при проектировании лабораторной установки для непрерывного получения галламы лития, испытания которой показали хорошую сходимость результатов расчета с данными экспериментальных исследований.

Литература:

1. Протодьяконов И.О., Ульянов С.В. Гидродинамика и массообмен в дисперсных системах жидкость-жидкость. – Л.: Наука, 1986.- 272 с.

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВУХТЕМПЕРАТУРНОГО
ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ В СИСТЕМЕ ИОНИТ –
РАСТВОР**

С.С. Харин; А.П.Вергун

В настоящее время изотопы имеют важное значение для науки и техники. С расширением областей применения изотопов возрастает и потребность в них. Поэтому решение теоретических и прикладных проблем разработки новых эффективных, экологически безопасных методов разделения является актуальной задачей. С точки зрения решения задач изотопного разделения перспективными являются обменные методы. Такие методы с использованием ионообменных соединений уже длительное время изучаются на кафедре ТФ. В настоящее время на кафедре ТФ ФТФ ТПУ и базовых предприятий формируется всероссийский научно образовательный центр «Изотопы». Одним из направлений центра является разработка, изучение новых обменных методов разделения изотопов с применением ионитов.

С целью эффективного решения задачи определения наилучших условий и режимов разделения в системе ионит-раствор, применяются методы компьютерного моделирования. Работа с компьютерными моделями рассматриваемых процессов дает возможность относительно быстро осуществлять также направленный выбор систем с максимальными разделительными характеристиками.

Цель работы – составление компьютерной модели для нахождения однократного коэффициента разделения α и анализа возможностей его увеличения, в рассматриваемых системах, используя двухтемпературный метод разделения изотопов. Суть метода заключается в следующем. Используются колонны с различными температурами. Противотоком ионообменнику направляется раствор. Проходя через холодную колонну выделяемый из фазы раствора изотоп, переходит преимущественно в фазу ионообменника. На выходе из первой(холодной) колонны осуществляется частичный отбор обогащенного продукта. В идеальном случае в горячей колонне идет обратный процесс – т.е. выделяемый изотоп переходит в фазу раствора.

Для оценки различных вариантов влияния факторов на процесс изотопного разделения составлен комплекс программ:

1. Программа, определяющая коэффициент разделения методом Биллигана–Майера
2. Программа, для оценки распределения концентраций и потоков по ступеням в каскаде.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГАЛЛАМНЫХ СИСТЕМАХ

Видяев Д.Г.

Томский политехнический университет

Современные технологии требуют использования особо чистых материалов. Одной из наиболее сложных задач является получение чистых щелочных металлов (лития, калия, натрия и др.). Для разделения и очистки щелочных металлов нами предложено использовать галламно-обменный метод, основанный на реакции химического обмена между галламом (соединение галлия со щелочным металлом) и раствором щелочи.

Наиболее важной характеристикой эффективности того или иного метода разделения, в частности галламно-обменного, служит коэффициент разделения α . Поэтому задачей данной работы было проведение исследований по определению значений коэффициента разделения щелочных металлов в системах LiGa-NaOH, LiGa-KOH, KGa-NaOH.

Коэффициент разделения вычислялся для всех систем по результатам опытов, проведенных при различных начальных условиях. Для систем LiGa-NaOH и LiGa-KOH установлена зависимость величины α от температуры в интервале 40-80 °С при концентрации галламы лития 0,95 моль/л и водных растворов гидроксидов (NaOH и KOH) 4 моль/л. Кроме того, в ходе экспериментов для данных систем получена зависимость коэффициента разделения от концентрации реагирующих фаз - галламы и раствора. Установлено, что с ростом температуры значение α в исследованных системах уменьшается, а увеличение концентрации реагирующих фаз приводит к увеличению значения коэффициента разделения.

Для системы KGa-NaOH опыты проводились при концентрации галламы калия 0,92 моль/л, концентрации водного раствора гидроксида натрия 4,0 моль/л и температуре 40 °С. Значение α при указанных условиях равно 1,7.

Установлено что, высокие значения коэффициентов разделения в системах LiGa-NaOH и LiGa-KOH ($>10^3$), позволяют получать существенную очистку щелочных металлов друг от друга (до 99%) уже при однократном проведении обмена, что говорит о перспективности использования галламно-обменного метода для разделения и очистки щелочных металлов.

**РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ И ИОНОВ С БЛИЗКИМИ
СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОТОПНОГО
ОБМЕНА И ЭЛЕКТРОХРОМАТОГРАФИИ**

А.В. Власов, А.П. Вергун, В.В.Смирнова

Томский политехнический университет

E-mail: chair23@phtd.tpu.edu.ru

Предлагаемый способ разделения изотопных и ионных смесей основывается на совмещении обменных и электрохроматографических процессов в условиях применения ионообменных материалов. Разделительные процессы осуществляют в 2-х колоннах. В 1-ой колонне происходит разделение при противотоке фаз ионита и раствора. Электрохимическое обращение потоков фаз осуществляется с использованием электродиализатора с ионообменными мембранами. Во 2-й колонне разделение ионных и изотопных смесей происходит при электрохроматографии. Условия разделения достигаются путем встречного движения ионов и обеих фаз системы ионит-раствор. Для решения задач по определению оптимальных условий и режимов разделения применяется компьютерное моделирование процессов. Разработанная программа позволяет анализировать работу установки в стационарных и нестационарных условиях, рассматривается влияние флуктуаций параметров на эффективность процесса разделения в целом. Электродиализный аппарат в установке является в этих условиях не только средством для обращения потоков фаз, но и обеспечивает дополнительное изотопное разделение. Разработана программа, позволяющая рассчитывать коэффициенты уравнения регрессии при математическом планировании экспериментов. Уравнение регрессии описывает процессы разделения функциями, представленными в виде полинома. Такой характер модели позволяет учесть не только разнообразие факторов влияющих на основные показатели процесса, но и дать оценку влияния каждого фактора на функцию отклика. Из полученных уравнений следует, что наиболее сильное влияние на степень разделения изотопических ионов оказывает величина напряжения при заданном интервале варьирования значений противотока. Указанные программы для обменных и электроионитных процессов используются не только в научных исследованиях, но и в качестве компьютерного тренажера при подготовке высококвалифицированных специалистов в области разделения изотопов.

Литература:

1. Власов В.А., Вергун А.П., Орлов А.А., Тихонов Г.С. Разделительные процессы с применением ионообменных материалов: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2002. - 121 с.
2. Изотопы: свойства, получение, применение / Под. ред. В.Ю. Баранова. – М.: Издат. АТ., 2000. – 704 с.

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗОТОПОВ ИЗ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

А.П. Вергун, В.Ф. Тарасенко, В.Ф. Мышкин, Э.А. Соснин, В.С. Серебренников, А. Токмаков
Томский политехнический университет

Изотопная продукция востребована в атомной технике, медицине; микроэлектронике; для получения: катализаторов, высокотемпературных сверхпроводников, керамики. Поэтому в настоящее время задача уменьшения себестоимости изотопов является актуальной.

Известно, что изотопные эффекты в ходе фотохимических реакций имеют более высокие значения по сравнению с результатами, обусловленными различием масс. Если при фотохимических реакциях происходит перераспределение изотопов в различные фазовые состояния, то никаких сложностей не возникает. Если два изотопа одного элемента находятся в разных соединениях в растворе, то изотопный эффект уменьшается в зависимости от времени их непосредственного контакта. Одним из способов извлечения ионов из раствора является электродиализ.

Нами разрабатывается способ извлечения из водного раствора изотопа, преимущественно переходящего в диссоциируемое соединение за счет фотохимических реакций ацетата лития, иницируемых ВУФ-излучением эксилампы на димерах ксенона светимостью 46 мВт/см². Используется электродиализ с ионообменными и инертными мембранами.

При испытании режимов работы пробоотборника в рабочую камеру электродиализатора заливали 1 М раствор ацетата лития. К электродам прикладывалось постоянное напряжение 50 В. В типичной диаграмме проводимости электродиализатора от времени начальный момент наблюдается скачкообразное увеличение электрического тока. В дальнейшем наблюдается уменьшение и второй пик тока. При исчерпании ацетата лития из рабочей камеры суммарная электропроводность уменьшается до проводимости дистиллята и не изменяется со временем.

При высоком напряжении, прикладываемом к электродиализатору, будут выделяться ионы, появившиеся в результате дополнительной спонтанной диссоциации ацетата, взамен исчезнувших и проявляться поляризационные явления. При малой скорости электромиграции часть ионов лития, возникающие при фотолизе, будут участвовать в изотопном обмене с молекулами ацетата лития. Поэтому необходимо оптимизировать скорость отбора ионов лития и пространственное положение пробоотборника относительно источника ультрафиолетового излучения.

Предложенный метод извлечения целевого изотопа с помощью электродиализной ячейки позволяет рассчитывать суммарную величину коэффициента разделения изотопов при фотохимических процессах.

