



65
ЛЕТ

«ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ»

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвященная 65-летию СТИ НИУ МИФИ**

16-20 декабря 2024 г.

Материалы конференции

Северск 2024

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Всероссийская научно-практическая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященная 65-летию СТИ НИЯУ МИФИ
16-20 декабря 2024 г.**

Материалы конференции

УДК 621.039
И 665

Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения: всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 65-летию СТИ НИЯУ МИФИ, 16-20 декабря 2024 г.: материалы конференции/ Министерство науки и высшего образования РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ); под ред. М.Д. Носкова. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2024. – 91 с. – Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-145-0

Сборник включает материалы конференции «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения». Приводятся научные и практические результаты исследований, связанных с проблемами развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, оборудования и технологий ядерной отрасли, автоматизации и цифровизации технологических процессов и объектов.

Для студентов, аспирантов соответствующих специальностей и молодых ученых.

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

ISBN 978-5-93915-145-0

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2024

Уважаемые участники конференции!

Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения». В рамках конференции будут обсуждаться актуальные проблемы развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации технологических процессов, моделирование и информатизация технологий и объектов в атомной отрасли.

Целью конференции является содействие инновационно-техническому развитию атомной отрасли и внедрение результатов научных исследований в производство, а также совершенствование подготовки специалистов и кадров высшей квалификации для ГК «Росатом». В конференции принимают участие молодые ученые, аспиранты и студенты вузов, а также специалисты предприятий атомной промышленности.

Данный сборник будет способствовать профессиональному росту участников конференции, налаживанию делового сотрудничества и развитию творческих связей ученых и специалистов, работающих в атомной промышленности.

Председатель редакционной коллегии,
доктор физико-математических наук,
профессор, Заслуженный работник высшей
школы Российской Федерации

М.Д. Носков

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Секция Материалы и технологии атомного энергопромышленного комплекса</i>	12
<i>Буйновский А.П., Жиганов А.Н., Муслимова А.В., Молоков П.Б., Буйновский А.С., Вальков А.В. РАСТВОРЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЛОПАРИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА РЗЭ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОКСИДОВ ДИДИМА И НЕОДИМА</i>	13
<i>Буткеева М.А., Роскош Е.С., Муслимова А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АРСЕНАЗО (III)</i>	14
<i>Васильева О.В., Молоков П.Б., Ушаков А.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРИФТОРИДА БОРА С КОМПОНЕНТОМ НАСАДОЧНОЙ КОЛОНКИ HAYESER T В ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ</i>	15
<i>Васильчук И.А., Ярков С.Д., Муслимова А.В., Молоков П.Б. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИСХОДНОМ РАСТВОРЕ НА ПРОЦЕСС ИХ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ</i>	16
<i>Груздаков В.Н., Троценко В.П., Иванов К.А., Иванов М.Л. СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКСИДОВ УРАНА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ</i>	17
<i>Дяденис М.Ю., Зеличенко Е.А. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛАХ</i>	18
<i>Завялов А.А., Коробейников Е.А., Козлов В.В., Грачев Е.К. АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛИ ЭК-181 ДЛЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК СО СМЕШАННЫМ НИТРИДНЫМ УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ (ТВС СНУПТ)</i>	19
<i>Зайцев Д.В., Грачев Е.К. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ПЛУТОНИЯ ДЛЯ АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА</i>	20
<i>Клюжесв П.А., Ткачук С.А., Широков А.В. АРМИРОВАНИЕ УГЛЕТКАНЬЮ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛАМЕЛИЙ ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА</i>	21

<i>Козлов В.В., Грачев Е.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА С РУ БРЕСТ-ОД-300.....	22
<i>Кравченко Е.В., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА.....	23
<i>Кузнецова О.В., Дешина М.В., Богданова С.А.</i> ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТИТРИМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ	24
<i>Кулигина Е.В., Богданова С.А.</i> КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТ-ИОНОВ ВО ФТОРСОДЕЖАЩИХ ГАЗАХ.....	25
<i>Лаврентьев В.А., Софронов В.Л.</i> ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРОВ УРАНИЛА С ДЕФИЦИТОМ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ.....	26
<i>Лялина Н.А., Житков С.А., Ткачук С.А.</i> ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОЛИТА ПУТЁМ ОТСТОЯ.....	27
<i>Матвеева Д.Б.</i> СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ	28
<i>Мерзляков К.А., Софронов В.Л.</i> ПОДБОР ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ.....	29
<i>Мехряков И.К., Софронов В.Л.</i> СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО НИТРИДНОГО ТОПЛИВА	30
<i>Молчанова А.В., Анкипович Е.И., Ожерельев О.А.</i> МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЦЗЛ ТГОК ИЛЬМЕНИТ	31
<i>Нетфуллова И.И., Семенова А.С.</i> ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРНОКИСЛОТНОГО МЕТОДА РАСТВОРЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	32
<i>Охотникова Е.П., Гузеева Т.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРЕБРА НА ПОРОШКЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И ПОРИСТЫХ СТРУКТУР	33

<i>Петрова А.В., Селезнева О.К., Богданова С.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	34
<i>Семенова А.С., Нетфуллова И.И.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВАРИАНТА ВЫДЕЛЕНИЯ КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	35
<i>Семенычева А.Н., Бурмистрова А.А., Ожерельев О.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ СЛАБОЙ КИСЛОТЫ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	36
<i>Сивина Д.А., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.</i> СИНТЕЗ ГИДРОКСИАПАТИТА, ДОПИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ.....	37
<i>Силин В.А., Софронов В.Л., Житков С.А.</i> ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОЛИТА $KF \cdot 2HF$ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ.....	38
<i>Сусакин В.А., Исанов К.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗОТОПНОГО КАЧЕСТВА ПЛУТОНИЯ В СМЕШАННОМ ЯДЕРНОМ ТОПЛИВЕ НА НАКОПЛЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫЖИГАНИЯ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ	39
<i>Ткачук С.А., Житков С.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА.....	40
<i>Толмосова О.В., Ушаков А.О., Илекис В.М., Муслимова А.В., Молоков П.Б.</i> ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРОМОВОДОРОДА	41
<i>Шайдуров Д.Е., Ткачук С.А.</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОСКОГО КАТОДА И КРУГЛОГО ЖАЛЮЗИЙНОГО АНОДА.....	42
<i>Широков А.В., Ткачук С.А., Ключев П.А.</i> СОЗДАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛАМЕЛЕЙ ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ КОКСО-ПЕКОВОЙ СМЕСИ.....	43

<i>Шляжко Д.С., Терентьев С.Г., Софронов В.Л.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ РЕЖИМА ВЫТЭСНИТЕЛЬНОЙ РЕЭКСТРАКЦИИ ПЛУТОНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ РБН.....	44
<i>Секция Техническая кибернетика. Моделирование и информатизация технологий и объектов атомной отрасли</i>	45
<i>Бакилин Д.В., Иванов К.А.</i> РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АВАРИЙНОГО ЗАПАСА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	46
<i>Березин А.А., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ.....	48
<i>Богушевич Н.В., Грачев Е.К.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ СБОРОК.....	49
<i>Голубичкин М.М., Баянов А.Р., Лохтина Л.Н.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОБЪЕКТА В СРЕДЕ SIMINTECH	50
<i>Гусаковская Е.Д., Лохтина Л.Н.</i> ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ SIMINTECH ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	51
<i>Илекис В.М. Молоков П.Б.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИК-СПЕКТРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ХЕМОМЕТРИКИ.....	52
<i>Ишмуратов Р.Р.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ.....	53
<i>Коробейников Е.А.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ЭНЕРГОБЛОКА ОДЭК АО «СХК» С РЕАКТОРОМ «БРЕСТ-ОД-300»	54
<i>Костин М.В., Логинова Е.С.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫМ АГРЕГАТОМ.....	55

<i>Кулеш Ю.О., Щипков А.А.</i>	КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ПОГРУЖНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ	56
<i>Мусин С.В., Шваб А.В.</i>	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА, СМЕШЕНИЯ И УСРЕДНЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ	57
<i>Новицкий М.В., Иванов К.А.</i>	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ФТОРА В АНОДНОМ ГАЗЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГФУ	58
<i>Палашиков И.И.</i>	МАШИНА ВЕРОЯТНОСТЕЙ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ.	59
<i>Рябов И. А., Залевский А.О.</i>	РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА РАБОЧЕГО АППАРАТА ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ	60
<i>Ежуров Д.О., Истомин А.Д., Носков М.Д., Толмосова О.В., Чеглоков А.А.</i>	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ.	61
<i>Троценко В.П., Иванов М.Л., Иванов К.А.</i>	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА СЫПУЧЕЙ СМЕСИ	62
<i>Шпатов А.А., Сапунов А.Р., Иванов К.А.</i>	РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДАМИ В РАМКАХ ОТКРЫТОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ	63
<i>Секция Оборудование и технологии атомной промышленности</i>	64
<i>Арендаренко Г.О., Зарипова Л.Ф.</i>	ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА	65

-
- Башкирова А.П., Грачев Е.К., Панихин В.С., Маркелова Д.В., Кикенина И.К., Грачева Д.К., Михалёв Р.Ю.* МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА, ОСНОВАННАЯ НА РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОЦЕССОВ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ NdFeB 66
- Бей Е.В., Карташев Е.Ю.* ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС 67
- Богданович И.А., Карташов Е.Ю., Громик В.Г.* ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРПУСА СУБЛИМАТНОГО ЗАВОДА НА СХК ПО ПРОГРАММЕ «КОНВЕРСИЯ» 68
- Воробьева Е.С., Зарипова Л.Ф.* ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕПАРАТОРА ПАРА НА КУРСКОЙ АЭС 69
- Генсеровский К.А., Карташов Е.Ю.* УСТАНОВКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ ДИЗАКТИВАЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ 70
- Денисенко Ю.А., Смолин А.Ю.* ПОДЪЕМ ОПОРЫ №1 ФУНДАМЕНТА ЭНЕРГОБЛОКА №2 РОСТОВСКОЙ АЭС 71
- Дубинин В.С., Софронов В.Л., Никулина У.С.* РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА С ЖИДКОСОЛЕВЫМ ТОПЛИВОМ 72
- Закиров Т.З.* ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЯДЕРНЫЕ ДЕЛЯЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ 73
- Изотов Е.С., Грачев Е.К.* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НИТРИТНОГО УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ 74
- Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К., Михалёв Р.Ю., Маркелова Д.В., Башкирова А.П., Панихин В.С.* ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СМЕШАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАГНИТОВ 75
- Киселев Р.Н., Зарипова Л.Ф.* ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА ИГНАЛИНСКОЙ АЭС 76

<i>Маркелова Д.В., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Михалёв Р.Ю., Баширова А. П., Панихин В.С., Кикенина И.К.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ Fe^{2+} , Fe^{3+} ТИТРИМЕТРИЧЕСКИМ ЭКСПРЕСС МЕТОДОМ.....	77
<i>Михалёв Р.Ю., Кикенина И.К., Грачев Е.К., Илекис В.М., Маркелова Д.В., Баширова А.П., Панихин В.С.</i> РЕЦИКЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $R_2Fe_{14}V$	78
<i>Наумов В.А., Грачев Е.К.</i> АО «ВНИИНМ» ИМ. АКАДЕМИКА А.А.БОЧВАРА	79
<i>Нерадовский В.А., Грачев Е.К.</i> БЕЛОЯРСКАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ.....	80
<i>Панихин В.С., Баширова А.П., Маркелова Д.В., Михалёв Р.Ю., Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТОВ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, ВЫШЕДШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ, НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ $NdFeV$	81
<i>Пименов С.Г., Дружинин Р.И., Теровская Т.С., Софронов В.Л.</i> ПЕРЕРАБОТКА АБСОРБЦИОННЫХ РАСТВОРОВ ФТОРИДНОГО ПРОИЗВОДСТВА УРАНА	82
<i>Ревнивецев И.С., Лапкис А.А.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ВВЭР-1000	83
<i>Резных Ю.А.</i> ПОДХОДЫ К ДЕМОНТАЖУ ГРАФИТОВЫХ КЛАДОК ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ВАРИАНТУ «ЛИКВИДАЦИЯ».....	84
<i>Серебрянников А. А., Грачев Е. К.</i> ЛЕНИНГРАДСКАЯ АЭС. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СТАНЦИИ.....	85
<i>Скоц А.В., Грачев Е.К.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР АД И АДЭ-1 НА ФГУП «ГХК»	86
<i>Смирнов А.Д., Будко Е.А.</i> ДЕЗАКТИВАЦИЯ ПАРΟΣЕПАРАТОРА РЕАКТОРА РБМК-1000 ЛАЭС-1.....	87
<i>Татарина С.А., Грачев Е.К.</i> СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ	88

Ульман М.В., Карташов Е.Ю. ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА
ОТКРЫТЫХ БАССЕЙНОВ ХРАНЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА 89

Яковьюк Е.О., Грачев Е.К. АНГАРСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЙ
ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ 90

*Секция
Материалы и технологии атомного
энергопромышленного комплекса*

*Буйновский А.П.¹, Жиганов А.Н.¹, Муслимова А.В.¹,
Молоков П.Б.¹, Буйновский А.С.¹, Вальков А.В.²*

РАСТВОРЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЛОПАРИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА РЗЭ С ПОЛУЧЕНИЕМ ОКСИДОВ ДИДИМА И НЕОДИМА

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
²НИЯУ МИФИ; 115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31
e-mail: info@terphi.ru*

Разработка технологии разделения редкоземельных элементов обусловлена высоким спросом на чистые РЗЭ, такие как неодим и празеодим, которые необходимы для производства высокоэнергетических магнитов, катализаторов и других материалов в промышленности. В настоящее время наиболее используемыми РЗЭ для получения магнитов системы R-Fe-B являются Nd и Pr, (дидим) Dy и Tb. Для их получения, как правило, используется классическая схема с поэлементным выделением каждого редкоземельного элемента на отдельном каскаде (с предварительным окислением церия и выделением в первую очередь лёгкой группы, а затем среднетяжелой группы элементов). В России такой технологии не существует, однако у нас есть производство по получению суммы карбонатов РЗЭ - ОАО "СМЗ". В связи с этим необходимо разработать такую технологию, которая позволяет получать индивидуальные РЗЭ по себестоимости равной или не выше китайской.