Работа финансировалась грантом РФФИ №06-08-00350-а.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЁМКОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

В.А. Власов, Ю.Ю. Луценко, А.С. Якимов
Томский политехнический университет

Для согласования высокочастотного факельного разряда с высокочастотным генератором необходимо знать такие параметры разряда, как его ёмкость и активное сопротивление. Ранее определение этих параметров проводилось для стационарного факельного разряда, имеющего мощность не более 200 Вт. Так по результатам работы [1] ёмкость разряда составляет десятые доли пикоФарады, а его сопротивление десятки килоОм. В тоже время по результатам работы [2] сопротивление разряда также составляет десятки килоОм, а ёмкость – десятки пикоФарад. Таким образом, результаты этих работ существенно расходятся именно в случае определения величины ёмкости разряда.

В настоящей работе нами были проведены измерения ёмкости факельного разряда резонансным методом. Длина канала разряда составляла при этом от 15 см до 50 см. Установлено, что ёмкость факельного разряда, определённая в соответствии с “модифицированной” схемой Неймана близка к величине электростатической ёмкости канала разряда.

Горение факельного разряда осуществляется за счёт диссипации энергии электромагнитной волны, распространяющейся вдоль канала разряда. Поэтому более корректно определять ёмкость разряда на основе модели канала разряда в виде цилиндрического проводника, вдоль которого распространяется поверхностная электромагнитная волна. В настоящей работе на основе выражений, описывающих волну Зоммерфельда, нами получена формула для ёмкости разряда в зависимости от величины волнового числа электромагнитной волны. Проведены расчёты по полученной формуле и сопоставление результатов расчета с экспериментальными результатами. Полученное расхождение между теорией и экспериментом объяснено влиянием стенки высокочастотного генератора на электрические характеристики разряда. Показано, что фазовый сдвиг между напряжением и током, протекающим в факельном разряде составляет $45^\circ \dots 50^\circ$. Этот результат близок к результатам работы [1], согласно которым величина ёмкостной составляющей тока в факельном разряде близка к величине активной составляющей.

Литература:

1. Кузовников А.А., Капцов Н.А. Мощность разряда и характер разрядного тока на частотах от 1,5 до 9 мггц. // Научные доклады высшей школы. Физико – математические науки. – 1958. – №5. – с.158 – 166.
2. Tálský A. Die messung des komplexen widerstandes der fackelentladung.// Czechoslovak Journal of Physics. – 1964. – В 14. - № 8. - p.594 – 599.

Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»
**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ОБРАЩЕНИЕМ ПОТОКОВ ФАЗ
В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА**

Л.И. Дорофеева

Томский политехнический университет»

dorofeyeva@phtd.tpu.ru

Проблема разделения стабильных изотопов является актуальной и связана с развитием изотопных технологий. Немаловажную роль в данном направлении имеет компьютерное моделирование процессов, позволяющее воспроизводить работу, как отдельной разделительной установки, так и каскада.

С целью создания математической модели, воспроизводящей работу разделительной ионообменной установки с электрохимическим обращением потоков фаз, проводилось моделирование процесса разделения изотопов лёгких щелочных и щелочноземельных элементов. Составлена программа, моделирующая процессы разделения изотопов, как в обменной колонне, так и электродиализаторе, используемом в качестве узла для обращения потоков фаз разделительной установки. Программа имеет удобный интерфейс, позволяющий вводить изменяемые параметры. В зависимости от исходной концентрации питания и необходимой концентрации отбора проводится расчёт высоты эквивалентной теоретической ступени и степени разделения на установке. Результаты расчётов выводятся в виде таблиц и графиков: $h=f(V)$, $h=f(V_i)$, $q=f(J)$, $q=f(P)$, скорости перемещения концентрационного фронта [1] по длине межмембранного пространства электродиализатора.

Проводится обработка введённых параметров на основе факторного анализа экспериментальных данных. Определяются такие параметры процесса как поток вещества в колонне [2], отбор обогащённого продукта, на основе которых определяется коэффициент однократного разделения и степень разделения, что позволяет вывести на экран математическую модель изучаемого процесса в виде уравнения регрессии второго порядка, показывающего как взаимосвязь факторов, определить влияние каждого фактора на оптимизируемую величину, в данном случае – степень разделения.

Литература:

1. Тихомиров И.А., Вергун А.П., Дорофеева Л.И. Разделение изотопов и ионов с близкими свойствами в обменных процессах с электрохимическим обращением потоков фаз. // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т.306, № 3.– С. 66 – 70
Дорофеева Л.И. Математическое моделирование при разделении изотопов щелочных элементов.//Сборник докладов международной научно-практической конференции «Проблемы физико-технического образования и атомной промышленности» Томск, 2000. – с 146-148.

ИНИЦИИРОВАНИЕ ЦЕПНЫХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАЗМЕ

Д.В. Пономарев, А.И. Пушкарев, Р.В. Сазонов

Научно-исследовательский институт высоких напряжений

e-mail aipush@mail.ru

Представлен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных работ по инициированию воспламенения кислородоводородной и воздушно-водородной смеси оптическим и ионизирующим излучением. Показано, что воздействие импульсным электронным пучком приводит к значительному снижению температурного предела воспламенения смеси кислорода с водородом и сокращению периода индукции. Выполнено сравнение значений периода индукции и температурного предела воспламенения при разных видах воздействия. Получено, что импульсный электронный пучок является наиболее эффективным источником внешнего воздействия на цепной газофазный процесс окисления водорода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА В ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА В КАСКАДЕ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ

Г.М. Скорынин, А.А. Орлов*, В.В. Сенченко.
ФГУП «ПО»Электрохимический завод» г. Зеленогорск
Томский политехнический университет, г. Томск

Изотопные перекрытия создают значительные трудности при разделении изотопов углерода в виде диоксида углерода центробежным способом, в котором основной разделительный эффект обусловлен разностью молекулярных масс, ограничивая при этом максимальное обогащение целевым изотопом ^{13}C в разделительных каскадах некоторой предельной величиной.

Это ограничение можно преодолеть несколькими способами, одним из которых является использование реакций изотопного обмена непосредственно в разделительном каскаде. В результате этих реакций диоксид углерода в легкой и тяжелой фракциях каскада будет стремиться перейти в равновесное состояние, утраченное в процессе разделения в каскаде из-за изотопного перекрытия.

На ФГУП «ПО «ЭХЗ» проведены исследования, показавшие возможность проведения изотопного обмена в диоксиде углерода с использованием специального устройства - реактора изотопного обмена (РИО), установленного в межкаскадные коммуникации каскада газовых центрифуг.

Была исследована эффективность работы РИО на различных гидравлических и температурных режимах, соответствующих условиям разделения в каскаде газовых центрифуг. В качестве катализатора использовался никель. Получены зависимости эффективности РИО от температуры и расхода газа. На основе данных исследований на предприятии разработан и внедрен способ получения высокообогащенного изотопа ^{13}C в каскаде газовых центрифуг [2].

ЛИТЕРАТУРА.

1. А.А.Сазыкин., Сборник докладов 3 Всероссийской научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул» 05.10-09.10.1998, г. Звенигород, стр.103-110.
2. И.И.Пульников, А.В.Рябухин, Г.А.Шарин, В.В.Сенченко, А.А.Палиенко. Центробежный способ получения высокообогащенного изотопа ^{13}C и устройство для проведения реакций изотопного обмена в каскаде газовых центрифуг. Патент РФ №

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СИБИРИ

В.И. Бойко, В.Ф. Дядик, Ф.П. Кошелев

Томский политехнический университет

Физико-технический факультет Томского политехнического университета с 1950 года ведёт целевую подготовку инженеров по базовым специальностям для предприятий Росатома и обеспечивает подготовку кадров для всего комплекса предприятий ядерного топливного цикла. За 57 лет ФТФ ТПУ подготовил более 7700 специалистов, практически во всех предприятиях и научных организациях атомной энергетической промышленности России и стран СНГ трудятся его выпускники.

Все специальности ФТФ объединены в два направления подготовки дипломированных специалистов высшего профессионального образования: 140300 "Ядерные физика и технологии" и 240600 "Химическая технология материалов современной энергетики". Кроме кафедр, в структуру факультета входят отраслевая научно-исследовательская лаборатория и Учебно-методический центр по радиационной и ядерной безопасности. Факультет обладает высококвалифицированным кадровым потенциалом. Созданные совместными усилиями Сибирского химического комбината и факультета на сублиматном заводе, заводе разделения изотопов и на опытно-физическом производстве СХК производственно-учебные лаборатории – филиалы кафедр ФТФ ТПУ являют собой пример новых образовательных структур. Факультет активно готовит кадры высшей квалификации для предприятий Росатома. На факультете функционируют 2 специализированных совета по защите докторских диссертаций.

Ярким подтверждением эффективности работы физико-технического факультета ТПУ является высокий и с каждым годом возрастающий спрос на его выпускников. В настоящее время факультет находится в прямых договорных отношениях по целевой подготовке специалистов с высшим образованием с основными предприятиями, организациями, научно-исследовательскими институтами Росатома. За 5 последних лет физико-технический факультет ТПУ подготовил 679 молодых специалистов, из них на предприятия и в организации Росатома трудоустроены 424 инженеров-физиков и инженеров-технологов, по семи профильным специальностям.

В настоящее время ФТФ ТПУ успешно сотрудничает в сфере подготовки дипломированных специалистов с Хиросимским и с Пражским университетами. Подготовка дипломированных специалистов по "Безопасности и нераспространению ядерных материалов" осуществляется при технической поддержке Департамента энергетики США и ядерного инспектората Швеции. Перспективы международного сотрудничества в образовательной деятельности связаны с организацией Сибирского образовательного центра по ядерным энергетическим технологиям. При этом планируется сотрудничество с университетами США, Германии и Франции.

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА “ИЗОТОПЫ”

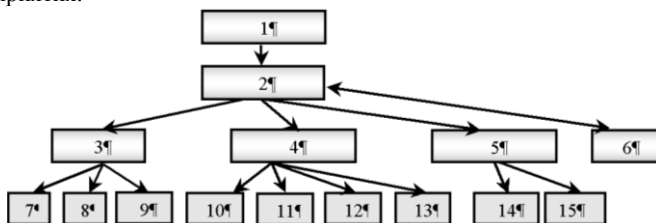
В.А. Власов, М.И. Стерхов, А.П. Вергун, А.А. Орлов, В.Ф. Мышкин,
А.Г. Каренгин

Томский политехнический университет

На современном этапе от ВУЗов требуется опережающая подготовка выпускников. Основой для такой подготовки квалифицированных специалистов, в том числе для атомной отрасли, является инновационная деятельность. В рамках этого направления, с целью повышения квалификации выпускаемых специалистов до уровня современных требований, на базе кафедры технической физики (ТФ) формируется Российский научно-образовательный центр (РНОЦ) “Изотопы”.

Основой РНОЦ являются учебные аудитории и научно-педагогические группы кафедры ТФ ФТФ, объединяемые в учебно-исследовательские: лабораторию (УИЛ) разделения изотопов и физическую лабораторию плазмохимии. В составе научно-педагогического коллектива кафедры работают 6 докторов наук, возглавляющие исследования на переднем крае современной науки, в том числе в области нанотехнологий. В этих исследованиях активное участие принимают студенты старших курсов.

В РНОЦ входит совместная учебная лаборатория кафедры ТФ и ЗРИ в г.Северске, в которой студенты изучают современные измерительные приборы и технологическое оборудование передового предприятия.



Структурные группы: 1 - ИНОЦ ФТФ; 2 - ИНОЦ “Изотопы”; 3 - учебные аудитории; 4 - УИЛ разделения изотопов; 5 - физическая УИЛ плазмохимии; 6 - совместная УИЛ каф.ТФ и ЗРИ в г.Северске. Классы: 7 - компьютерный; 8 - интерактивных и мультимедиа систем; 9 - курсового проектирования. Научно-педагогические группы: 10 - фотохимии и физических методов активации изотопов, 11 - диагностики плазменных систем, 12 - обменных и мембранных процессов, 13 - центрифужного разделения изотопов, 14 - плазменной переработки веществ, 15 – нанотехнологий.

Работа частично финансируется грантом РФФИ №06-08-00350-а.

РАЗРАБОТКА МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ НА КАФЕДРЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В.А. Власов, Л.И. Дорофеева, А.П. Вергун
Томский политехнический университет

Магистерская программа «Теплофизика и молекулярная физика», разрабатываемая на кафедре «Технической физики» по направлению «Физика» предусматривает подготовку магистров для областей науки и техники, связанных с процессами разделения изотопов и тонкой очистки веществ, наукоёмкими плазмохимическими и ионообменными технологиями, физическими методами анализа.

Программа подготовки магистрантов предполагает получение углубленных профессиональных знаний и направлена на подготовку к научно-исследовательской, проектной, технологической, а также инновационной деятельности. Кафедра «Технической физики» имеет более чем 50 летний опыт подготовки инженеров-физиков для предприятий и научно-исследовательских учреждений атомной промышленности. К настоящему времени кафедрой подготовлено более 1500 специалистов, многие из которых стали крупными деятелями науки и производства.

За последние 5 лет на кафедре получено 12 патентов. В 2003г. выполнен договор с ОАО «Томскнефть» ВНК по разработке опытного образца установки плазмокаталитической утилизации нефтяных шламов, которая успешно внедрена в производство. Разработан комплект конструкторской, технологической и эксплуатационной документации на установку необходимый для ее тиражирования.

В настоящее время повышение уровня профессиональной подготовки выпускаемых инженеров достигается путем использования научно-интеллектуального потенциала преподавателей кафедры и сотрудников разделительных предприятий: ФГУП "Сибирский химический комбинат" (г. Северск); ФГУП ПО "Электрохимический завод" (г. Зеленогорск); ФГУП "Ангарский электролизный химический комбинат" (г. Ангарск); ФГУП "Новосибирский завод химконцентратов" (г. Новосибирск), а также проведением процесса обучения на уникальной технической базе этих предприятий. Так на базе завода разделения изотопов (ЗРИ) Сибирского химического комбината в 2000 г. создана и успешно работает учебная лаборатория кафедры технической физики

Реализация магистерской программы «Теплофизика и молекулярная физика» позволит значительно повысить уровень подготовки дипломированных специалистов, которые продолжают своё обучение в аспирантуре.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

А.Н. Жиганов, С.А. Карпов, И.А. Цепаева

Северская государственная технологическая академия

В настоящее время в территориальной структуре подготовки кадров для атомной отрасли произошли изменения. Ядерное образование приблизилось к тем местам, где сосредоточено действующее производство. При этом предприятия атомной отрасли, и соответственно отраслевые вузы, вынуждены при решении задачи воспроизводства кадров обращать особое внимание на местные (внутренние) людские ресурсы закрытых атомных городов. Поставленная цель может быть достигнута, если в этих городах в полную силу заработает механизм социального партнерства всех сторон, заинтересованных в подготовке высококвалифицированных кадров для атомной отрасли.

На базе СГТА 15 февраля 2007г. учреждено некоммерческое партнерство по научно-образовательной деятельности в атомной отрасли «Отраслевой университетский комплекс «СИБАТОМКАДРЫ». Учредителями выступили 11 образовательных учреждений. Среди них - два учреждения высшего профессионального образования: ФГОУ ВПО «Северская государственная технологическая академия», АНО «Сибирский институт повышения квалификации» (Росатом), г.Новосибирск; четыре учреждения среднего профессионального образования: - ГОУ СПО «Ангарский политехнический колледж», ФГОУ СПО «Красноярский промышленный колледж», г.Железногорск, МОУ СПО «Северский промышленный колледж», ГОУ «Сибирский политехнический колледж», г.Новосибирск; два учреждения начального профессионального образования: ГОУ НПО «Профессиональное училище №10», г.Северск, ОГОУ НПО «Профессиональное училище №27», г.Томск, а также три школы г.Северска - базовые школы СГТА.

Создание Отраслевого университетского комплекса «СИБАТОМКАДРЫ» позволяет: 1) развернуть интегрированную корпоративную систему подготовки высококвалифицированных кадров для атомной отрасли на территории Сибири и Дальнего Востока; 2) повысить эффективность использования финансовых, материальных, интеллектуальных, кадровых, информационных и иных ресурсов учреждений, организаций и предприятий, входящих в университетский комплекс; 3) обеспечить дополнительный канал финансирования ядерно-технического образования предприятиями отрасли и создаваемой корпорацией «Росэнергоатомпром»; 4) привлечь талантливых молодых людей в атомную отрасль и реализовать для них индивидуальные образовательные траектории.

РОЛЬ ВОЕННЫХ КАФЕДР В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.Н. Ленский, Т.А. Шишлова

Томский политехнический университет

Атомная промышленность, являющаяся ключевым элементом энергетики будущего, требует от обслуживающего персонала высокой профессиональной подготовки, жесткого соблюдения регламента.

Период обучения в ВУЗе характеризуется интеллектуальной и эмоциональной напряженностью, сопряжен с большими нервно-психическими и энергетическими затратами. Поэтому изучение того, каким образом студентам удастся справиться с трудностями, к каким стратегиям они прибегают, чтобы совладать с ними или предотвратить порождаемые эмоциональные проблемы является актуальным. От способа преодоления трудностей во многом зависит вектор профессионального роста студентов, в том числе и готовность к будущей профессиональной деятельности, а в особенности в атомной промышленности.

Нами проводятся исследования по определению профессиональной пригодности студентов для обучения на военной кафедре (ВК), оценке влияния военно-патриотического воспитания на формирование морально-деловых качеств выпускников.

В 2006 г. были протестированы 93 студента II курса ТПУ, обучающиеся на ВК. После одного года обучения эти студенты были оценены по 3 критериям: успеваемость, дисциплинированность и исполнительность. Для обработки информации использовался *U*-критерий Уилкоксона (Манна-Уитни), предназначенный для проверки гипотезы о статистической однородности двух выборок.

Достоверная динамика не выявлена в стратегиях “Чудо” и “Общественные действия”. Среди стратегий имеющих достоверную динамику можно выделить: сдвиг от предпочитаемых стратегий к отвергаемым; сдвиг от отвергаемых к предпочитаемым стратегиям.

На основе анализа экспериментальных данных с помощью критерия Манна-Уитни и использования пакета StatGraphics выявлена взаимосвязь между такими критериями, как дисциплинированность, успеваемость, исполнительность и предпочитаемыми ими стратегиями совладающего поведения. На основе результатов опросника ЮКШ сформулированы правила прогнозирования успешности обучения, которые в дальнейшем будут использованы при отборе студентов на ВК.

Таким образом, результаты этих исследований показывают, что взаимодействие методик обучения на ФТФ и ВК ТПУ позволит не только повысить качество профессионально - психологического отбора студентов для военного обучения, но и обеспечит подготовку выпускника, соответствующего высоким квалификационным требованиям, предъявляемым в гражданской и военной профессиональной областях.

АВТОТРОФНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.Д. Московченко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Предлагается дополнить техническую формулу изобретения (новизна, изобретательский уровень, применимость) техносферическими (материал, продукция, отходы) и автотрофными (автономность, оптимальность и гармоничность) критериями. Анализ проводится на конкретно-техническом материале, связанном с настоящим и будущим атомной энергетики. Проводится мысль о техносферической и автотрофной перестройке современного инженерно-технического образования.

Методологически осмысленная идея «автотрофности будущего человечества», высказанная русской космической мыслью, позволяет поднять изобретательское дело на уровень современных мировоззренческих и методологических требований, дать полномасштабную оценку того или иного технического изобретения.

Изобретательская инновация приобретает трехуровневый характер: 1) внутрисистемный, когда изобретение направлено на удовлетворение сервисно-потребительских качеств человека; 2) надсистемный, в этом случае изобретатель вынужден учитывать логику и закономерности техносферического движения в целом; 3) планетарно-космический, когда изобретательское творчество человека совмещается («резонирует») с творчеством Природы, Вселенной в целом.

Применительно к физико-техническому образованию инновация также может быть рассмотрена с трех различно-уровневых позиций. Обращаясь к атомной энергетике (и атомному энергетическому образованию), следует отметить следующее. Атомно-технологические представления (и образовательные в том числе) должны не замыкаться физико-техническими и физико-энергетическими рамками, а охватывать, по возможности, глобально-техносферический аспект, а затем и планетарно-космический (автотрофный). Это имеет огромное значение для инновационного физико-технического атомного образования и перевода его на второй, а затем и на третий инновационный уровни.

Литература:

7. Московченко А.Д. Идея автотрофности и ядерная энергетика XXI века // Мат. II Межд. конф. / Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Томск: Тандем-Арт, 2004. – С. 408-411.

УСИЛЕНИЕ РОЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ- АТОМЩИКОВ В ОТРАСЛИ

И.А. ЦЕПАЕВА, С.А. КАРПОВ

Северская государственная технологическая академия

Одним из наиболее актуальных вопросов для предприятий Росатома является привлечение и закрепление молодых специалистов. Решать эту проблему необходимо совместными усилиями предприятий и вузов. Известно, что производственная практика, при правильной ее организации, формирует профессиональную самостоятельность, трудовую и производственную дисциплину, уважение к традициям коллектива, гордость за избранную профессию. Все это влияет на то, как в последствии молодой специалист вольется в трудовую жизнь, захочет ли продолжить свою трудовую деятельность на этом предприятии и будут ли сами производственники рады видеть его в своем обществе. Следовательно, на сегодняшний день производственная практика оказывает косвенное влияние на закрепление молодых кадров на предприятии. Сегодня целевая установка производственной практики направлена, прежде всего, на обучение, в то время как закрепление молодого специалиста на предприятии неразрывно связано с его профессиональным воспитанием, включающим профессиональную ориентацию. Учитывая острую потребность атомной промышленности в необходимости привлечения и закрепления молодежи в отрасль, необходимо, чтобы указанная функция производственной практики из вторичной перешла в число основных, приоритетных и приобрела управляемый характер. То есть нужно соответствующим образом расширить целевые установки производственной практики студентов, получающих образование по специальностям для атомной промышленности. В этом случае цель, как элемент, испытывающий непосредственное воздействие извне, будет являться системообразующим элементом педагогической системы производственной практики. Как известно, непосредственное воздействие на один из элементов системы всегда неразрывно связано с изменением других её элементов. Основными характеристиками производственной практики как системы являются её цели и задачи, содержание, формы, средства и методы. Следовательно, корректировка целей производственной практики должна сопровождаться корректировкой указанных элементов. При этом основным принципом, в соответствии с которым следует строить содержание и организационно-методическое управление практикой является принцип профессионально-отраслевой направленности, позволяющий формировать будущих выпускников как представителей профессиональной общности специалистов-атомщиков.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТА УЛАВЛИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

С.А. Байдали, С.Н. Ливенцов

Томский политехнический университет

Одним из функциональных узлов производства гексафторида урана является аппарат улавливания ценных компонент из «хвостовых» технологических газов. Модернизация АСУ аппаратом улавливания привела к необходимости наиболее полного исследования процессов протекающих в аппарате. Исследование осуществлялось методом математического моделирования в пакете MATLAB.

В работе были изучены и исследованы химические основы процесса улавливания: гидродинамический режим, кинетика и термодинамика химических реакций улавливания. На основе полученных данных была составлена полная структурная схема процесса улавливания, отражающая все взаимосвязи параметров процесса, которая была использована для создания математической модели. Все расчеты проводились исходя из независимости конечной модели от масштаба аппарата.

Исследования, проведенные на модели, показали, что распределения температуры по высоте реторт, рассчитанные для среднего состава технологического газа, соответствуют интервалам заданным технологическим регламентом. Степени улавливания на выходе аппарата близки к реальным значениям на производстве.

Были смоделированы реакции объекта по температуре, являющейся определяющим параметром процесса улавливания, на изменение управляющих и возмущающих воздействий. По результатам моделирования можно сделать вывод о нелинейности объекта и о возможности компенсации возмущений изменением расходов твердого сырья и хладагента.

Литература:

8. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1968. – 848с.
9. Фрэнкс Р. Математическое моделирование в химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 272с.
10. Формалев В.Ф. Численные методы: учебное пособие. – М.: Физматлит, 2006. – 400с.
11. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. М.: Химия, 1995. – 400с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА УЛАВЛИВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА

В.Н. Береза, В.Ф. Дядик, С.А. Байдали
Томский политехнический университет

Сублиматное производство гексафторида урана из тетрафторида урана и оксидов урана является сложным объектом автоматизации с дорогостоящим целевым продуктом и рядом особенностей, обусловленных быстротой протекания физико-химических процессов и агрессивностью технологических сред [1]. На отечественных сублиматных заводах успешно эксплуатируются и непрерывно совершенствуются автоматизированные системы управления технологическими процессами, в создании и модернизации которых принимает участие Томский политехнический университет. Одним из функциональных узлов сублиматного производства гексафторида урана является аппарат улавливания ценных компонент из «хвостовых» технологических газов.

В данном докладе представляется динамическая модель одного из вариантов узла улавливания – аппарата улавливания комбинированного типа (АКТ). Высокая степень улавливания в АКТ обеспечивается противотоком твердой (оксидов урана или тетрафторида урана) и газообразной фаз при высокой порозности слоя и незначительной скорости падения твердых частиц в восходящем газовом потоке.

Для исследования основных свойств аппарата с дисперсным сквозным потоком, а также для создания АСУТП улавливания была разработана динамическая модель АКТ, представляющая собой квазигомогенную модель неполного смешения. Математическое моделирование АКТ осуществлялось путем разбиения процесса на независимые от масштаба составляющие, изучения закономерностей протекания всех выделенных составляющих и составления системы уравнений модели, инвариантной к масштабу реактора [2].

По результатам моделирования были получены статические и динамические характеристика АКТ и вынесены рекомендации по обеспечению нужного температурного режима и разработке схемы технологического контроля и управления аппаратом. Разработанная модель послужила основой алгоритма управления аппаратом, реализованного в АСУТП узла улавливания.

Литература:

1. Копырин А.А., Карелин А.И., Карелин В.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива: учебное пособие. – М.: ЗАО «Издательство Атомэнергоиздат», 2006. 576с.
2. Методы моделирования каталитических процессов на аналоговых и цифровых вычислительных машинах / Под ред. А. Ермаковой. – Новосибирск: Наука, 1972. – 150с.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ ДЕСУБЛИМАЦИИ С АДАПТАЦИЕЙ ПО СТЕПЕНИ ДЕСУБЛИМАЦИИ

А.В. Вильнина, С.Н. Ливенцов, О.В. Нагайцева

Томский политехнический университет

Десублимационные процессы применяют для выделения веществ из парогазовых смесей на охлаждаемых поверхностях. Критерием управления процессом десублимации является определение степени десублимации, т.е. количество осаждаемого продукта [1].

Целью управления технологическим процессом десублимации является стабилизация на заданном уровне толщины слоя десублимата, накапливающегося на внешней поверхности трубочки за время захлаживания, чем обеспечивается максимальная степень десублимации (α) и повышение насыпной плотности готового продукта.

Адаптивное управление технологическим процессом заключается в определении степени десублимации по приращению веса продукта в баллоне отнесенное к количеству продукта, поступившего в аппарат за время цикла.

$$\alpha_{i-1} = \frac{\Delta W_{i-1}}{\Delta G_{i-1} t_{u_{i-1}}} \quad (9)$$

где ΔW_{i-1} - приращение веса продукта в баллоне за предыдущий цикл [кг]; ΔG_{i-1} - расход продукта на входе аппарата за предыдущий цикл [кг/час]; $t_{u_{i-1}}$ - продолжительность (i-1) цикла [час].

При определении текущего значения степени десублимации на основе экспериментальных данных получили, что степень десублимации α изменяется в диапазоне 0,65÷0,8.