В настоящей работе рассматривается схема разделения РЗЭ без предварительного окисления церия с Ce^{3+} до Ce^{4+} и выделения дидима высокой чистоты. Что бы избежать его окисления, профессором НИЯУ МИФИ А.В. Вальковым предложена обратить внимание на растворение карбонатного концентрата РЗЭ с поддержанием определённого уровня рН, которая опробована в данной работе.

В работе так же проводится анализ состава поставляемого концентрата карбоната РЗЭ, его растворение, подбор оптимальных параметров и условий его растворения при заданном рН, выбор экстрактора для дальнейшего разделения РЗЭ с выделением дидима и неодима, предусматривающий сравнительный анализ работы центробежных (ЭЦН-40) и ящичного типа экстракторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков, Е.Г. *Металлургия редкоземельных металлов : учебное пособие для вузов / Е. Г. Поляков, А. В. Нечаев, А. В. Смирнов. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 501 с.*

Буткеева М.А., Роскош Е.С., Муслимова А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АРСЕНАЗО (III)

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: egorroskosj@gmail.com*

Оптические методы анализа широко применяются для определения концентрации большинства элементов периодической таблицы Менделеева.

Арсеназо (III) образует с ионами лантаноидов внутрикомплексное соединение, по устойчивости превосходящее соединение лантаноидов с арсеназо (I) и арсеназо (II). Редкоземельные элементы образуют с арсеназо (III) окрашенные соединения красно-фиолетового цвета с максимумом поглощения при 670 нм [1].

В предыдущем исследовании [2] при определении сольватного числа метод сдвига равновесия не дал высокой точности, поэтому было принято решение воспользоваться спектрофотометрическим определением лантаноидов. Существует три основных методов количественного определения концентрации в растворах: метод градуировочного графика, метод молярного коэффициента поглощения, метод добавок.

Для определения концентрации лантаноидов в водно-солевой системе применяли методы градуировочного графика. В мерные колбы объемом 50 мл отбирали 0,1 – 2,5 мл стандартного раствора с содержанием Ce^{3+} 40 мг/л, добавляли 0,05 г аскорбиновой кислоты, 5 мл буферного раствора (рН = 1,8), 1 мл сульфосалициловой кислоты, 2 мл арсеназо (III) и доводили до метки раствором HCl 0,01 н. В докладе будут более подробно представлены условия и результаты эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луцкий Д.С. Применение реагентов группы арсеназо при спектрофотометрическом определении содержания РЗЭ в водно-солевых системах / Луцкий Д.С., Олейник А.О. // Современные инновации. – 2016. – № 4(6) – 8 – 12 с.
2. Роскош Е.С. Определение константы равновесия экстракции нитрата церия (III) трибутилфосфатом / Роскош Е.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б. // Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий – 2024. – 40 с.

Васильева О.В., Молоков П.Б., Ушаков А.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРИФТОРИДА БОРА С КОМПОНЕНТОМ НАСАДОЧНОЙ КОЛОНКИ NAУЕСЕР Т В ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sokolova.27052002@gmail.com*

Газовая хроматография – физико-химический метод анализа и разделения химических веществ, основанный на распределении веществ между неподвижной и подвижной фазой, где последней является инертный газ-носитель. Для химических анализов на газовых хроматографах могут применять насадочные колонки, которые наполняются определенным сорбентом, например, кремнеземом, цеолитом, молекулярными ситами, силикагелем, активированным углем, алюмосиликатами, оксидом алюминия и так далее.

Производителями ЗАО СКБ «Хроматэк» было предложено использование наполнителя для насадочной колонны марки «НауеСер Т» для определения и разделения трифторида бора от примесей в хроматографе в связи со способностью полимера разделять низкомолекулярные материалы, содержащие галогены. При проведении работ по определению трехфтористого бора на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» было выявлено, что выхода трехфтористого бора из хроматографической колонки не происходит.

В связи с наблюдаемым явлением была поставлена следующая цель: определить механизм взаимодействия наполнителя насадки с трифторидом бора. Среди возможных механизмов предполагается адсорбция, химическое превращение или хемосорбция.

Авторами работы был проведен аналитический обзор свойств наполнителя для хроматографической колонки марки «НауеСер Т», состоящего из высокочистого этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМ) и были рассмотрены физические и химические свойства ЭГДМ в сочетании с трифторидом бора. Для подтверждения отсутствия образования посторонних продуктов при прохождении через колонку исследуемый газ с трифторидом бора был также проанализирован на хроматографе с использованием альтернативной колонки.

В дальнейшем информация, полученная в ходе экспериментальных данных и литературного обзора, позволит сделать выбор хроматографической насадочной колонки для успешного разделения газообразного трифторида бора и анализа его чистоты.

Васильчук И.А., Ярков С.Д., Муслимова А.В., Молоков П.Б.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИСХОДНОМ РАСТВОРЕ НА ПРОЦЕСС ИХ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ira.vasilchuk.002@mail.ru*

Исследование экстракционного разделения редкоземельных элементов имеет важное значение для разработки эффективных методов их переработки и извлечения из различных концентратов.

Концентрация редкоземельных элементов в исходном растворе оказывает значительное влияние на эффективность и селективность экстракционного разделения, что требует детального анализа и оптимизации этого параметра. Например, увеличение концентрации РЗЭ в водной фазе повышает из количество, доступное для экстракции, что может улучшить извлечение. Однако при очень высоких концентрациях РЗЭ может наступить насыщение экстрагента и усиленная конкуренция между извлекаемыми элементами, что снижает эффективность экстракции, но может повыситься селективность. Также при высоком содержании РЗЭ в водной фазе повышается ее вязкость, что негативно сказывается на кинетических параметрах процесса.

В рамках научно-исследовательской работы были рассмотрены 2 серии экспериментов: в первой - с различным содержанием РЗЭ в исходном растворе, а кислотность ТБФ постоянна и равна 0,12 моль/л; во второй – кислотность ТБФ непостоянна и равна кислотности водных фаз от 0,1 моль/л до 0,5 моль/л. По полученным данным рассчитаны основные характеристики экстракции: коэффициенты распределения и разделения, а также построена их зависимость от концентрации ТБФ.

В докладе будут изложены результаты проведенных серий экспериментов и рекомендации для следующих исследований.

Груздаков В.Н., Троценко В.П., Иванов К.А., Иванов М.Л.

СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКСИДОВ УРАНА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Gruzdakov@Yandex.ru*

Одной из важных и сложных проблем в области химического анализа является определение разных веществ при их одновременном присутствии в смеси. Целью работы является создание рабочей системы способного определять примеси в закиси окиси урана по характеристикам цвета смеси.

Вариант решения данной проблемы, предложенный в моей работе, основан на выделении и количественной оценке цветовых составляющих смеси. Данный анализ позволяет выполнить оценку содержания вещества в смеси, если ее компоненты отличаются цветом.

В качестве регистрирующего устройства используется одноплатный компьютер Raspberry Pi 5 на ОС Bookworm. Чувствительным элементом выступает IP камера IMX477. На языке Python написана программа, позволяющая анализировать изображения, полученные с камеры и определять значение RGB (0-255, 0-255, 0-255) цветности смеси. Показания RGB смеси сопоставляются с процентным содержанием оксидов. При исследованиях разных концентраций смесей можно построить зависимость концентрации от значения цветности смеси, для этого будет достаточно измерить цветность смеси с максимальной и минимальной концентрацией.

Результатом работы, является протестированный на лабораторных образцах рабочий прототип системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов В.М.* Химическая цветоматрия: возможности метода, области применения и перспективы/ Иванов В.М., Кузнецова О.В. // Успехи химии. 2001 Т. 70. № 5. С. 411-428.
2. *Чеботарев А.Н.* Анализ тенденций развития метода химической цветометрии (обзор)/ Чеботарев А.Н. Снигур Д.В. Бевзюк Е.В., Ефимова И.С. // Методы и объекты химического анализа. 2014. Т. 9. № 1. С. 4-11.
3. *Домасев М.В.* Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения./ Домасев М.В. Гнатюк С.П. // СПб.: Питер, 2009. 224 с.

Дяденис М.Ю., Зеличенко Е.А.

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Samusdmu@gmail.com*

Для улучшения физико-химических и механических свойств металлов, на их поверхность наносят покрытия, повышающие их функциональные возможности. Одними их самых распространенных являются электрохимические методы: процесс плазменного напыления, микродуговое оксидирование, методы, основанные на кристаллизации покрытий из различных растворов, метод детонационно-газового напыления, электрохимическое осаждение, золь-гель процесс и др. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки

Одним из наиболее перспективных методов нанесения покрытий на вентильных металлах (Ti, Nb, Ta, Al, Zr, Hf, W, Bi, Sb, Be, Mg) является электро-плазменное нанесение или микродуговое оксидирование. Отличительной чертой МДО является наличие избытка микродуговых разрядов в растворе электролита, пробивающих образующуюся оксидную пленку, вызывающих ее плавление, перекристаллизацию, что позволяет получать однородное по фазовому составу покрытие с нужными значениями механических характеристик. Основным недостатком технологии МДО, используемой для получения износ- и коррозионостойких покрытий на титановых сплавах, является продолжительность процесса, время варьируется от 90 до 150 минут. Достоинством данного метода является получение покрытия с повышенными показателями механической прочности, равномерности структуры и фазового состава[1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошуро В.А. Разработка технологии модификации электроплазменных функциональных покрытий на титане и его конструкционных сплавах путем микродугового оксидирования: дис. канд. техн. наук: 05.09.10. - Саратов, 2014. - 119 с.

Завялов А.А., Коробейников Е.А., Козлов В.В., Грачев Е.К.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛИ ЭК-181 ДЛЯ ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК СО СМЕШАННЫМ НИТРИДНЫМ УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ (ТВС СНУПТ)

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл. пр. Коммунистический, 65
e-mail: alex.zav.jov.azj@gmail.com*

Тепловыделяющие сборки (ТВС) с использованием смешанного нитридного уран-плутониевого топлива (СНУПТ) представляют собой перспективное направление в области ядерной энергетики. Разработка технологии сборки ТВС СНУПТ является важным шагом для реализации замкнутого ядерного топливного цикла, что актуально в контексте обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития.

Проведен анализ использования малоактивируемой жаропрочной радиационноустойчивой стали ЭК-181 разработанной АО «ВНИИНМ» им. ак. А.А.Бочвара применительно к ТВС заполненным таблетками СНУП топлива, используемых в активных зонах реакторов на быстрых нейтронах.

Особенностями стали ЭК-181 являются более низкий уровень наведенной радиоактивности и более быстрый ее спад после нейтронной экспозиции при сохранении высокого уровня сопротивления охрупчиванию в интервале температур 270-400°C в условиях нейтронного облучения и высокого уровня жаропрочности вплоть до 650°C.

Рассматриваемая в тезисе сталь имеет ряд достоинств:

– демонстрирует хорошую устойчивость к радиационному охрупчиванию и высокую стабильность свойств при длительном воздействии радиации и температуры, характерных для реакторов на быстрых нейтронах;

– материал имеет состав, минимизирующий образование долгоживущих радионуклидов, что упрощает утилизацию и переработку отработавших ТВС;

– легко обрабатывается и может быть использована для создания сложных конструкций, таких как оболочки ТВС, дистанционирующие элементы и другие компоненты, подвергающиеся высоким нагрузкам.

Использование стали ЭК-181 может способствовать значительному улучшению эксплуатационных характеристик и продлению ресурса конструктивных материалов.

Зайцев Д.В., Грачев Е.К.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ПЛУТОНИЯ ДЛЯ АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sumpron@yandex.ru*

Замыкание ядерного топливного цикла является стратегической целью госкорпорации «Росатом». Основные проблемы, такие как обращение с радиоактивными отходами и накопление значительных объемов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) могут быть решены в контексте переработки ОЯТ. Целевыми компонентами в этой технологии выступают уран и плутоний. Аналитический контроль играет ключевую роль в мониторинге технологических параметров и качества продукции на всех этапах переработки ОЯТ.