Использование в алгоритме управления степени десублимации, которая определяется за каждый цикл работы секций, позволяет учесть влияние таких возмущений как расход газа, температура хладоносителя, температура газа, концентрация газообразного ГФУ в газе на ход технологического процесса в целом.

В результате получили, что использование показаний тензосесов в алгоритме управления позволяет реализовать оптимальное управление процессом десублимации при изменении степени десублимации от 0,65 до 0,8.

Литература:

1. Горелик А.Г., Амитин А.В.. Десублимация в химической промышленности. –М.: Химия, 1986. -272 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПФ "ОВЕН" ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АСУТП

В.Г. Гальченко, Ю.В. Бабушкин, Г.Е. Шевелев
Томский политехнический университет

Модернизация средств АСУТП получила широкое распространение в различных отраслях экономики, таких как атомная, нефтяная и газовая промышленность, химия и нефтехимия, металлургия, энергетика. С целью развития навыков практического освоения и разработки современных средств АСУТП актуальным является необходимость создания учебно-лабораторных комплексов на базе современных средств автоматизации.

В работе [1] представлены образцы учебно-лабораторных комплексов (УЛК), реализованных на средствах автоматизации НПФ «КРУГ», «КОНТРАВТ» и др. В докладе рассматриваются вопросы создания учебно-лабораторного комплекса для автоматизации распределенных объектов управления с использованием программно-технических средств ПФ «ОВЕН» г. Москва.

Основным назначением разработанного УЛК является изучение практической реализации автоматизированных систем для управления распределенными объектами. В состав УЛК входят: ПЭВМ, преобразователь интерфейса АСЗ, десять регуляторов ТРМ-101, регуляторы ТРМ-138, поставленные ПФ «ОВЕН», и регулятор RD-88E (итальянского производства).

В качестве объектов регулирования в УЛК используются:

- Металлический стержень с распределенными нагревателями, при этом регистрация и регулирование температуры по длине стержня производится девятью регуляторами, а десятый ТРМ-101 используется для регистрации температуры окружающей среды. Контроль мощности, выделяемой в нагревателях, производится многоканальным регулятором ТРМ-138;
- Металлическая пластина, при этом регулирование уровня температуры производится регулятором RD-88E, а регистрация температурного поля поверхности пластины – регуляторами ТРМ-101.

Разработанный УЛК позволяет выявить особенности управления распределенными объектами и может быть использован для подготовки специалистов по АСУТП для работников предприятий атомной промышленности.

Литература:

1. В.Г. Гальченко, Ю.В. Бабушкин, Н.Н. Кошкина. Учебно-лабораторный комплекс для систем автоматизации на базе продукции НПФ «КОНТРАВТ». Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности. Сборник тезисов докладов. ТПУ ФТФ – Томск, 7-9 июня 2004. 197с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ КОЛОННОЙ УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

А.Г. Горюнов, В.Ф. Дядик, С.Н. Ливенцов, Ю.А. Чурсин

Томский политехнический университет

alex79@phtd.tpu.edu.ru

В настоящее время в России отработанное ядерное топливо (ОЯТ) основных типов энергетических реакторов ВВЭР-1000 и РБМК (любых типов) не перерабатываются и накапливаются в специальных хранилищах. Количество ОЯТ постоянно увеличивается, и его регенерация является основной задачей радиохимической технологии переработки отработанных твэлов [1]. В России работы по проектированию установок регенерации ОЯТ энергетических реакторов ведутся с конца XX века, разработан проект завода РТ-2 [1, с. 317]. В настоящее время возобновляются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для обеспечения перехода к инновационным технологиям переработки отработавшего ядерного топлива, актуальность которых несомненна [2, с. 7].

В качестве экстрагента в современной технологии переработки ОЯТ планируется использовать 30%-ый раствор трибутилфосфата в легком углеводородном растворителе. На первом цикле предполагают установить экстракционные колонны [1]. Сотрудниками кафедры «Электроника и автоматика физических установок» Томского политехнического университета выполнен большой объем работы по изучению методов моделирования процесса экстракции урана и плутония растворами трибутилфосфата из азотнокислых растворов урана, плутония и осколков деления. В результате получен опыт построения математических моделей колонн и эффективных алгоритмов управления с использованием специальных технических средств, которые успешно внедрены на действующей установке. Полученный опыт может быть использован для построения систем управления экстракционными колоннами современных установок по переработке ОЯТ.

Литература:

1. Копырин А.А., Карелин А.И., Карелин В.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЗАО «Издательство Атомэнергоиздат», 2006. – 576 с.
2. О федеральной целевой программе «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007 – 2010 годы и на перспективу до 2015 года»: Постановление Правительства РФ от 6.10.2006, N 605 // Гарант [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. – Сетевая версия. – Электрон. дан. – М.: НПП Гарант-Сервис, 1990–2007.

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЛИГОНА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

В.В. Данилов¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомина², М.Д. Носков²

¹Сибирский химический комбинат

²Северская государственная технологическая академия

nmd@ssti.ru

В работе описывается иерархическая модель геологической среды в районе полигона глубинного захоронения жидких РАО СХК, в которой используются модели трех масштабов:

- модель района расположения полигона (модель I ранга);
- модель эксплуатационных и буферных горизонтов и примыкающих к ним водоупорных пластов в пределах полигона (модель II ранга);
- комплекс прискважинных моделей (модели III ранга).

Детальность описания геологической среды повышается с рангом модели. Модель I ранга описывает стратифицированную толщу осадочного чехла в районе размещения полигона. Модель II ранга описывает пласты-коллекторы, примыкающие к ним буферные горизонты и разделяющие их глинистые водоупоры в пределах полигона. Модели III ранга описывают геологическое строение прифилтровых областей нагнетательных скважин. Они являются врезками в модель II ранга с дальнейшим укрупнением масштаба моделируемых объектов.

Все созданные цифровые модели, соответствующие различным объектам геологической среды, связаны между собой. Осуществление таких связей происходит при соблюдении принципа вложенности моделей. Это достигается последовательным формированием моделей высоких уровней детальности путем вычленения из мелкомасштабных массивов одной или нескольких ячеек и их последующего расщепления с сохранением границ ячеек сетки.

Представленная иерархическая цифровая модель геологической среды может использоваться для выполнения геофильтрационных и геомиграционных расчетов.

Работа поддержана грантами РФФИ № 06-01-00073-а, № 06-07-96907-р_офи и грантом президента РФ № МК-5625.2006.8.

ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЛИГОНА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

В.В. Данилов¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомина², М.Д. Носков²

¹Сибирский химический комбинат

²Северская государственная технологическая академия

nmd@ssti.ru

На Сибирском химическом комбинате (СХК) для утилизации жидких радиоактивных отходов (ЖРО) применяется их захоронение в глубоко залегающие пласты осадочных пород. Одним из условий применения этого способа является возможность прогнозирования последствий глубинного захоронения ЖРО. В силу сложности прямого наблюдения процессов протекающих в геологической среде, для прогнозирования состояния пласта коллектора ЖРО необходимо использование методов компьютерного моделирования. В настоящей работе представлена созданная цифровая модель геологической среды в районе полигона глубинного захоронения ЖРО СХК и прогноз расположения контура фильтрата отходов в пределах эксплуатационных горизонтов после окончания захоронения.

Для создания цифровой модели геологической среды применялся пакет программ «PROCESSING MODFLOW». Объектом моделирования была стратифицированная толща осадочных пород на территории полигона глубинного удаления ЖРО СХК. В плане моделируемый участок полностью охватывал территорию обеих площадок 18,18а. По вертикали область моделирования включала в себя эксплуатационные горизонты и верхний буферный горизонт, а так же разделяющие их водоупорные пласты. Модель является слоистой, каждый из горизонтов рассматривался как отдельный слой трехмерного массива.

На основе созданной гидрогеологической модели были выполнены расчеты распространения компонентов отходов в пределах пластов-коллекторов полигона. Сравнение результатов моделирования и данных геохимического опробования из наблюдательных скважин показало, что области распространения отходов, полученные при моделировании, соответствуют реальности с достаточно высоким уровнем точности, а область фильтрата отходов в конце эксплуатации полигона глубинного захоронения ЖРО будет находиться на значительном удалении от границ горного отвода недр.

Работа поддержана грантами РФФИ № 06-01-00073-а, № 06-07-96907-р_офи и грантом президента РФ № МК-5625.2006.8.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИГОНОМ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.И. Зыков¹, А.А. Зубков¹, А.Д. Истомин², М.Д. Носков²

¹Сибирский химический комбинат

²Северская государственная технологическая академия

nmd@ssti.ru

Безопасное захоронение жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в глубоко залегающие геологические формации требует соответствующего уровня и качества управления и контроля состояния полигона глубинного захоронения ЖРО.

В настоящей работе описана геоинформационная система, предназначенная для автоматизации сбора, хранения, анализа и обработки информации (гидродинамической, гидрогеохимической, геофизической) получаемой в результате всех видов наблюдений, которые проводятся в процессе эксплуатации полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.

База данных ГИС реализована в архитектуре клиент-сервер на базе СУБД Microsoft Access 2000, обеспечивающей централизованное хранение разнородной информации и одновременный доступ к ней нескольких пользователей. СУБД обеспечивает надежное хранение, поддержание целостности и непротиворечивости данных, ввод, редактирование, эффективный поиск и выборку необходимых данных. Использование реляционной СУБД промышленного стандарта обеспечивает возможность интеграции с другими приложениями в рамках информационной системы.