Альфа-спектрометрия является одним из наиболее популярных методов для оценки активности образцов, содержащих изотопы плутония и другие альфа-излучающие радионуклиды. Ключевым требованием к счетным образцам для альфа-спектрометрии является формирование тонкого и равномерного слоя (и по толщине, и по распределению радиоизотопа), исключающего помехи со стороны микро- и макрокомпонентов (в т.ч. и нерадиоактивных). Это условие способствует минимизировать самопоглощение α -частиц в источнике и исключить явление спектральной интерференции, что повышает счетную эффективность и улучшает энергетическое разрешение альфа-спектра.

С этой точки зрения наиболее эффективным способом получения счетных образцов является электролитическое осаждение. Этот процесс включает осаждение радионуклида на катоде (выполненном, как правило, в виде пластины из нержавеющей стали) из раствора электролита. Анодом в данном случае является платиновая проволока. Электролиз осуществляется в ячейке, включенной в электрическую цепь с устройством для регулирования и стабилизации силы тока.

На эффективность осаждения радионуклида влияют следующие факторы: сила тока, продолжительность электролиза, состав электролита (и его величина рН), конструкция электролитической ячейки и др.

В данной работе будут представлены оптимальные условия для проведения электролитического осаждения плутония: время электролиза, сила тока, состав электролита.

Клюжев П.А., Ткачук С.А., Широков А.В.

АРМИРОВАНИЕ УГЛЕТАНЬЮ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛАМЕЛИЙ ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: klyuzhev.pasha@mail.com*

Фтор – это химический элемент из группы галогенов, характеризующийся высокой реакционной способностью. Активно вступает в реакции практически со всеми элементами периодической таблицы. Благодаря своей уникальной химической активности фтор находит широкое применение в науке и технике. В промышленности он используется для синтеза фторорганических соединений, которые востребованы в химической отрасли. Кроме того, фтор применяют для получения гексафторида урана (UF_6), необходимого для обогащения топлива атомных реакторов различного типа.

В производственных условиях фтор в основном получают электролизом расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом до содержания 37-41% мас. HF. Наиболее распространены в промышленном производстве электролизеры работающие в среднетемпературном режиме (~ 100 °C) при плотности тока на анодах 0,1-0,2 А/см² и суммарной силе тока до 40 кА.

Традиционно в таких электролизерах используются аноды из коксового сырья, так как они устойчивы к высокой активности электролита и выделяющегося газообразного фтора, а также обладают относительно низкой стоимостью. Однако такие аноды имеют ряд недостатков: низкая плотность и пористость, в следствии которых происходит постепенное проникновение рабочей среды электролита к медным токоподводам, и как следствие ухудшение токопроводности анодных элементов; разрушение пластин в следствии разности КТР меди и кокса.

Наши исследования направлено на создание более долговечных анодов для фторных электролизеров СТЭ. Предлагаемый нами подход подразумевает армирование коксовых анодов различной геометрической формы углеродной тканью и последующее спекание готовой связки высокотемпературной печи.

Козлов В.В., Грачев Е.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА С РУ БРЕСТ-ОД-300

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: vitkozlov16@mail.ru*

Первым шагом в построении ядерной энергетики нового поколения является создание опытно-демонстрационного энергокомплекса с реакторной установкой со свинцовым теплоносителем, работающего в замкнутом ядерном цикле.

На различных АЭС, эксплуатирующих парогенераторы, разработаны и реализованы различные водно – химические режимы их контуров, такие как: бескоррекционный; гидрозинный; аммиачный; гидрозинно-аммиачный.

Вышеуказанные режимы не предотвращают железо – окисные и тем более кальциево – магниевые отложения.

На основании результатов выполненных работ по оценке коррозии массопереноса продуктов коррозии железа, содержанию солевых, содержанию солевых примесей и кислорода для применения во втором контуре энергоблока БРЕСТ-ОД-300 предложены следующие технические решения

– по результатам расчетов в проекте выбран бескоррекционный водно-химический режим с исполнением материалов конденсатно-питательного тракта, контактирующих с рабочей средой второго контура, на коррозионностойкую сталь;

– предусмотрено заполнение второго контура деионизованной водой с высокими показателями качества;

– предусмотрено изготовление трубной системы конденсаторов из нержавеющей стали или титана с обеспечением доли присосов охлаждающей воды менее 10-5% от расхода конденсата, что обеспечивает минимальные концентрации солевых примесей в турбинном конденсате и, соответственно, минимальные скорости коррозии.

– предусмотрена 100 % очистка турбинного конденсата на намывных ионитных фильтрах (НИФ) со слоем из смеси порошковых катионита и анионита.

Кравченко Е.В., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В.

ПОЛУЧЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: lizochka.kravchenko.03@mail.ru*

Ионообменные материалы – это твердые зернистые материалы, содержащие активные ионогенные группы кислотного или основного характера с подвижными ионами. В гранулированном виде их применяют во многих отраслях промышленности: в процессах получения ядерного горючего, топливного сырья, переработки облученного топлива, для выделения и очистки радиоактивных изотопов, сточных вод и водоподготовки в ядерных реакторах.

Покупка зарубежных ионитов вызывает затруднения, поэтому российская промышленность нуждается в ионообменных материалах отечественного производства. В работе планируется разработать способ получения гранулированного ионообменного материала на основе доступного природного полимера хитозана – аминополисахарида, выделяемого из панцирей ракообразных или хитина иного происхождения: из грибов, моллюсков и др. Получаемые материалы должны соответствовать аналогам по прочности, сорбционной емкости и другим показателям, при этом быть более доступными и проще в производстве.

В работе рассмотрены публикации, в том числе зарубежные, по растворению хитозана и применению его производных в сорбции тяжелых металлов. Определены требуемые свойства к ионообменным материалам в соответствии с ГОСТ 20301-2022 и ГОСТ Р 52127-2003. Определены перспективные растворители для дальнейшей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pillai C. K. S. Chitin and chitosan polymers: chemistry, solubility and fiber formation/ Pillai C. K. S., Paul W., Sharma C. P. // Progress in polymer science, 2009. – Vol. 3. – No. 7. – P. 641-678.
2. Габрин В. А. Извлечение ионов меди композиционными сорбентами на основе хитозана из водных растворов в присутствии поверхностно-активного вещества/ Габрин В. А., Никифорова Т.Е. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2023. – Т. 59. – №. 4. – С. 364-372.

Кузнецова О.В., Дешина М.В., Богданова С.А.

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТИТРИМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томская обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: deschina.mary@yandex.ru*

Современная электронная промышленность использует более 15 органических и неорганических фторсодержащих газов высокой степени чистоты, основная область применения которых – производство высокочистых полупроводниковых материалов.

В настоящее время в России не проводят сертификацию данных газов, что затрудняет развитие отечественной полупроводниковой промышленности. Поэтому существует необходимость в разработке оптимальных и экономичных методик проведения анализа на содержание различных примесей в таких газах, как трифториды бора (BF_3), азота (NF_3) и гексафторид вольфрама (WF_6).

На кафедре ХИТМСЭ разработана методика титриметрического определения диоксида серы в BF_3 , основанная на измерении объема стандартного раствора йода, пошедшего на титрование предварительно подготовленной пробы газа в присутствии крахмала.

Для оценки правильности и точности определения диоксида серы (SO_2) использовался метод “введено-найдено”, для чего проведена серия экспериментов на модельных растворах с известной добавкой SO_2 . Значение характеристики общей погрешности результатов анализа по данной методике установлено расчетным путем по значениям характеристик случайной и систематической составляющих погрешности. По значениям приписанных характеристик погрешности во всем диапазоне определяемых содержаний SO_2 установлены нормативы контроля точности результатов анализа.

Полученные результаты были обработаны с применением методов математической статистики. Результаты анализа модельных растворов в сравнении с найденными нормативами внутрилабораторного оперативного контроля показали, что сходимость, воспроизводимость и контроль точности результатов анализа следует считать удовлетворительными.

На основе проведенных исследований получены точностные характеристики, позволяющие использовать данную методику для контроля фторсодержащих газов на содержание диоксида серы.

Кулигина Е.В., Богданова С.А.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТ-ИОНОВ ВО ФТОРСОДЕЖАЩИХ ГАЗАХ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: elizavetakuligina671@gmail.ru*

Контроль качества результатов исследований в турбидиметрическом методе особенно важен при анализе фторсодержащих газов, в котором содержание примесей строго контролируется.

Для обеспечения достоверности результатов анализов регулярно проводят проверку стабильности градуировочной характеристики и оперативный контроль повторяемости в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96 [1] и РМГ 76 [2].

Оценка стабильности градуировочной характеристики проводится каждый раз перед анализом серии проб. Средствами контроля являются образцы, используемые для установления градуировочной зависимости. Если условие стабильности не выполняется для одного образца, необходимо выполнить повторное измерение для исключения результата, содержащего грубую погрешность. При повторном невыполнении условия выясняют причины нестабильности, устраняют их и повторяют измерение с использованием других образцов, предусмотренных методикой. Если градуировочный образец вновь не будет удовлетворять условию, устанавливают новую градуировочную зависимость.

Для минимизации нестабильности градуировочной зависимости важно регулярно проводить контроль качества, следить за состоянием оборудования, использовать качественные стандарты и соблюдать строгие протоколы при проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 8.563-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений: дата введения 1996-05-23 / Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы и Уральский научно-исследовательский институт метрологии. – Изд. Официальное. – Москва: Стандартформ, 2008. – 39 с.
2. РМГ 76-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. дата введения 2006-09-01 – Изд. Официальное. – Москва: Стандартформ, 2011. – 86 с.

Лаврентьев В.А.¹; Софронов В.Л.²

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРОВ УРАНИЛА С ДЕФИЦИТОМ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

¹АО «Сибирский химический комбинат»,

636036, г. Северск, Томская обл., ул. Курчатова, 1,

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,

636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

e-mail: VALavrentyev@rosatom.ru

Известно, что растворы солей уранила являются настоящими кислотами, поэтому в водных растворах солей уранила могут быть растворены большие количества UO_3 с образованием анион-дефицитных растворов гидроксонитрата уранила общей формулы $UO_2(NO_3)_x(OH)_{2-x}$ по уравнениям реакций (1, 2):



С увеличением отношения $OH^-/UO_2^{2+} > 1$ гидроксоуранил переходит в коллоидную форму гидроксида уранила; коллоиды постепенно разрушаются, осаждая $UO_3 \cdot nH_2O$.

Целью работы являлось изучение процесса растворения оксидов урана различного химического состава в растворах азотной кислоты с получением растворов с дефицитом азотной кислоты (или дефицитом анионов NO_3^-).

Представлены результаты исследований влияния режима растворения оксидов урана различного химического состава в растворах азотной кислоты различной концентрации и при разном расходе азотной кислоты на получение растворов гидроксонитратов уранила с дефицитом анионов NO_3^- . Определены зависимости растворимости урана от дефицита анионов NO_3^- и температуры. Показано, что в водных растворах растворимость гидроксонитратов уранила выше растворимости нитратов уранила, причем с увеличением дефицита анионов NO_3^- и повышением температуры растворов растворимость урана повышается. Так, при температуре 25°C растворимость урана в водном растворе при дефиците анионов NO_3^- , равном 1,86 моль/л, составляет 4,34 моль/л, тогда как растворимость нитрата уранила в тех же условиях равна 2,61 моль/л.

Изучена кинетика растворения оксидов урана в интервале температур от 40°C до 104°C с получением растворов с дефицитом анионов NO_3^- . При этом определена также начальная скорость растворения U_3O_8 в водном растворе нитрата уранила.

Лялина Н.А., Житков С.А., Ткачук С.А.

ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОЛИТА ПУТЁМ ОТСТОЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томская обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: nadehzali@gmail.com*

Электролиты широко используются в различных отраслях промышленности, таких как металлургия, гальваника, производство аккумуляторов и других химических процессах. В процессе эксплуатации электролит накапливает примеси, что повышает напряжение в электролизёре и снижает эффективность и качество конечного продукта. Поэтому очистка электролита является важной задачей для поддержания стабильного технологического процесса.

В данной исследовательской работе был использован расплав электролита трифторида калия ($KF \cdot 2HF$), который применяют в производстве фтора. Производства фтора является одним из важных процессов в технологии ядерного топлива, а именно – в получении гексафторида урана (UF_6), который необходим для обогащения урана. Недостатком процесса является накопление продуктов коррозии в электролите.

Существует несколько методов очистки электролитов, включая фильтрацию, ионно-обменную хроматографию, дистилляцию и отстаивание. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, но выбор метода зависит от конкретных условий применения и требований к чистоте расплава.

Для данной исследовательской работы был использован метод отстаивания. Этот процесс основан на гравитации: тяжёлые частицы оседают на дно ёмкости под действием силы тяжести.