Для обработки и анализа информации используются пакеты, поставленные в составе регистрирующих комплексов или предназначенные для предварительной обработки данных, хранения данных, обработки, анализа и визуализации данных, подготовки отчетных материалов.

Представленная геоинформационная система позволяет решать большинство задач информационного обеспечения контроля и управления полигоном глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов: сбор, хранение, анализ и обработка больших объемов данных; оперативный доступ и визуализацию информации; быструю и качественную подготовку отчетных материалов. Благодаря модульной организации ГИС допускает независимую модернизацию блоков и расширение функциональности.

Работа поддержана грантом РФФИ № 06-07-96907-р_офи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Д. Истомина, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков
Северская государственная технологическая академия

Функционирование предприятий ядерно-топливного цикла сопряжено с техногенным воздействием на природные системы (например, добыча урана методом подземного выщелачивания, эксплуатация полигонов подземного захоронения и поверхностных хранилищ токсичных и радиоактивных отходов). Решение различных задач, связанных с прогнозированием и управлением эволюции образующихся при этом природно-техногенных объектов требует анализа большого количества разнородных данных об их строении и состоянии. Использование современных информационных технологий для хранения, визуализации и анализа этих данных позволяет обеспечить оперативный доступ к информации, исключить потерю и искажение данных, что в целом способствует повышению эффективности управления природно-техногенными объектами.

В настоящей работе представлена геоинформационная система, предназначенная для ввода, просмотра, редактирования, хранения и визуализации разнородных геологических, гидрогеологических, минералогических, геофизических данных о природно-техногенном объекте. Геоинформационная система состоит из блоков взаимодействия с пользователем, контроля данных, хранения данных и геологического моделирования. Блок взаимодействия с пользователем позволяет с помощью системы диалогов вводить, просматривать, редактировать и визуализировать разнородные данные. Блок контроля данных оценивает достоверность введенных данных и проводит их первичную обработку. В блоке контроля осуществляется ведение протокола ввода данных, дифференцирование доступа к данным посредством пароля пользователя, обеспечение непротиворечивости информации. Блок хранения данных предназначен для хранения данных различного типа, проведения резервного копирования данных и обеспечения целостности информации. Моделирующий блок позволяет на основе первичных данных строить трехмерные цифровые модели геологической среды, используя методы экстраполяции и интерполяции данных.

Созданная геоинформационная система может применяться для хранения и обработки информации о состоянии природно-техногенных объектов ядерной промышленности, а также поддержки принятия управленческих решений.

Работа поддержана грантом РФФИ № 06-07-96907-р_офи и грантом президента РФ № МК-5625.2006.8.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПУЛЬТА ВЕДУЩЕГО ФИЗИКА НА ТЕРМОЯДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ КТМ

А.А. Мезенцев, К.И. Байструков, В.М. Павлов, А.В. Шарнин,
Ю.Н. Голобоков, А.В. Овчинников, С.О. Травянко
Томский политехнический университет

Построение современных автоматизированных систем управления технологических процессов (АСУТП) и автоматизированных систем научных исследований (АСНИ), непрерывно связано с проектированием сложных электротехнических и программных комплексов. В случае АСНИ, ситуация осложняется тем, что алгоритмы проведения экспериментов сложны и, как правило, заранее не известны. Переменные по объёму информационные потоки, которые во время эксперимента могут достигать десятков мегабайт в секунду. Получаемые с сотен и тысяч датчиков и каналов плат АЦП, сигналы нуждаются в обработке в реальном масштабе времени, а затем архивировании. В данное время на экспериментальной установке КТМ, разрабатывается система автоматизации экспериментов (САЭ), в которой задействованы современные средства диагностики плазмы. Поэтому в данной статье рассмотрены вопросы выбора методов и средств разработки программного обеспечения верхнего уровня АСНИ КТМ, необходимого для проведения эксперимента. Особенности будущих экспериментов на установке КТМ, предполагают серию требований к ПО пульта ведущего физика (ПВФ):

- Возможность быстрого гибкого изменения и конфигурирования ПО в условиях эксперимента оператором пульта или ведущим физиком без участия программиста разработчика;
- Возможность межплатформенного (Windows/Linux независимого) доступа к базам данных результатов экспериментов (БДРИ);
- Возможность управления подсистемой сбора данных (ПСД) диагностики плазмы (конфигурирование параметров настройки системы, формирование сценариев разряда);
- Возможность использования высокоуровневых математических функций для проведения моделирования процессов зондирования плазмы, так как получение достоверных результатов диагностики плазмы возможно только после их обработки по модели. А так же для обработки получаемых при моделировании отражённых 3D электромагнитных полей.

При выборе среды разработки оказалось, что наиболее перспективным, в данной ситуации, является интерпретируемый код, а средами проектирования Matlab(язык М) и .NET (J#). Все требования были реализованы в созданном на базе Matlab 6.5 R13 ПО ПВФ DAQViewer. Которое, по некоторым показателям, превосходит аналогичные программы визуализации и обработки экспериментальных данных.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАТОРИДА УРАНА

О.В. Нагайцева

Томский политехнический университет

В условиях рыночной экономики для предприятий важно поддержание на высоком уровне рентабельности производства. На предприятиях с непрерывным технологическим циклом, оснащенных АСУ ТП, к которым относится производство гексафторида урана (ПГУ), наибольший экономический эффект может дать совершенствование управления путем оптимизации технологических процессов.

Управление ПГУ осуществляется с помощью распределенной микропроцессорной АСУ ТП, программно-технический комплекс которой позволяет решать сложные задачи оптимального управления.

Сегодня актуальна оптимизация, как отдельных узлов, так и всего производства.

Предлагается следующая структура оптимизации ПГУ. АСУ ТП ПГУ дополняется подсистемой оптимизации, выполняющей расчет заданных значений для управляемых переменных узлов ПГУ в соответствии с критерием оптимизации производства, а АСУ узлов обеспечивают стабилизацию этих переменных на заданных уровнях.

Для реализации такой схемы важно сформулировать критерий, количественно оценивающий качество функционирования производства. Он может основываться как на технологических, так и экономических факторах. Для общей оценки эффективности функционирования целого производства рекомендуют использовать экономические критерии.

В качестве критерия оптимизации ПГУ предлагаются суммарные материальные и энергетические затраты при заданном уровне производительности и качестве готовой продукции (1).

$$S(\bar{X}, \bar{U}, \bar{Y}) = \frac{1}{\Pi} \cdot [S_c(\bar{X}, \bar{U}, \bar{Y}) + S_T(\bar{X}, \bar{U}, \bar{Y})] \quad (1)$$

$$\text{при } \Pi = \text{const} \text{ и } K = \text{const}$$

где $\bar{X}, \bar{U}, \bar{Y}$ – вектора входных, выходных, управляемых технологических переменных; S_c, S_T – материальные и энергетические затраты; Π – производительность, K – комплексный коэффициент, оценивающий качество готового продукта.

В настоящее время ведутся работы по формализации взаимосвязей составляющих критерия эффективности с технологическими переменными производства, исследуются процессы, протекающие в отдельных узлах производства, и их влияние друг на друга.

ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

М.Д. Носков, А.Н. Жиганов, А.Д. Истомин, А.Г. Кеслер, С.Н. Носкова, А.А. Чеглоков

Северская государственная технологическая академия

Эффективное управление работой геотехнологического предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) требует постоянного проведения анализа геологических и технологических данных и принятия на его основе оптимальных управленческих решений. Необходимость обработки больших объемов разнородной информации, а также сложность происходящих в продуктивном горизонте процессов приводит к необходимости применения современных информационных технологий для хранения, обработки и визуализации данных, а также проведения расчетов технологических показателей при различных схемах и режимах работы добычного комплекса.

В работе представлен геотехнологический информационно-моделирующий комплекс, предназначенный для управления разработкой месторождений урана методом сернокислотного СПВ. Комплекс состоит из информационной и моделирующей систем. Информационная система позволяет вводить, редактировать, экстраполировать и представлять с привязкой к карте местности геологические и технологические данные, необходимые для моделирования процесса СПВ и принятия управленческих решений по отработке блоков месторождения. Моделирующая система основывается на комплексной математической модели многокомпонентной фильтрации и состоит из двух блоков, описывающих гидродинамические и физико-химические процессы, происходящие в продуктивном горизонте. Гидродинамический блок выполняет расчеты распределения давления и фильтрационных потоков. В физико-химическом блоке выполняются расчеты растворения и переотложения минералов, комплексообразования, сорбции и десорбции.

В работе приводятся примеры применения комплекса для создания цифровых моделей и моделирования разработки блоков месторождения методом СПВ, расчетов основных технологических параметров разработки блоков (динамика извлечения урана, расхода серной кислоты и др.). Внедрение комплекса на геотехнологических предприятиях по добыче урана методом СПВ позволит оптимизировать расположение и число технологических скважин, сооружаемых для отработки блоков, выбрать наиболее эффективные режимы работы скважин с учетом особенностей геологического строения продуктивного горизонта.

Работа поддержана грантами РФФИ № 06-01-00073-а, № 06-07-96907-р_офи и грантом президента РФ № МК-5625.2006.8.