К преимуществам данного метода можно выделить:

– простота, экономичность, эффективность против крупных частиц, не изменяет химический состав раствора или расплава, универсальность, экологичность.

Среди недостатков выделяют:

– длительность процесса, ограниченная эффективность, невозможность полного очищения.

Матвеева Д.Б.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ

*Акционерное общество «Прорыв»,
107140, Российская Федерация, г. Москва, пл. площадь Академика
Доллежала, д. 1, корп. 7, офис 307
e-mail: info@pnproryv.ru*

Ядерная энергетика играет все более важную роль в обеспечении растущих потребностей мирового населения в энергии. В отличие от исчерпаемых и загрязняющих окружающую среду традиционных источников энергии, таких как нефть, уголь и газ, ядерная энергетика предлагает эффективное решение с минимальными выбросами углекислого газа.

Переход к ядерной энергосистеме 4-го поколения представляет собой качественный скачок в развитии отрасли. Основанный на замкнутом топливном цикле (ЗЯТЦ), этот подход обеспечивает не только текущие энергетические потребности, но и долгосрочную устойчивость и безопасность, в том числе развитие ЗЯТЦ способствует минимизации радиоактивных отходов и потреблению природного урана. В России эти технологии используются на базе проектного направления «Прорыв».

Однако развитие ядерной энергетики, особенно энергосистем 4-го поколения, сталкивается с проблемой нехватки квалифицированных кадров. Это связано с высокими требованиями к квалификации персонала для работы с новыми технологиями, демографическим спадом и старением специалистов отрасли. Дефицит касается не только инженеров и ученых, но и IT-специалистов, материаловедов и экспертов по безопасности.

Одним из ключевых решений этой проблемы является взаимодействие с университетами и образовательными центрами, которое позволит сформировать кадровый резерв. Необходимо внедрять специализированные программы обучения и адаптировать существующие курсы с учетом специфики ядерной энергетике нового поколения. От профессионализма кадров зависит эффективность и безопасность ядерной энергетике в будущем.

Тесное сотрудничество вузов и предприятий ПН «Прорыв», совместная разработка учебных программ и оценка потребности в кадрах позволят подготовить специалистов нужного профиля, обеспечив предприятия квалифицированными сотрудниками, а выпускникам – гарантированное трудоустройство.

Мерзляков К.А., Софронов В.Л.

ПОДБОР ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: AtomicStudent@yandex.ru*

С ростом интереса к использованию ядерной энергии в космических миссиях, особенно для длительных полетов и исследовательских программ, возникает необходимость в разработке эффективных систем защиты реакторов. Основные проблемы, связанные с защитой ядерных реакторов в условиях космического пространства, включают воздействие космической радиации, термальные нагрузки, механические вибрации и потенциальные аварийные ситуации. Тем не менее, необходимо отметить, что разработка системы защиты, способной учитывать все потенциальные факторы воздействия космического излучения и других радиационных угроз, представляет собой значительную техническую задачу. В условиях длительных космических миссий создание такой системы оказывается крайне сложным и трудоемким процессом. Это связано с тем, что дополнительные меры защиты могут существенно увеличить массу и объем оборудования, что в свою очередь негативно сказывается на общей эффективности миссии. Одним из потенциально эффективных решений для устранения негативного воздействия космического излучения, а также излучения, исходящего от самого ядерного реактора, является разработка герметичного корпуса, который будет заполнен гидридом лития. Данная конструкция может существенно повысить уровень защиты как от внешних радиационных факторов, так и от внутреннего излучения, создавая тем самым безопасную среду для функционирования реактора. Гидрид лития, обладая уникальными свойствами, способен эффективно поглощать нейтроны и другие виды излучения, что делает его идеальным материалом для применения в условиях космического пространства. Таким образом, разработка эффективных решений для защиты реакторов в космических ядерных энергетических установках требует междисциплинарного подхода, объединяющего знания в разных областях.

Мехряков И.К., Софронов В.Л.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО НИТРИДНОГО ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: mehryakov2000@mail.ru*

Нитридное уран-плутониевое топливо – вид ядерного топлива, в котором делящийся материал (смесь урана и плутония) представлен в форме соединения азота, моонитрида, вместо стандартного диоксида урана. В промышленности такое топливо пока не применяется, разрабатывается для перспективных реакторов на быстрых нейтронах с натриевым и свинцовым теплоносителем.

Данный вид топлива обладает высокой плотностью и теплопроводностью, позволяя делать реакторы более компактными, а также обеспечивая надежность и температурную стойкость топлива. Для производства данного топлива возможно использование U^{238} , при этом выход агрессивных продуктов деления из таблеток нитрида значительно меньше, чем из оксидного топлива, – меньше коррозия оболочек твэлов. При этом топливо обладает высокой совместимостью с жидкометаллическим теплоносителем.

В качестве первых экспериментов по изготовлению нитридного топлива был выбран металл-гидридный способ. В топливном цикле, после электрохимической регенерации и рафинировочной плавки, на синтез поступает сплав урана с плутонием. При этом нужный состав сплава получают вакуумным переплавом исходных металлов при температуре 1200°C в течение 30 мин. Исходные слитки урана и плутония помещаются в стальной противень, который загружается в аппарат. Полученный сплав гидрируется очищенным водородом при температуре $180\text{-}220^{\circ}\text{C}$ и затем нитрируется химически чистым азотом при температуре $220\text{-}550^{\circ}\text{C}$.

Карботермический метод является одним из перспективных способов получения нитридного топлива в промышленном масштабе. Метод основан на восстановлении диоксидов урана и плутония углеродом в потоке азота. Из смеси углерода и оксидов металлов изготавливают порошок. Из него прессуют и спекают шашки, которые размалывают в порошок, последний помещают в гранулятор и делают крупку, а затем изготавливают таблетки. Более подробно данная тема будет раскрыта в докладе.

Молчанова А.В., Анкипович Е.И., Ожерельев О.А.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЦЗЛ ТГОК ИЛЬМЕНИТ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: alya.molchanova.01@mail.ru*

Титан является важным элементом для Российской промышленности. В связи с последними событиями появилась нужда в импортозамещении и развитии своего производства по получению титана и его диоксида. В этом большую роль может сыграть Туганский ГОК Ильменит, являющийся крупнейшим обладателем титаномагнетитовых руд в России [1].

Титаномагнетитовые руды являются наиболее распространенным промышленным источником титана и железа. [2]. Около 90% руды составляет минерал титаномагнетит, примерно 9% – ильменит, и 1% представлен гематитом, пиритом, халькопиритом и т.д.

АО Ильменит производит концентраты руд тяжелых минералов (цирконовый, ильменитовый) и нерудные продукты (кварцевые пески, щебень), используемые в стратегических отраслях экономики.

В рамках данной работы выполнены обзор и анализ титановой промышленности в России, которые подтверждают актуальность дальнейших исследований по поиску путей модернизации технологии и повышения экономической эффективности производства.

В докладе будет рассмотрен действующий минералогический анализ коллективного концентрата в ЦЗЛ ТГОК Ильменит, главной задачей которого является определение минералов в исходной руде и готовых рудных концентратах. В ходе минералогического анализа определяют массовую долю влаги, после чего отделяют фракции в воде за счет разной скорости падения частиц. Определяют количество глиняных частиц и разделяют пробу на две части, одна из которых идет на гранулометрический анализ, а другая – на определение тяжелых минералов. Кроме того, в докладе будут представлены результаты стажировки авторов на ТГОК Ильменит.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисенко Л. Ф.* Комплексное использование титаномагнетитовых руд / Борисенко Л. Ф., Делицын Л. М., Полубабкин В. А., Усков Е. Д. // М., 1997. – 65 с.:ил.
2. Каталог продукции // ТГОК ИЛЬМЕНИТ URL: <https://www.ilmenite.ru/> (дата обращения: 15.11.2024);

Нетфуллова И.И., Семенова А.С.

ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРНОКИСЛОТНОГО МЕТОДА РАСТВОРЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Димитровградский инженерно-технологический институт
НИЯУ МИФИ,
433511, г. Димитровград, Ульяновская обл, ул Куйбышева, д. 294
e-mail: diti@terphi.ru*

С ростом популярности литий-ионных аккумуляторов, используемых в электронике и электротранспорте, возросла необходимость в разработке эффективных методов их переработки. ГК «Росатом» развивает собственные производства аккумуляторов и нуждается в эффективных технологиях обращения с ними.

Для проведения эксперимента необходимо обезопасить аккумулятор, то есть снять с него остаточное напряжение, что исключает риск самовозгорания. Литий-ионный аккумулятор представляет свернутые в рулон электроды: алюминиевую фольгу (положительный электрод) и медную фольгу, покрытые слоем пористого углерода, пропитанного электролитом, разделенные полимерной мембраной. Отработанный литий-ионный аккумулятор содержит литий, кобальт, никель и марганец и, соответственно, представляет интерес для переработки.

Проверку переработки вели в растворе концентрированной серной кислоты. Медную и алюминиевую фольги помещали в отдельные термостойкие стаканы. Затем стаканы разместили в ультразвуковой ванне, чтобы улучшить отделение слоя графита и ускорить процесс растворения металлов.

Растворение прошло количественно, в остатке обнаружен только углерод. Провели анализ растворов образцов на рентгенофлуоресцентном анализаторе РЕАН. В растворе от растворения алюминиевого электрода были обнаружены: кобальт, марганец, сера, титан, железо и алюминий, а от растворения медного – медь, никель, железо, сера и ртуть. Присутствие серы самоочевидно, источники ртути и титана – требуют дальнейшего изучения. К сожалению, анализатор РЕАН не может определять вещества легче натрия – литий не мог быть зафиксирован.

В результате работы подтверждена возможность безопасного растворения литий-ионного аккумулятора без применения агрессивных веществ.

Охотникова Е.П., Гузеева Т.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРЕБРА НА ПОРОШКЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И ПОРИСТЫХ СТРУКТУР

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: okhotnikova.lizochka@mail.ru*

Гидроксиапатит (ГА) является основой минеральной составляющей костей и зубов. В медицине ГА широко применяется как наполнитель, замещающий часть утерянной кости. ГА обладают антисептическими, ранозаживляющими и остеоиндуктивными свойствами.

Кристаллическая структура ГА допускает разного рода замещения одних элементов другими, вследствие чего появляется многообразие составов природных фосфатов с апатитовой структурой.

Катионные замещения оказывают огромное влияние на биологическое поведение гидроксиапатита. Ионы Ag^+ обладают ионным радиусом, превышающим размер ионов Ca^{2+} , поэтому способны не только изменять физико-химические и биологические свойства, но и фазовый состав в целом [1].

Серебро является высокоэффективным ингибитором и противомикробным средством для грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибов. Для применения ГА в областях, где опасность заражения имплантата велика, добавка серебра является предпочтительной, а также при лечении ожогов, открытых ран и т.д. [2].

Существует два основных метода получения ГА, модифицированного серебром: сорбция серебра на ГА из его коллоидного раствора, восстановление серебра на ГА в ходе реакции серебряного зеркала.

Для определения наиболее эффективного способа получения ГА, модифицированного серебром в докладе будут представлены условия и результаты эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дорожкин С. В.* Биоматериалы: Обзор рынка / Дорожкин С. В., Агатопоулус С. // Химия и жизнь. – № 2. – 2002. – 8 с.
2. *Сингх Б.* In vitro биосовместимость и антимикробная активность гидроксиапатитов $\text{Ca}_{10-x}\text{Ag}_x(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (0,0x0,5) полученных методом влажной химической обработки / Сингх Б., Дубей А., Самайендра К. // Материаловедение и инженерия. – 2011. – Том 31. – с. 1320-1329.

Петрова А.В., Селезнева О.К., Богданова С.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: oliaselezneva60@outlook.com*

Сульфаты в питьевой воде представляют собой важный аспект экологической и санитарной безопасности. Эти соединения в малых концентрациях могут быть безвредны, однако в повышенных дозах они способны причинить серьезный вред организму человека. Содержание сульфатов в концентрациях выше предельно допустимых (ПДК) может приводить к раздражению пищеварительной системы, появлению аллергических реакций, а также повлиять на органолептические свойства воды. ПДК ионов SO_4^{2-} в питьевой воде составляет 500 мг/л.

Сульфаты проникают в питьевую воду из различных источников. В основном из сельскохозяйственных удобрений, сточных вод от предприятий, использующих серную кислоту, а также обогащение руд, также из продуктов распада горных пород. Таким образом, антропогенная деятельность играет ключевую роль в увеличении концентрации этих соединений в водоёмах.

В настоящее время для определения сульфатов в питьевой воде применяют различные спектрофотометрические, хроматографические и титриметрические методы анализа.

В данном исследовании нами был выбран турбидиметрический метод анализа ввиду своих преимуществ, относительно других методов анализа, а именно экспрессности, доступности и экономичности.

Цель данного исследования – определить концентрацию сульфатов в питьевой воде турбидиметрическим методом.

Контроль за содержанием сульфатов в питьевой воде имеет ключевое значение для обеспечения её безопасности и комфортности для потребителей. Своевременные меры по очистке и анализу воды, а также использование эффективных методов контроля помогают сохранить здоровье населения и повысить качество водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания, 2021. – 1143 с.

Семенова А.С., Нетфуллова И.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВАРИАНТА ВЫДЕЛЕНИЯ КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Димитровградский инженерно-технологический институт
НИЯУ МИФИ,
433511, г. Димитровград, Ульяновская обл, ул Куйбышева, д. 294
e-mail: diti@terphi.ru*

Переработка литий-ионных аккумуляторов представляет собой важный шаг к устойчивому будущему, позволяя извлекать ценные материалы, такие как литий, кобальт и никель, для повторного использования.

Предлагаемая схема процесса переработки начинается с приведения аккумуляторов в безопасное состояние для исключения риска возгорания. Затем батареи подвергаются механической обработке для извлечения электродов. В ходе разборки не наблюдали нагрева и предпосылок к возгоранию. Для извлечения ценных металлов, использовалась методика растворения электродов – алюминиевой и медной фольг, покрытых графитом, пропитанным электролитом в смеси концентрированных азотной и соляной кислот в соотношении 1:3 - царской водке.

При растворении медной фольги образовался раствор желтого оттенка, а алюминиевой фольги – голубого, графит остался на дне химического стакана.

Для подтверждения наличия ценных металлов, таких как кобальт и никель, провели качественный анализ на данные ионы, предварительно осадив основные металлы алюминия и меди.

Провели осаждение кобальта из раствора с алюминиевой фольгой раствором, содержащим карбонат-анионы, наблюдали, предположительно, образование гептагидрата карбоната кобальта розового оттенка. Ионы никеля в растворе с медной фольгой осаждали гидроксид-анионами, содержащиеся в аммиачном растворе, и наблюдали, предположительно, образование кристаллогидрата хлорида никеля (II)-аммония зеленого оттенка.

Таким образом, экспериментально проверен вариант безопасной утилизации литий-ионных аккумуляторов с выделением никеля и кобальта. В дальнейшем следует проверить вариант схемы переработки на укрупненном масштабе.

Семенычева А.Н., Бурмистрова А.А., Ожерельев О.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ СЛАБОЙ КИСЛОТЫ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: alicabazilio@gmail.com*

Кондуктометрия является одним из ключевых аналитических методов, используемых в химии для исследования концентрации ионов в растворах. Метод основывается на измерении электрической проводимости растворов, что позволяет получить ценные данные о количественном и качественном составе исследуемых систем.

Актуальность изучения кондуктометрии обусловлена её способностью точно определять концентрации ионов в растворах, предоставляя данные для детального понимания их взаимодействий. Это способствует более точной интерпретации результатов исследований и выявлению факторов, влияющих на химические процессы в растворах.

Одним из вариантов проведения анализа является использование реохордного моста Р-101, учебного лабораторного комплекса УЛК «Химия» с модулем «Электрохимия» и с модификациями УЛК-2, УЛК-3. Предприятие-изготовитель: ООО «НПО «Унитех»».

Были проведены исследования удельной электропроводности растворов слабой уксусной кислоты различной концентрации: 0,5 моль/л - 0,0625 моль/л и 0,05 моль/л - 0,00062 моль/л. После чего рассчитаны эквивалентная электропроводность и по уравнению Кольрауша константа и степень диссоциации уксусной кислоты.

На основании анализа опытных данных будет подготовлено методическое указание к лабораторной работе по курсу: «Физическая химия» для специальности 18.05.02

Понимание и анализ факторов, влияющих на электрическую проводимость растворов, позволяет глубже вникнуть в механизмы, определяющие поведение ионов в растворах и их взаимодействие при различных условиях. Знание и учет влияющих факторов помогают ученым проводить более точные измерения и лучше интерпретировать полученные данные о концентрации ионов и взаимодействиях в растворах.

Сивина Д.А., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.

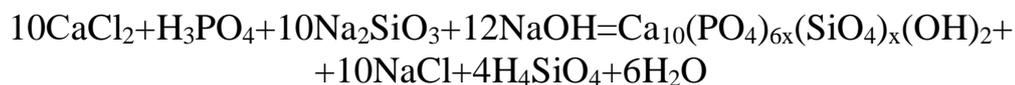
СИНТЕЗ ГИДРОКСИАПАТИТА, ДОПИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: dasivkaaaa@mail.ru*

Существует много способов синтеза гидроксиапатита, позволяющих внедрения ионов кремния в его структуру [1]. Благодаря возможности точного контроля над условиями синтеза, можно управлять структурой и свойствами материала, включая размер и форму кристаллов, поверхностную химию и пористость.

Кремний может значительно повысить устойчивость гидроксиапатита к деградации в кислых условиях, что является важным фактором для длительного нахождения материала в организме. Из литературных источников известно, что ионы кремния способны замещать ионы кальция, а также чаще взаимодействовать с фосфатными группами в структуре гидроксиапатита. Это замещение может влиять на механические и биологические свойства материала, улучшая его биосовместимость и долговечность.

Опробован способ синтеза гидроксиапатита допированного кремнием:



Процесс синтеза продолжался до достижения стабильного значения pH = 8, с выдержкой в маточном растворе в течение 24 часов.

Полученные образцы исследовали методами на ИК – спектроскопии и СЭМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Климашина, Е.С.* Синтез, структура и свойства карбонатзамещённых гидроксиапатитов для создания резорбируемых биоматериалов: автореф. дисс. ... хим. наук: 02.00.01; 02.00.21 / Климашина Е.С. – М., 2011. – 23 с.

Силин В.А., Софронов В.Л., Житков С.А.

ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОЛИТА $KF \cdot 2HF$ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: vlad-silin-2015@mail.ru*

Одним из недостатков в производстве фтора методом среднетемпературного электролиза является загрязнение электролита продуктами коррозии конструкционных материалов, которые накапливаются в электролите и экранируют межэлектродное пространство, что приводит к увеличению разности потенциалов на электродах. Одним из способов снижения концентрации продуктов коррозии в электролите является способ отстаивания, который представлен в докладе студентки 4 курса Лялиной. Мною проведен литературный патентный поиск других способов очистки электролита. В результате поисков предложено использовать метод зонной перекристаллизации, который используется для солей KCl , $LiCl$, $NaCl$. В промышленности этот метод обычно используют для малотоннажных производств.

Очистка солей в отличие от металлов производится в горизонтально расположенных лодочках, что позволяет увеличить производительность метода зонной плавки следующим образом:

1 – увеличить диаметр и длину лодочки, что позволит увеличить объем загрузки;

2 – установить несколько нагревателей зоны, которые будут идти друг за другом, что позволит снизить количество циклов очистки;

Мною предложена схема очистки и разработан эскиз установки для зонной перекристаллизации. Задачей следующего этапа является проведение экспериментальных работ по зонной кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пфанн У. Г.* Зонная плавка /Пфанн У. Г.// 2-е изд. изд. - М.: Мир, 1970. - 366 с.
2. *Галкин Н.П.* Технология фтора / Галкин Н.П., Крутиков А.Б. // М.: Атомиздат, 1968. – 188 с.
3. ТР 60-02-004-2018 Постоянный технологический регламент. Производство фтора технического Сублиматного завода.

Сусакин В.А.¹, Исанов К.А.²

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗОТОПНОГО КАЧЕСТВА ПЛУТОНИЯ В СМЕШАННОМ ЯДЕРНОМ ТОПЛИВЕ НА НАКОПЛЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫЖИГАНИЯ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,*

*²Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ,
249040, г. Обнинск, Калужской обл., Студгородок, д.1
e-mail: bvp8eebk@gmail.com*

На сегодняшний день актуальной является задача переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и повторного вовлечения ядерных материалов, содержащихся в ОЯТ, в топливный цикл. Так, например, рассматривается использование плутония в разных видах смешанного топлива (МОКС, РЕМИКС или СНУП-топливо) и вовлечение его в тепловые и быстрые реакторы. В случае же с минорными актинидами использование их без потери энергетического потенциала возможно только в быстрых реакторах. Не смотря на их небольшое количество в сравнении с объемами плутония, в силу сложностей при обращении и хранении таких материалов, связанных с высокой активностью и удельным тепловыделением, возникает необходимость повторного вовлечения в топливный цикл минорных актинидов.

Основной объем минорных актинидов составляют изотопы америция. Они образуются при непосредственном облучении топлива в активной зоне реактора, а также при старении плутониевого ОЯТ по мере его хранения и выдержки. Так при хранении ОЯТ ВВЭР в нем образуется больше америция, чем накапливается за время облучения в реакторе.

В данной работе исследуется влияние изотопного качества плутония, вовлеченного в МОКС-топливо из ОЯТ различного происхождения, на накопление и эффективность выжигания изотопов америция. Моделирование нейтронно-физических процессов и нуклидной динамики проводилось с использованием аттестованного для расчета быстрых натриевых реакторов трехмерного диффузионного программного комплекса TRIGEX.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулевич А.В. Возможность выжигания америция в быстрых реакторах / Гулевич А.В., Елисеев В.А., Клинов Д.А., Коробейникова Л.В., Крячко М.В., Першуков В.А., Троянов В.М. // Атомная энергия. – 2020. – Т. 128. – Вып. 2. – С. 82-87

Ткачук С.А., Житков С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: semenaleksandroviht@gmail.com*

Фтор занимает значительное место в ядерном топливном цикле. Его роль связана с особыми свойствами образовывать легколетучие соединения со многими элементами, в том числе и с ураном в химической форме UF_6 , летучего при обычной температуре [1].

Помимо ядерной индустрии значительная часть свободного фтора идёт на получение различных фторсодержащих материалов (растворителей, лаков, ПАВ, пестицидов и др.). Также фтор активно применяют при синтезе фторидов графита CF_n и других ценных элементов (WF_6 , SF_6 , CF_4 , XeF_6).

В настоящее время фтор в производственных условиях получают по средствам среднетемпературного электролиза (СТЭ) расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом до содержания 37-41 % мас. HF , при плотности тока на анодах порядка $0,2 \text{ А/см}^2$ [1-3].

Конструкция электролизеров зависит от цели, с которой получают фтор. Используемые в промышленной практике фторные электролизеры по конструктивному оформлению являются ваннами ящичного типа с вертикальными плоскопараллельными электродами и колоколом или диафрагмой вокруг анодного блока.

Производительность (выход фтора) одного и того же электролизера тем больше, чем выше плотность тока на электродах. На величину плотности тока влияют многие факторы (напряжение на электродах, токовая нагрузка, температура и концентрация фтороводорода в электролите, анодные эффекты и др.) [1,3].

Поэтому существует необходимость в проведении исследований ВА характеристик процесса получения фтора в лабораторных условиях для выработки рекомендаций, необходимых для оптимизации процесса получения фтора в промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин Н.П. Технология фтора / Галкин Н.П., Крутиков А.Б. //М.: Атомиздат, 1968. – 188 с.
2. Исикава Н. Новое в технологии соединений фтора. – М.: Мир, 2006. – 576 с.
3. Рысс И.Г. Химия фтора и его неорганических соединений. – М.: Госхимиздат, 1956. – 719 с.

*Толмосова О.В.¹², Ушаков А.О.¹², Илекис В.М.¹,
Муслимова А.В.¹, Молоков П.Б.¹*

ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРОМОВОДОРОДА

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
²Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: tolmosova.oksana03@gmail.com*

Бромоводород (HBr) широко применяется в полупроводниковой промышленности в качестве высокоэффективного травителя. Представляет собой бесцветный, токсичный газ с резким запахом. Благодаря высокой реакционной способности обеспечивает высокие скорости травления при невысокой анизотропии процесса. В качестве примесей в данной работе анализировали CO₂, CH₄, и в сумме O₂, Ar, N₂, CO.

Газохроматографический анализ бромоводорода проводили на газовом хроматографе с тремя последовательно подключенными колонками: предколонка с сорбентом Kel-F, 2 колонка – с сорбентом NaueSep D, 3 колонка – с сорбентом Са-А.

Для градуировки использовали стандартный образец со смесью следующих газов: N₂, H₂, CO₂, O₂+Ar, CH₄, CO, и с концентрацией веществ в пределах 10 ppm. Градуировку проводили варьированием давления в петле в пределах от 0,05 до 0,2 МПа.

Kel-F рекомендуется для отделения фтор-содержащих газов, в том числе HF, поэтому было решено проверить её работу с другим галогенводородом. Для регенерации колонки после каждого анализа проводилась обратная продувка предколонки.

В ходе эксперимента были получены следующие данные. Концентрация воздуха (сумма O₂, Ar, N₂ и CO) составила 2,945 ppm. Концентрация по CH₄ составила 1,035 ppm. Концентрация по CO₂ составила 35,121 ppm.

В исследуемых условиях было установлено, что материал Kel-F, применяемый в качестве предколонки в хроматографических системах, оказался неэффективен для отделения HBr из смеси.