СОЗДАНИЕ ИСПОЛНЯЕМОГО МОДУЛЯ С ПОМОЩЬЮ MATLAB COMPILER

А.Ю. Паюсов

Северская государственная технологическая академия

vasiliev@ssti.ru

Один из способов создания автономного приложения состоит в том, чтобы написать весь исходный программный код в одном или более М-файлах или МEX-файлах. Написание алгоритма на языке М-файлов позволяет использовать все возможности MATLAB в своих интересах, включая графическую среду взаимодействия с пользователем. Однажды созданный М-файл может использоваться в программах в виде DLL модуля или, как автономное приложение.

С помощью MATLAB Compiler возможно автоматически генерировать оптимизированный С и С++ код для М-файлов. Транслируя код MATLAB на С и С++, компилятор существенно ускоряет работу приложения.

Основные свойства:

- Автоматическое конвертирование М-файлов в высококачественный С и С++ код;
- Существенное повышение скорости выполнения программ;
- Возможность встраивать код MATLAB в другие приложения, с использованием библиотек MATLAB С и С++ Math;
- Возможность скрытия кода для обеспечения защиты запатентованных алгоритмов;

Использование компилятора и библиотек С и С++ Math.

Библиотека объектных модулей содержащая около 300 алгоритмов MATLAB для выполнения численных расчетов и анализа данных .

Пользователь может применять эту библиотеку совместно с MATLAB Compiler для создания процедур MATLAB, работающих, в каких-либо внешних приложениях, а также может использовать алгоритмы библиотеки MATLAB С Math в программных продуктах, работающих в других средах.

Автономные модули, генерируемые компилятором, могут быть встроены в приложения, написанные на С и С++, выполняться автономно вне среды MATLAB.

Литература:

1. MATLAB Compiler User's Guide. Fifth printing. Revised for Version 2.1 (Release 12) – 2000. – 264 с.

СТАДИЙНЫЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Н. Фищенко

Ярославский государственный технический университет

fischenkov@gmail.com

Технический прогресс в различных отраслях промышленности (химической, атомной, нефтеперерабатывающей, лакокрасочной и т.д.) определяется совершенствованием известных и созданием новых технологий. Особое внимание уделяется исследованиям и разработкам методов и средств получения информации о параметрах технологических процессов и показателях качества материалов и изделий.

Методы расчета режимов вулканизации в принципе могут быть использованы для прогноза качества изготовления изделий путем оценки их свойств без разрушения изделий, если организовать непрерывный контроль за теми параметрами процесса, которые определяют условия его протекания.

При расчетах температур в вулканизуемых изделиях (неизотермических условий вулканизации), контролируемые условия вулканизации представляют собой граничные условия. Зная температуры вулканизации (неизотермические условия), можно прогнозировать также обратимые и необратимые изменения свойств материалов изделия (резин, корда, резинорcordных) в зависимости от режима.

Предлагается новый способ моделирования условий, эквивалентных производственным, для вулканизации толстостенных модельных образцов, изготавливаемых для испытания на статическую прочность связи. Помимо конструкторских и рецептурных факторов значительную роль играют технологические факторы, в том числе и режимные параметры.

При вулканизации резинорcordных изделий в корде вследствие нагрева возникают усадочные напряжения, под действием которых нити укорачиваются. Термический коэффициент линейного расширения для корда и резины примерно одинаков, что приводит при охлаждении на 130 °С к сокращению длины на 1,82 %. Усадка формоизменения в противоположность термическому расширению увеличивается с повышением температуры: длина нити при сокращается на 8 – 12%. Стоит напомнить, что эффективность неразрушающего метода контроля путем расчетов и моделирования зависит от степени адекватности модели реальному процессу.

НЕЧЕТКИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ АЭС

Е.А. Хлебус, В.Я. Дурновцев

Северская государственная технологическая академия

kosevgen@seversk.net

В данной статье рассмотрены вопросы проектирования и моделирования автоматически настраиваемого нечеткого логического регулятора. Как правило, нечеткие логические регуляторы разрабатываются на основе знаний эксперта о процессе. Однако этот подход имеет ограничение в том, что регулятор необходимо настраивать, для получения желаемого управляющего воздействия. В статье для автоматизации процесса настройки используется упрощенный метод «фильтр Кальмана» для нечеткого логического регулятора. В данном случае, реакция оптимального регулятора использовалась для определения правил, по которым будет работать нечеткий логический регулятор.

Продемонстрированы стабильность и рабочие характеристики нечеткого регулятора для диапазона мощностей 10% - 100% с вариациями параметров станции. Надежность нечеткого логического регулятора сопоставима с той, что получена на модели с оптимальным регулятором. Эффективность нечеткого регулятора характерна для случаев, когда есть значительная неопределенность в сборе выходных данных или крайне неопределенное состояние станции (серьезные повреждения). В этом случае нечеткое описание и управление процессом могут быть полезнее использования регулятора, работающего по классической схеме.

Литература:

1. T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy Identification of Systems and its Application to Modeling and Control", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-15, No. 1, pp. 116- 132, January/February 1985.
2. R. M. Edwards, K. Y. Lee, and M. A. Schultz, "State Feedback Assisted Schultz, Classical Control: An Incremental Approach to Control Modernization of Existing and Future Nuclear Reactors and Power Plants," Nuclear Technology Vol.92, November 1990, pp. 167-185.
3. R. M. Edwards, K. Y. Lee, and A. Ray, "Robust Optimal Control of Nuclear Reactors and Power Plants," Nuclear Technology, vol. 98, May 1992, pp. 137-148.
4. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Кальмана – Бьюси. Пер. с нем. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1982. - 287 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЭКСТРАКЦИОННОЙ КОЛОННОЙ

Ю.А. Чурсин, А.Г. Горюнов, С.Н. Ливенцов
Томский политехнический университет

Настоящая работа проводилась с целью создания модели процесса реэкстракции в четвертой экстракционной колонне (ЭК4) и создания САУ данной колонной. Колонна входит в состав установки по переработке облученного ядерного топлива. Данная установка представляет собой установку для переработки облученного ядерного топлива по экстракционной технологии, она включает 5 экстракционных тарельчатых пульсационных колонн (ЭК).

В данной работе разработка САУ именно для ЭК4 обусловлена, в первую очередь, экономической целесообразностью. Может сложиться такая ситуация, что часть три-бутил-фосфата будет уноситься вместе с водной фазой, что ведет к неоправданным экономическим потерям. Стабилизация же концентрации урана позволит уменьшить данный процесс.

В ходе работы велась разработка математической модели колонны с последующим созданием компьютерной модели, позволяющей получать результаты, погрешность которых не превышает заданной величины [1,2].

Далее для синтеза САУ модель была линеаризована. По каналу управления ЭК4 аппроксимируется аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием. Модель является линейной при изменении всех параметров в пределах 15% от точки равновесия. Настройки регулятора были рассчитаны стандартными средствами ТАУ. Далее был выбран регулятор, дающий наилучшее качество управления, при этом также проводилась проверка системы на грубость.

В результате проделанной работы были разработаны адекватная модель колонны ЭК4, а так же САУ, позволяющая достичь требуемое качество регулирования. В дальнейшем планируется использование полученных настроек регулятора на действующем объекте, также планируется более детальная проработка модели и структуры регулятора.

Литература:

1. С. М. Карпачёва, Е. И. Захаров «Основы теории и расчёта пульсационных колонных реакторов». – М.: «Атомиздат», 1980.
2. Фрэнкс Р. Математическое моделирование в химической технологии.- М.: Химия, 1971.
3. С. М. Карпачёва, Б. Е. Рябчиков «Пульсационная аппаратура в химической технологии». – М.: «Химия», 1983.

Абаимов А.Д. 22
Авраменко В.А. 54, 55, 56

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»**

- Айтжанов Т.Е. 96, 130
Алексеев А.В. 23
Алексеев Ю.И. 109
Амелина Г.Н. 88, 89, 90, 91, 93
Андреев А.А. 80, 81, 82, 83, 84
Андреев В.А. 94
Андриенко О.С. 95, 110
Андросов А.А. 97, 98
Аношин Г.Н. 102
Антропова И.Г. 36
Арасланов Р.М. 122
Арбузов С.И. 69
Артёмов К.П. 50
Артисюк В. 62
Асович В.С. 109
Астанина Е.А. 76
Астапенко А.В. 139
Апсэ В. 62
Афанасьев Г.М. 96, 130
- Бабаев А.А. 37
Бабушкин Ю.В. 159
Байдали С.А. 156, 157
Байструков К.И. 165
Барцева Ю.В. 29
Беденко С.В. 24
Береза В.Н. 157
Бейзель Н.Ф. 104
Богданов О.В. 38, 39
Бойко В.И. 64, 67, 149
Бородич С.С. 32
Брус И.Д. 85, 86, 87
Брыксин Д.А. 106
Буйновский А.С. 85, 86, 87, 118
Бурдовицын А.Н. 136
Бутов В.Г. 132
- Вагнер А.Р. 40
Варлачев В.А. 44
Вендеревская Ю.В. 129
Вергун А.П. 141, 143, 144, 150, 151
Веретенникова Г.В. 61
Виграненко Ю.М. 35
Видаев Д.Г. 131, 134, 140, 142
Вильнина А.В. 158
Витушкин Д.Г. 48
- Власов В.А. 129, 132, 133, 137, 139, 140, 143, 145, 150, 151
Водянкин А.Ю. 112
Войт А.В. 55
Выходцев Е.В. 65
- Гаврилов П.М. 21, 24
Гайдай И.В. 88, 89, 90, 91, 92
Гальченко В.Г. 159
Гарапацкий А.А. 44
Гоголев А.С. 41, 42
Голдобин Д.Н. 127
Голобоков Ю.Н. 165
Голуб А.В. 54
Горюнов А.Г. 160, 171
Гребнев В. А. 126
Гринюк А.А. 131, 134
Гузев В.В. 105
Гузеева Т.И. 105, 111, 120
- Давыдов А.В. 123
Данейкин Ю.В. 25, 43
Данилов В.В. 161, 162
Демянюк Д.Г. 27
Дмитриева Е.Э. 54
Дмитриенко В.П. 97, 98, 125, 126
Добржанский В.Г. 54
Долгополов С.Ю. 124
Долматов О.Ю. 27
Дорда Ф.А. 115
Дорофеева Л.И. 146, 151
Дьяченко А.Н. 80, 81, 82, 83, 84
Дьяченко А.С. 95, 99
Дудкин Г.Н. 44
Дурновцев В.Я. 170
Дядик В.Ф. 149, 157, 160
- Егорин А.М. 54
Егоров Н.Б. 95, 99
Еланский Р.Б. 71
Ефимов В.Г. 26
- Железнов В.В. 54, 55, 56
Жерин И.И. 88, 89, 90, 91, 92, 93, 97, 98, 100
Жиганов А.Н. 114, 152, 167
Жуков А.В. 123

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»**

Забаев В.Н. 40	Кузнецов С.И. 40
Заборцев Г.М. 65	Кузов В.А. 67
Зайцев А.В. 57	Кузьмин А.В. 23
Занин М.К. 70	Кузьминых В.М. 97, 98
Заякина С.Б. 102	Куликов Е. 62
Зинаков Л.И. 22	Куликов Г. 62
Зубков А.А. 161, 162, 163	Лазарчук В.В. 114, 115
Зыков А.И. 163	Лантратова О.В. 121
Иванилова Т.С. 45	Левицкий В.М. 68, 69
Индык Д.В. 95	Ленский В.Н. 153
Исаченко Д.С. 27, 70	Левченко Л.М. 101, 104
Истомин А.Д. 117, 161, 162, 163, 164, 167	Лежнина Н.С. 72
Кабаяев С.Т. 110	Ливенцов С.Н. 156, 158, 160, 171
Казарян М.А. 110	Лисин В.А. 79
Камбур М.П. 109	Ломов И.В. 124
Каменова О.В. 103	Лубягина Е.Е. 83
Караваев С.В. 128, 138	Луценко Ю.Ю. 129, 145
Каратаев В.Д. 63, 76, 77	Магомедбеков Э.П. 61
Карелин В.А. 103	Майоров В.Ю. 56
Каренгин А.Г. 128, 138, 150	Макаров Ф.В. 105
Карпов С.А. 152, 155	Макасева Ю.Н. 118
Карпов Ю.А. 48	Малиновская Т.Д. 110
Кашковский В.В. 45	Мальков В.С. 110
Кеслер А.Г. 167	Маргьнов В.В. 24
Клименко О.М. 122, 123	Маслюков В.В. 63
Клочкова М.С. 75	Матюнин С.А. 79
Князев А.С. 110	Машковский А.А. 55
Ковшун А.А. 55	Мезенцев А.А. 165
Козырев А.С. 116, 118	Мельникова Е.С. 63
Колпаков Г.Н. 25, 67	Мереуца Н.К. 108
Колпакова Н.А. 67	Меньших Е.Г. 73
Кондратьева А.Г. 79	Морозов О.А. 111
Кононов Д.Б. 111	Московченко А.Д. 154
Коротченко К.Б. 38, 39	Митькин В.Н. 101, 102, 103, 107
Короткевич В.М. 115, 117	Михайлова Н.А. 115, 116, 117, 118
Коротышев В.В. 22	Минаева Е.А. 106
Косолапов И.М. 25	Мухортов Д.А. 109
Костин В.И. 55	Мышкин В.Ф. 136, 144, 150
Кошелев Ф.П. 31, 34, 72, 149	Нагайцева О.В. 158, 166
Кравченко В.А. 29	Непомнящих А.Г. 138
Крайденко Р.И. 80, 81, 82, 84	Носков М.Д. 60, 117, 161, 162, 163, 164, 167
Кудинов К.Г. 29	Носкова С.Н. 167
Кузнецов М.А. 32	

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»**

- Овчинников А.В. 165
Ожерельев О.А. 108
Орлов А.А. 127, 131, 132, 134,
148, 150
Орлов А.В. 46
Орлов В.Л. 46
Оствальд Р.В. 88, 89, 90, 91, 92,
93
Островский Ю.В. 65, 84

Павлов В.М. 165
Павлова А.А. 78
Падалко В.Н. 44
Панков А. 136
Парфентьев Е.А. 30, 57
Пашкевич Д.С. 109, 121
Паюсов А.Ю. 168
Петров В.Б. 109
Пивоваров Ю.Л. 37, 38, 39
Пинегин В.И. 124
Полуэктов Р.А. 30
Пономарев Д.В. 147
Попырин В.Ю. 66
Потылицын А.П. 40, 41, 42
Предтеченский Ю.Б. 121
Пушкарёв А.И. 135, 137, 147

Разин С.В. 40
Радченко А.И. 69
Ревина А.А. 36
Ремнев Г.Е. 137
Романов М.Е. 117, 118
Рудников А.И. 93
Рыжов В.В. 50
Рябов А.С. 114, 118

Сабденов К.О. 58, 59
Савельева С.Ю. 123
Савицкий А.И. 100
Савкин А.Е. 113
Савостиков Д.В. 133
Сазонов А.Б. 61
Сазонов Р.В. 135, 137, 147
Сачков В.И. 110
Свиныхов Д.С. 25
Селиваникова О.В. 31, 34, 72
Семенов А. 31

Сенченко В.В. 148
Сергиенко В.И. 54
Серебренников В.С. 144
Сидоров М.Е. 97, 98
Силаев М.Е. 32, 47, 48, 64
Скорынин Г.М. 111, 127, 148
Скуридин В.С. 44
Скуратова М.В. 116
Смирнова В.В. 143
Соловьев Ю.А. 53
Солодовников Е.С. 44
Сохорева В.В. 49
Сокольниковая Т.А. 56
Соснин Э.А. 144
Сосновский С.А. 135, 137
Стерхов М.И. 150
Страшко А.Н. 112
Столяревский А.А. 33
Сунцов Д.Ю. 113
Суховерхов С.В. 55

Тарасенко В.Ф. 144
Терентьев А.И. 119
Тимофеев Д.В. 111
Тимошин С.В. 34
Тимченко С.Н. 132
Токмаков А. 144
Тихомиров И.А. 131, 134, 136
Травянко С.О. 165
Трошкина И.Д. 106
Тураев Н.С. 85, 86, 87
Тюлюбаев З.М. 88, 89, 90, 91, 92
Тюпина Е.А. 113

Углов С.Р. 40
Усов В.Ф. 93, 100
Устюгов А.Г. 66

Федоров М.А. 26
Федорчук Ю.М. 74
Фенин А.А. 36
Филатова Л.А. 120
Филимонов С.В. 127
Фирстов П.П. 76, 77
Фитерер И.П. 99
Фищенко А.Н. 169
Фролов Е.С. 83

**Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции
«Физико-технические проблемы атомной энергетики и промышленности»**

Хадкевич А.В. 43	Шкитов Д.А. 50
Харин С.С. 141	Шматко С.И. 54
Хлебус Е.А. 170	Шмелёв А. 62
Хлытин А. Л. 65, 119	Шура Л.П. 44, 63
Холин Ю.Ю. 125	Шутиков А.В. 35
Холодова Н.А. 121	Щербин В.А. 132
Хрусталёв В.А.35	Юшицин К.В. 43
Цапаева И.А. 152, 155	Якимов А.С. 145
Цепенко Е.А. 95, 99	Яковлева В.С. 76, 77
Чеглоков А.А. 164, 167	Aygozhiev A. 28
Чекмарев А.М. 122 , 123	Bulaev O.F. 51, 52
Черданцев Ю.П. 49	Fuller M. 52
Черепенников Ю.М. 77	Gary C. 51,52
Чибисов Е.В. 44	Kaplin V.V. 51, 52
Чигирёва Н.С. 60	Kriger S. 28
Чижевская С.В. 122, 123	Kugeler K. 28
Чурсин Ю.А. 160, 171	Piestrup M. 51, 52
Чупина И.Ю. 123	Sohoreva V.V. 51, 52
Шавинский Б.М. 104	Uglov S.R. 51, 52
Шагалов В.В. 88, 89, 90, 91, 92	Voronin A.A.51, 52
Шаманин И.В. 24, 64	
Шамин В.И. 114, 115, 116, 117, 118, 124	
Шариков Д.А. 47	
Шарнин А.В. 165	
Шевелев Г.Е. 159	
Шестаев В.Ф. 97	
Шикерун Т.Г. 114, 115, 116, 117, 118	
<u>Шишлова Т.А. 153</u>	