Шайдуров Д.Е., Ткачук С.А.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОСКОГО КАТОДА И КРУГЛОГО ЖАЛЮЗИЙНОГО АНОДА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: Danchic56@gmail.com*

С дальнейшим развитием ядерной энергетики, растет потребность в производстве фтора. В настоящее время основным методом получения фтора в промышленности является электрохимический метод, который требует больших энергетических затрат для производства единицы продукции. Для повышения эффективности процесса получения фтора необходимо решить следующие задачи: разработать математическую модель, основанную на экспериментальных лабораторных данных; провести исследование процесса получения фтора с использованием математической модели; выдать рекомендации для конструкции анода и процесса получения фтора; провести испытания на реальных образцах анодов.

Ранее в работе студентки Коба Е.В. была разработана модель для плоского жалюзийного анода и плоского катода. Недостатком такой модели является проблема изготовления плоских жалюзийных анодов, обеспечивающих необходимые физико-механические характеристики. Нами предложено вместо плоских жалюзийных анодов использовать круглые жалюзийные аноды, которые могут быть применены в современных фторных электролизёрах. Нашей задачей была разработка математической модели для системы – набор круглых анодов и плоский катод. Вместо плоского анода жалюзийного типа, использовалось три гирлянды, каждая гирлянда состоит из набора круглых ламелей. Выбор такой компоновки вызван особенностями изготовления сложных изделий из хрупких материалов самой высокой температурой плавления – углерода, которая составляет 3750°C при давлении 12 МПа. (интернет ресурс) Процесс изготовления таких анодов состоит из следующих этапов: получение порошка кокса и пека, смешение, прессование ламелей с подогревом, сборка «зеленых» ламелей, обжиг гирлянды и пироуплотнение.

Предварительные расчеты с использованием математической модели показали снижение разности потенциалов при электролизе в два раза и повышение производительности электролизеров в три раза.

Широков А.В., Ткачук С.А., Клюжев П.А.

СОЗДАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЛАМЕЛЕЙ ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ КОКСО-ПЕКОВОЙ СМЕСИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: thelittledoggaf@gmail.com*

Фтор – химический элемент, принадлежащий группе галогенов. Представляет собой высокоактивное вещество, известное своей способностью выступать в реакции практически со всеми элементами периодической системы.

Широкая химическая активность фтора делает его незаменимым в различных областях науки и техники. Этот элемент применяется в промышленности для производства фторорганических соединений, используемых в химической, фармацевтической отраслях. Помимо этого, фтор необходим для синтеза гексафторида урана (UF_6), который является неотъемлемым компонентом технологической цепочки обогащения урана, обеспечивающей работу современного атомного энергокомплекса.

В производственных условиях фтор в основном получают электролизом расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом до содержания 37-41% мас. HF. Наиболее распространены в промышленном производстве электролизеры работающие в среднетемпературном режиме (~ 100 °C) при плотности тока на анодах 0,1-0,2 А/см² и суммарной силе тока до 40 кА.

Традиционно в таких электролизерах используются аноды из коксового сырья, так как они устойчивы к высокой активности электролита и выделяющегося газообразного фтора, а также обладают относительно низкой стоимостью. Однако такие аноды имеют ряд недостатков: – низкая плотность и пористость, в следствии которых происходит постепенное проникновение рабочей среды электролита к медным токоподводам, и как следствие ухудшение токопроводности анодных элементов; – разрушение пластин в следствии разности КТР меди и кокса.

Наши исследования направлено на создание более долговечных анодов для фторных электролизеров СТЭ. Предлагаемый нами подход подразумевает создание цилиндрических анодов из коксово-пековой смеси методом горячего прессования.

Шляжко Д.С.¹, Терентьев С.Г.¹, Софронов В.Л.²

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ РЕЖИМА ВЫТЕСНИТЕЛЬНОЙ РЕЭКСТРАКЦИИ ПЛУТОНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ РБН

*¹АО «Сибирский химический комбинат»,
636039, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, д.1,
²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

В технологии переработки отработавшего ядерного топлива для проведения реэкстракции плутония и нептуния используют различные восстановители [1, 2], в основном органические. При соединении с азотной кислотой такие растворы являются потенциально взрывоопасными, особенно при нагревании или превышения регламентных значений концентрации азотной кислоты, так как при окислении восстановителей происходит выделение большого количества газообразных продуктов и тепла. Для уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций перед последующей переработкой реэкстракта плутония необходимо принудительно окислять все восстановители в растворах, направляемых на упаривание. Кардинально решить проблему потенциальной опасности органических восстановителей можно, только полностью отказавшись от их использования, например, если проводить реэкстракцию плутония насыщенным водным раствором нитрата уранила.

На аффинажном экстракционно-кристаллизационном стенде АО «СХК» был проведен тестовый эксперимент с использованием вытеснительной реэкстракции на аффинажной части экстракционного передела. Результаты проверки показали, что предложенный способ вытеснительной реэкстракции плутония раствором нитрата уранила (VI) позволяет получать реэкстракт урана, плутония и нептуния заданного для топливной компании соотношения плутония и смеси урана, плутония.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марченко В.И.* Химико-технологические аспекты применения редокс-реагентов для стабилизации валентных форм Pu и Np в процессах водной переработки ОЯТ / Марченко В.И., Двоглазов К.Н., Волк В.И. // Радиохимия, 2009, т. 51, № 4, с. 289—292.
2. *Шляжко Д.С.* Оптимизация гидрометаллургической части аппаратурно-технологической схемы переработки отработавшего нитридного топлива РБН / Шляжко Д.С., Круглов С.Н., Терентьев С.Г. и др. // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы, 2015, № 4 (83), с. 84—90.

*Секция
Техническая кибернетика.
Моделирование и информатизация технологий
и объектов атомной отрасли*

Бакилин Д.В.^{1,2}, Иванов К.А.²

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АВАРИЙНОГО ЗАПАСА
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

*¹АО «Сибирский химический комбинат»,
636000, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1,
²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: bakilin.dmitriy@gmail.com*

Неисправности средств измерений (СИ) на производствах разделительно-сублиматного комплекса могут привести к серьезным последствиям, включая простои и угрозу безопасности. Точность и качество измерений играют ключевую роль, поэтому важно не только выявлять неисправности, но и прогнозировать их вероятность. Частые сбои могут вызвать значительные экономические потери и аварийные ситуации, что подчеркивает необходимость предсказания выхода СИ из строя.

Анализ частоты неисправностей и влияние внешних факторов, таких как температура и влажность, помогут понять, какие условия негативно сказываются на надежности СИ. Выявление закономерностей в данных о поломках позволит разработать эффективные компенсирующие меры и обеспечить наличие исправных приборов для быстрого ввода в эксплуатацию.

Создание автоматизированной системы для обработки данных о состоянии СИ в реальном времени станет ключевым шагом к повышению надежности. Использование алгоритмов машинного обучения позволит прогнозировать неисправности, а интеграция исторических данных и текущих показаний создаст полную картину состояния приборного парка.

На основе анализа будут разработаны рекомендации по компенсирующим мерам, что повысит надежность СИ и снизит риски. В конечном итоге, такая система обеспечит более безопасное и стабильное функционирование производства, защитит интересы бизнеса и создаст безопасные условия труда для сотрудников.

Белошницкий А.П.¹, Ганджа Т.В.^{1,2}

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ СЕТОК В САПР

*¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40,*

*²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Belo4ickiq@gmail.ru*

Импорт замещение в САПР, важное для высокотехнологичных отраслей, включая атомную промышленность, стимулирует переход к альтернативным решениям. Использование программного обеспечения с открытым исходным кодом (ПО с ОИК) для генерации конечно-элементных сеток повышает доступность и гибкость метода конечных элементов (МКЭ), необходимого для проектирования безопасных и надежных атомных объектов.

Анализ существующих решений ПО с ОИК для генерации конечно-элементных сеток (КЭ сеток), включая их функциональные возможности, производительность и совместимость с различными форматами геометрических моделей и САПР. Например, КОМПАС-3D, Логос и Netgen [1].

Определение критериев оценки эффективности выбранного ПО с ОИК, таких как правильность генерации элементов КЭ сеток, скорость генерации, качество сеток, потребление ресурсов, удобство использования и тип лицензии, под которой распространяется ПО (ключевой критерий, определяющий возможность свободного использования и модификации).

Представление результатов сравнительного анализа выбранных решений ПО с ОИК по установленным критериям. Выявление преимуществ и недостатков каждого решения. Определение наиболее эффективного варианта для конкретных задач.

Формулировка выводов о применимости ПО с ОИК для генерации конечно-элементных сеток в САПР, оценка перспектив использования выбранного решения и рекомендации по его дальнейшему развитию или интеграции в существующие системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. В. Генерация 3D-сетки с предопределенными регионами поверхности при помощи NetGen // Инноватика. Научный электронный журнал. 2014 № 2. С. 1 – 11. (дата обращения: 22.10.2024).

Березин А.А., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: berezin_s3@mail.ru*

Горнодобывающие компании стремятся повысить производительность и снизить производственные затраты за счет применения на предприятии цифровых технологий. На данный момент большинство существующих цифровых решений предназначены для предприятий, использующих традиционные методы добычи полезных ископаемых, при этом готовые мобильные решения для предприятий по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) отсутствуют.

СПВ – это процесс извлечения урана из подземных месторождений путем использования растворов, которые выщелачивают металл из породы. Добычной комплекс СПВ урана представляет из себя обширный регион, на котором на обозначенном расстоянии друг от друга находятся сотни откачных и закачных скважин, требующих в процессе своей эксплуатации, проведения регулярного технического обслуживания и ремонтно-восстановительных работ (РВР). Работы по проведению обслуживания и РВР проходят в полевых условиях, поэтому для персонала требуется не только оперативно получать нужную информацию по скважинам, технологическим ячейкам, режимам работы скважины, данным химических анализов, геофизическим исследованиям скважин, РВР, данным о насосном оборудовании и др., но и иметь возможность вводить актуальные данные по насосным агрегатам (монтаж, демонтаж, замена насоса/двигателя), работе скважин, проведенных или проводимых РВР, событиям и замечаниям.

Разработка Android-приложения для предприятия СПВ урана будет способствовать повышению эффективности работы предприятия, снижению затрат на обслуживание и улучшению координации работы полевого персонала. Применение мобильных технологий позволяет значительно упростить и ускорить процесс сбора и предоставления геологической и технологической информации, обеспечивая удобный доступ к данным в любой точке полигона.

Богушевич Н.В., Грачев Е.К.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ СБОРОК

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: e.k.grachev@gmail.com*

В условиях современного производства топливных сборок (ТВС) ключевую роль играет внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), которые обеспечивают повышение эффективности, надежности и безопасности производственных операций.

Данная система позволяет интегрировать современные технологии мониторинга, анализа данных и управление в реальном времени, что способствует оптимизации процессов, снижению затрат и минимизации человеческого фактора.

В научно-исследовательской работе выполнен обзор основных компонентов АСУ ТП, их функциональные возможности, а также примеры успешного применения на отечественных предприятиях. Особое внимание будет уделено вопросам внедрения интеллектуальных алгоритмов для прогнозирования и предотвращения возможных аварийных ситуаций, что является критически важным в контексте обеспечения безопасности ядерной энергетики.

Интеллектуальные алгоритмы, внедренные в АСУ ТП, продемонстрировали свою эффективность в прогнозировании и предотвращении аварийных ситуаций, а успешная интеграция технологий искусственного интеллекта в АСУ ТП позволила создать адаптивные производственные системы, способные к самообучению и оптимизации в реальном времени.

В научно-исследовательской работе был проведен обзор перспективных направлений развития АСУ ТП в производстве ТВС, включая внедрение технологий искусственного интеллекта для создания более адаптивных и устойчивых производственных систем.

Голубичкин М.М., Баянов А.Р., Лохтина Л.Н.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОБЪЕКТА В СРЕДЕ SIMINTECH

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: ssti@mephi.ru*

Программный комплекс SimInTech предоставляет разработчикам АСУ ТП ряд высокоэффективных инструментов, удобных в использовании и позволяющих ускорить процесс проектирования, а так же уменьшить вероятность возникновения при проектировании ошибок, связанных с человеческим фактором.

Расчетные математические модели в SimInTech создаются посредством функционально-блочного программирования при помощи блоков, которые содержатся в различных библиотеках, например в библиотеке электрических приводов.

В SimInTech возможна разработка не только простых моделей, но и сложных моделей, которые описывают как саму систему, так и алгоритмы управления и другие функции.

Организация синхронного обмена данными между расчетными схемами происходит через базу данных сигналов. Эта база представляет собой структурированное хранилище переменных, используемых в одном или нескольких проектах, входящих в состав сложной модели.

Применение такого способа моделирования позволяет распределить вычисления, например между самостоятельными вычислительными узлами сети.

В результате НИР изучен и опробован способ построения в среде SimInTech модели, имеющей в своем составе субмодель, а так же дополнение модели расчетными схемами, что позволяет оценить влияние различных параметров на работу системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы моделирования в SimInTech: метод. пособие / сост.: А. И. Ляшенко, Д. П. Вент, Н. В. Маслова; ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2018. — 42 с. — Текст: непосредственный.
2. *Хабаров, С.П.* Построение распределенных моделей в системе SimInTech: методические указания / С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2018. — 122 с. — Текст: непосредственный.
3. *Клюев, А.С.* Автоматическое регулирование / А.С. Клюев. — Москва: Высшая школа, 2008. — 351с. — Текст: непосредственный.

Гусаковская Е.Д., Лохтина Л.Н.

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ SIMINTECH ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: ssti@tphi.ru*

Российская система SimInTech представляет собой универсальную платформу для моделирования при проектировании и создание систем управления.

В SimInTech есть возможность вычислений алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений. Расчетные модели в SimInTech разрабатываются на основе блоков различных библиотек, например, электротехники, электрических приводов.

Специализированный язык программирования высокого уровня SimInTech позволяет разработать программу (скрипт) для выполнения в процессе расчета определенных действий с объектами схемы, а также для задания локальных или глобальных переменных и констант проекта.

Язык программирования содержит встроенные ключевые слова, константы, операторы и функции/процедуры. Основной особенностью языка программирования SimInTech является то, что текст программы предназначен для исполнения на каждом расчетном шаге при моделировании схемы.

Способы решения дифференциальных уравнений содержат не только классические методы, но и авторские разработки, обеспечивающие преимущества при расчете сложных систем. SimInTech по скорости расчета сложных моделей превосходит зарубежные программы для моделирования на 20 %.

ЛИТЕРАТУРА

4. *Хабаров, С.П.* Построение распределенных моделей в системе SimInTech: методические указания / С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2018. — 122 с. — Текст: непосредственный.
5. Программирование в SimInTech: метод. указания к лабораторным работам / В.В. Регада, О. Н. Регада. — Пенза: Издательство ПГУ, 2023. — 76 с.
6. Основы моделирования в SimInTech: метод. пособие / сост.: А. И. Ляшенко, Д. П. Вент, Н. В. Маслова; ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2018. — 42 с. — Текст: непосредственный.

Илекис В.М. Молоков П.Б.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИК-СПЕКТРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ХЕМОМЕТРИКИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ilekis111@gmail.com*

Современные методы химико-аналитического контроля активно развиваются благодаря внедрению новых технологий и подходов. Одним из ключевых направлений в этой области является использование компьютеров и специализированного программного обеспечения в аналитических приборах. Это значительно улучшает интерпретацию, обработку и хранение данных, а также упрощает автоматизацию процессов анализа.

Математической и статистической обработкой данных, полученных в ходе химического анализа, занимается такой важный раздел аналитической химии, как хемометрика. Она позволяет эффективно обрабатывать большие объемы информации, полученные в виде многомерных массивов данных – спектры, хроматограммы или хроматоспектры.

В частности, для определения таких примесей как HF, SiF₄ и др. в высокочистых фторсодержащих газах возможно использование метода ИК-Фурье-спектрометрии. Для количественной оценки примесей к полученным спектрам можно применить методы хемометрики. Одним из предлагаемых методов является метод проекции на латентные структуры (PLS), который позволяет выявлять скрытые зависимости между переменными и обеспечивает высокую точность. Этот метод особенно полезен в случаях, когда имеется большое количество коррелирующих переменных и шумовых данных.

Для реализации этих методов в данной работе разработано программное обеспечение (ПО) на языке программирования R и его расширение Shiny. Само ПО включает в себя такие основные функции, как: загрузка данных (спектров) для построения модели определения концентрации компонент; запись данных для построения градуировки; построение модели с выводом проверки адекватности модели (R^2) и среднеквадратической ошибки модели (RMSEP); функция расчета неизвестных спектров по построенной модели с выводом концентраций для каждой искомой компоненты и значением среднеквадратичной ошибки полученного значения.

Ишмуратов Р.Р.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*Димитровградский технологический институт НИЯУ МИФИ,
433511, г. Димитровград, Ульяновской обл., ул. Куйбышева, д. 294
e-mail: diti@terphi.ru*

Транспортная система – это транспортная инфраструктура, транспортные предприятия, транспортные средства и управление в совокупности. Причиной пробок на дорогах является повышение плотности потока автомобилей в результате поступления количества машин в единицу времени, превышающего пропускную способность того или иного перекрестка. Математические модели транспортных систем помогают оценить и выбрать оптимальную с точки зрения транспортных затрат инфраструктуру, на которую потом «нализуются» объемно-планировочные и конструктивные решения. В общем случае математическая модель помогает оценить функциональность проекта задолго до того, как он будет воплощен реальности [1].

Исходными данными для создания математической модели транспортной системы могут являться параметры улично-дорожной сети населенного пункта или региона: расположение и ширина улиц, количество и ширина полос движения, разрешенные направления движения, наличие односторонних улиц, улиц с приоритетом движения общественного транспорта и т.д. Все эти данные, включая дорожную разметку и расположение дорожных знаков, также собираются путем натуральных замеров с помощью лазерных дальномеров, видео- и фотосъемки. В настоящий момент в некоторых случаях можно более оперативно получить подобную информацию, используя появившиеся спутниковые карты более высокой детализации с возможностью проведения измерений. Необходимо заметить, что часть из вышеуказанных параметров могут использоваться не только для общей модели транспортной системы города, а также и частных микромоделей отдельных пересечений и участков улично-дорожной сети.

Организация движения подвижного состава на маршрутах должна обеспечивать наибольшую производительность и наименьшую себестоимость перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Просветов Г.И.*, Математические методы в логистике // Учебно-методическое пособие / Г.И. Просветов. – М.: Изд-во РДЛ, 2020. – 272с.

Коробейников Е.А.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ
ЭНЕРГОБЛОКА ОДЭК АО «СХК»
С РЕАКТОРОМ «БРЕСТ-ОД-300»**

*Акционерное общество «Сибирский Химический Комбинат»,
636039, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1
e-mail: sxk@rosatom.ru*

На территории Сибирского Химического Комбината, предприятие Топливной компании Росатома «ТВЭЛ», реализуется строительство инновационного опытно-демонстрационного энергокомплекса с уникальной реакторной установкой «БРЕСТ-ОД-300».

Актуальным направлением повышения эффективности функции «Техническое обслуживание и ремонт» оборудования энергоблока является внедрение алгоритмов машинного обучения (далее – ML), в том числе глубоких нейронных сетей.

В работе рассмотрены различные методы машинного обучения и выделены следующие перспективные алгоритмы для решения задачи предиктивного определения технического состояния электроприводной трубопроводной промышленной арматуры энергоблока с реактором «БРЕСТ-ОД-300»: Random forest; XGBoost; Recurrent Neural Net.

Для нейронной сети предложена следующая архитектура:

- 1 слой – Bidirectional LSTM;
- 2 слой – Bidirectional LSTM;
- 3 слой – SelfAttention;
- 4 слой – LSTM;
- 5 слой – Fully connected;
- 6 слой – Fully connected.

Применение ML позволит более точно определять и предсказывать изменение технического состояния оборудования, автоматизировать рутинные процессы, такие как подготовка отчетной документации, а также снизить затраты, сократить время протекания процессов, повысить уровень организованности и безопасность энергоблока.

Костин М.В., Логинова Е.С.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫМ АГРЕГАТОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: rvachkostin@gmail.com*

Турбокомпрессорный агрегат предназначен для повышения давления и увеличения скорости потока различных газов, таких как воздух, пар или дымовые газы. Это необходимо во многих промышленных процессах. К ним относят: вакуумные, пневматические системы. Разработка модернизации была проведена на основе турбокомпрессора К-250. Именно эту модель использует в своём производстве Государственная корпорация «Росатом».

В современном производственном процессе важную роль играют системы автоматизации и контроля [1]. Одним из ключевых элементов этих систем являются самописцы, которые отвечают за мониторинг технологических параметров. Сейчас используется КСД-3.

Устаревшее оборудование может не только снижать эффективность производственных процессов, но и представлять потенциальные риски для безопасности и качества продукции.

Арм оператора обладает рядом преимуществ по сравнению с КСД-3. К основным причинам замены можно отнести: отсутствие поддержки(производители старых моделей могут прекратить техническую поддержку и поставку запчастей), низкая эффективность(современные системы позволяют осуществлять более быстрый и точный сбор данных, что в свою очередь способствует оптимизации производственных процессов).

Для оптимизации процесса контроля (создание Арм оператора) необходимо новое оборудование. К нему относится модуль сбора данных, поддерживающих платформу «ОВЕН», а также персональный компьютер, поддерживающий CODESYS HMI.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Капустин Н.М.* Важное значение автоматизации / Капустин Н.М., Кузнецов П.М., Схиртладзе А.Г., Дьяконова Н.П., Уколов М.С.// Автоматизация производственных процессов в машиностроении — 2004.—415 №1 –С. 11–13.

Кулеш Ю.О., Щипков А.А.

**КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ
ПОГРУЖНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ
ДИНАМИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ
СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: yok13@trn.ru;*

Одна из проблем при организации добычи урана методом скважного подземного выщелачивания (СПВ) – это уменьшение времени наработки до отказа насосного агрегата (НА) откачных скважин. Уменьшение времени наработки до отказа связано с перегревом двигателей, который вызван необходимостью регулирования дебита в широком диапазоне для оптимизации процесса добычи урана. При малых дебитах, из-за уменьшения скорости охлаждающего раствора, ухудшаются условия отвода тепла.

Таким образом, в процессе эксплуатации встает задача контроля температуры внутри погружного электродвигателя (ПЭД) НА при различных режимах его работы. Для этого предлагается разработать автоматизированную систему контроля температуры в активной зоне погружного электродвигателя на основе идентификации изменения активных сопротивлений ротора и статора вследствие нагрева посредством электрических измерений.

Идентификация производится на основе измерений мгновенных значений тока и напряжения станции управления ПЭД. Учитывая, что в качестве источника напряжения для питания ПЭД используются инверторы с широтно-импульсными преобразователями (ШИП), установленные в станции управления, предполагается контроль импульса напряжения в конкретный момент времени при текущей скважности. При этом осуществляется мониторинг реакции кривой тока на импульс напряжения. Кривая тока аппроксимируется и далее решается обратная задача определения коэффициентов системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику ПЭД и связывающих напряжения и токи. Коэффициенты определяются на основе параметров схемы замещения ПЭД, в число которых входят активные сопротивления, которые зависят от температуры. На основе контроля текущих значений сопротивлений контролируется значения температуры в активной зоне погружного электродвигателя.

Мусин С.В., Шваб А.В.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА, СМЕШЕНИЯ И УСРЕДНЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СРЕД В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36
e-mail: mmnt98@mail.ru*

В современных технологических процессах создания новых материалов важную роль играют операции измельчения, усреднения, классификации и смешивания порошков. Механические методы обработки давно применяются в промышленности, однако пневматические технологии в последние годы привлекают повышенное внимание благодаря своей эффективности и экономичности. Эти методы снижают энергозатраты за счет использования энергии сжатого воздуха и гравитации, обеспечивая получение порошков с заданными характеристиками. Пневматические технологии особенно актуальны при обработке гранулированных сред, где процессы смешивания, усреднения и сушки можно объединить и оптимизировать в рамках пневматического циркуляционного аппарата (ПЦА) [1], что делает их незаменимыми в ряде отраслей, включая химическую и атомную промышленность. В настоящей работе рассматривается установившееся осесимметричное течение в рабочем элементе ПЦА и исследуются возможности интенсификации процессов путем введения кольцевых дисков внутрь рабочей камеры. Для расчета используется математическая модель динамики гранулированной среды на основе осесимметричных уравнений переноса импульса, теплоты и вещества в цилиндрической системе координат с применением модели «степенной жидкости». На основе оригинальных граничных условий получено согласование опытных и теоретических данных [2]. Достоверность численного применения скольжения на стенках для неньютоновской жидкости подтверждается аналитическими зависимостями, полученными авторами. Предложенная модель исследования процессов переноса импульса, теплоты и вещества имеет перспективы применения в химической технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росляк А.Т. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии / Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В.Н. // Томск: Издательство ТГУ, 1990. 272 с.
2. Savage S.B. Gravity flow of cohesionless granular materials in chutes and channels // J. Fluid Mech. 1979 Vol. 92. P. 53-96.

Новицкий М.В., Иванов К.А.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ФТОРА В АНОДНОМ ГАЗЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГФУ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: MkNovitskiy@mail.ru*

Актуальность работы обусловлена реальной потребностью СЗ АО «СХК» в улучшении качества ведения технологического процесса за счет определения состава газовых смесей участвующих в процессе производства ГФУ для повышения производительности установки пламенного реактора, а также вследствие выработки ресурсного срока действующего на данный момент масс-спектрометра «Сибирь».

Целью данной работы является разработка устройства определения концентрации ионов фтора в анодном газе, на основе метода флуоресцентной спектроскопии с помощью УФ-излучения.

В процессе работы проводился литературный обзор методов регистрации наличия ионов фтора в анодном газе.

В процессе работы было разработано и создано устройство определения концентрации ионов фтора в анодном газе (разработана структурная схема устройства и системы определения концентрации ионов фтора в анодном газе, разработана функциональная схема устройства определения концентрации ионов фтора в анодном газе, разработаны принципиальная электрическая схема устройства определения концентрации ионов фтора в анодном газе, описан регламент испытаний устройства, написан код программы на языке Arduino(.ino), произведена сборка устройства определения концентрации ионов фтора в анодном газе). Произведена проверка работоспособности датчиков освещенности и устройства определения концентрации ионов фтора в анодном газе.

Палашков И.И.

МАШИНА ВЕРОЯТНОСТЕЙ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail:trento2003@yandex.ru*

Актуальность работы обусловлена малой распространенностью устройств, способных быстро генерировать истинно случайные числа, которые представляют практическую ценность для научных исследований, а также для работ в сфере компьютерного моделирования и в системах криптографии.

Целью данной работы является разработка и создание прототипа устройства генерации истинно случайных чисел с помощью лазеров и отражающих поверхностей.

В процессе работы проводился литературный обзор областей применения истинно случайных чисел. Оценка влияния «ошибок» на случайности, подбор материалов исходя из результатов оценки.

В процессе работы был создан прототип устройства генерации истинно случайных чисел (разработана структурная схема прототипа и алгоритма работы программы, разработана функциональная схема прототипа, разработаны принципиальная электрическая и принципиальная прототипа, составлена спецификация оборудования прототипа, описан регламент испытаний прототипа устройства, написан код программы на языке Arduino(.ino), создан голосовой помощник «М. А. К. С. И. М.», содержащий инструкции по технике безопасности, подготовке к запуску и по техническому обслуживанию прототипа, произведена сборка прототипа). Произведена демонстрация работоспособности прототипа.

Рябов И. А., Залевский А. О.

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА РАБОЧЕГО АППАРАТА ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: iaryabov78@mail.ru*

На текущий момент потребность в парке современного лабораторного оборудования весьма актуальна для учебно-методического обеспечения кафедры электроники и автоматики физических установок. Поэтому, создание многофункционального лабораторного стенда позволит изучить работу современного оборудования КИПиА.

Целью данной работы разработать многофункциональный лабораторный стенд рабочего аппарата для направления промышленная автоматизация. Модель «емкость – система управления» предназначена для проведения испытаний работы в различных режимах.

Задачами являются:

1. Проведение литературного обзора фирм, производящих стенды для систем автоматизации и промышленной автоматики.
2. Разработка концепции.
3. Разработка рабочей конструкторской документации.
4. Разработка алгоритма и визуализация.
5. Изготовление прототипа лабораторного стенда.
6. Разработка методического материала.
7. Пусконаладочные работы.

Результатом данной работы полностью функционирующий и работоспособный лабораторный стенд рабочего аппарата с приложенной к нему рабочей документацией, написанным программным кодом на языке непрерывных функциональных схем (Continuous Function Chart) и методическим материалом.

*Ежуров Д.О.¹, Истомин А.Д.², Носков М.Д.²,
Толмосова О.В.^{2,3}, Чеглоков А.А.²*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ

¹*АО «Далур», 641750, Курганская обл., с. Уксянское, Лесная ул, д. 1,*

²*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,*

³*Томский политехнический университет,*

634034, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: MDNoskov@terphi.ru

Сорбционные колонны широко применяются в процессе добычи урана способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) для переработки продуктивных растворов. Российские предприятия используют сорбционные напорные колонны (СНК) работающие в полунепрерывном режиме с периодической перегрузкой насыщенного ионита из сорбционной колонны в регенерационную. В качестве сорбента для извлечения урана применяются синтетические ионообменные смолы. Для оптимизации режимов работы сорбционных колонн целесообразно использовать методы математического моделирования.

Программа для проведения численных исследований работы сорбционной колонны создана на языке программирования Embarcader C++ Builder XE3 и представляет собой многопоточное, 32-битное приложение Windows. Приложение создано на основе математической модели, описывающей основные гидродинамические и физико-химические процессы, происходящие при сорбции урана из сернокислотных растворов на сильноосновную ионообменную смолу (анионит). К гидродинамическим процессам относятся конвективный массоперенос с потоком раствора и гидродинамическая дисперсия, возникающая в результате неоднородности поля скоростей раствора в сорбционной колонне. Физико-химические процессы включают в себя перераспределение урана между раствором и сорбентом в результате неравновесной сорбции.

В настоящей работе представлены результаты численного исследования сорбции урана в лабораторной сорбционной колонке. Исследовано влияние расхода растворов, скорости сорбции и концентрации урана на показатели работы сорбционной колонки.

Троценко В.П., Иванов М.Л., Иванов К.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА СЫПУЧЕЙ СМЕСИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: Vycheslav.Trocenko@yandex.ru*

В настоящее время задача определения процентного содержания присутствия примесей в образцах является актуальной и сложной. В данной работе предложен подход, который использует методы машинного зрения для анализа цветовых характеристик сыпучих продуктов в реальном времени в потоке.

Целью разработана измерительная система детектирования процентного наличия примесей в образцах методом машинного зрения и разработана методика измерения.

В данной работе рассматриваются 2 метода детектирования процентного наличия примесей в образцах. Для получения высококачественных изображений сыпучего продукта с различным содержанием примесей используется камера, позволяющая получать макро изображения в высоком качестве, которые анализируются методами «анализа потока продукта» основанного на анализе яркости изображения получаемого с видеоборудования. Вторым является метод «детектирования частиц примесей» основанного на применении алгоритма для обнаружения частиц примесей в сыпучих порошках.

Система автоматизированного контроля построена на базе микропроцессорной системы (МПС), использующей одноплатный компьютер Raspberry Pi. С помощью библиотеки OpenCV осуществляется обработка изображений, что позволяет математически анализировать количество и цвет пикселей и выявлять процентное содержание примесей в сыпучих смесях.

Результатом проделанной работы является рабочее устройство визуального определения процентного содержания примесей в реальном времени в потоке и способы определения концентрации сыпучей смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Троценко В.П.* Рабочий прототип системы определения качества оксидов урана по внешним признакам / Троценко В.П., Иванов К.А. // *Материалы конференции «Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий»*, посвященная 65-летию Северского технологического института (Северск, 13-17 мая 2024) . - Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2024. - С. 134. Текст (визуальный): электронный.

Шпатов А.А., Сапунов А.Р., Иванов К.А.

РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДАМИ В РАМКАХ ОТКРЫТОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sapunov02@mail.ru*

В современном мире стремительно набирают популярность открытые образовательные платформы, доступные для использования и работы с ними любому желающему. Это программы с открытым исходным кодом, аппаратные изделия с опубликованной конструкторской документацией и другие open-source проекты.

С учетом такой тенденции, в СТИ НИЯУ МИФИ на кафедре ЭиАФУ реализуется и совершенствуется подобный проект, основанный на платформе M5Stack – решении, включающем в себя электронные модули для выполнения самых разнообразных задач автоматизации и программирования, а также решения для разработки. M5Stack в данном случае выступает базовой средой, на основе которой создаются образовательные и исследовательские конструкторские кейсы. В рамках данного проекта на базе M5Stack на кафедре уже разработаны и представлены в качестве работоспособных прототипов модули микропроцессорной системы (МПС), а также платы расширения блока цифрового вывода. Кроме того, на этапе конструирования и разработки находятся модули для блоков цифрового ввода, аналоговых ввода и вывода, а также блок промышленных интерфейсов.

Всю документацию на разработанные решения планируется сделать общедоступной не только для студентов и сотрудников СТИ НИЯУ МИФИ, но и для любого стороннего исследователя.

Настоящая работа продолжает развитие открытой платформы кафедры ЭиАФУ и посвящена разработке модуля расширения для управления восемью сервоприводами на автономном питании, при этом управление устройством может осуществляться как от модуля МПС, разработанного на кафедре, так и от исходных МПС M5Stack.

Данный модуль в настоящее время актуален для СТИ НИЯУ МИФИ и может быть использован как в новых проектах института, так и в образовательном процессе. Примечательно, что модуль не имеет полных аналогов на требуемую мощность и количество двигателей, а также на автономность в рамках линейки устройств M5Stack. Разработка схемотехники и трассировки печатной платы осуществляется в САПР Altium Designer 24.

*Секция
Оборудование и технологии атомной
промышленности*

Арендаренко Г.О., Зарипова Л.Ф.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: gao01@mail.ru*

В течение следующих 10-20 лет количество ядерных объектов, требующих вывода из эксплуатации, значительно возрастет. Вследствие этого вопросы безопасного вывода их из эксплуатации встают всё более остро и требуют внимательного рассмотрения.

Основой для вывода из эксплуатации является выбор варианта, по которому он будет осуществляться: ликвидации, предусматривающей дезактивацию, удаление загрязнений и реабилитацию площадки для дальнейшего использования, захоронения на месте, предусматривающего локализацию загрязнений и создание физических барьеров, исключающих доступ в зону локализации и выход радионуклидов в окружающую среду, или конверсию - изменение целевого назначения основных сооружений, зданий, инженерных систем и оборудования.

Выбор варианта вывода из эксплуатации начинается со сбора информации о предприятии, в том числе о радиационно-опасных объектах, находящихся на территории. В целях безопасности процесса вывода из эксплуатации необходимо изучить особенности территориального расположения РХЗ, а также провести комплексное инженерно-радиационное обследование (КИРО).

Обследование зданий направлено на получение информации о техническом состоянии зданий, уровне и радионуклидном составе радиоактивного загрязнения. КИРО проводится на основе анализа документации, с последующим определением недостающих параметров экспериментальными или расчетными методами. Это позволит получить общую картину радиационной обстановки в каждом отдельном здании.

После проведения всех мероприятий по сбору информации выбирается один из вариантов вывода из эксплуатации и принимаются решения об отдельных мероприятиях, их сроках и бюджете.

*Башкирова А.П., Грачев Е.К., Панихин В.С., Маркелова Д.В.,
Кикенина И.К., Грачева Д.К., Михалёв Р.Ю.*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА,
ОСНОВАННАЯ НА РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОЦЕССОВ
РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ
СИСТЕМЫ NdFeB**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: anzhelika.bashkirova14@yandex.ru*

В современном производстве магниты, созданные из неодима, железа и бора, находят широкое применение в различных отраслях, таких как изготовление жестких дисков, электроприводов для гибридных автомобилей и компьютерное оборудование. Их популярность объясняется в основном выдающимися магнитными свойствами, что приводит к росту потребительского интереса. Тем не менее, на глобальном рынке отсутствует технология, позволяющая восстанавливать магнитные характеристики магнитов NdFeB после их эксплуатации и переработки. Это создает трудности в утилизации подобных отходов и ограничивает возможности их повторного использования.

В ходе исследовательской работы, научная группа Северского технологического института НИЯУ МИФИ использовала метод «от магнита к магниту». Таким образом, удалось достигнуть значительного прогресса, создав новые магнитные материалы, изготовленные из вторичных компонентов жестких дисков, которые имеют схожие свойства с оригинальными образцами. В результате проведенных экспериментов исследовательской группой была получена математическая модель исследуемого объекта, используя факторный эксперимент.

На конференции будут представлены результаты, полученные с использованием данного метода.

Бей Е.В., Карташев Е.Ю.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: egorbey2003@mail.ru*

Белоярская АЭС (БАЭС), расположенная в Свердловской области, является одной из самых уникальных атомных станций России и мира. На станции реализуются инновационные технологии реакторов на быстрых нейтронах. По состоянию на 2024 год, станция эксплуатирует энергоблоки БН-600 и БН-800, которые функционируют на основе жидкометаллического теплоносителя – натрия. Эти реакторы играют значимую роль в технологии замыкания ядерного топливного цикла, поскольку могут эффективно использовать переработанное ядерное топливо.

Белоярская АЭС имеет долгую историю, и ранее на станции работали реакторы других типов, такие как АМБ-100 и АМБ-200 (Облученные металл-водо-водяные реакторы). Для вывода из эксплуатации этих реакторов был выбран метод длительной консервации. Этот подход включает в себя следующие этапы:

1. Устранение активных источников радиоактивности (извлечение топлива, теплоносителя и других высокоактивных компонентов).
2. Изоляцию реакторного оборудования и конструкций, содержащих остаточную активность, в безопасное хранилище на длительный период.
3. Проведение наблюдений и контроль за состоянием объектов консервации.
4. Последующий демонтаж и утилизация радиоактивных материалов после снижения уровня активности до безопасного значения.

Отработавшие системы реакторной установки, которые не могут быть переработаны, транспортируются на специализированные полигоны для захоронения радиоактивных отходов.

Из Белоярской АЭС отработавшее топливо передавалось на химико-радиационные предприятия, такие как ПО «Маяк», для переработки и хранения.

Далее, территория энергоблоков АМБ-100 и АМБ-200 после рекультивации может использоваться под другие цели, связанные с текущими технологиями АЭС, такие как: строительство новых вспомогательных зданий и складов и инфраструктура для действующих блоков БН-600 и БН-800.

Богданович И.А.¹, Карташов Е.Ю.¹, Громик В.Г.²

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРПУСА СУБЛИМАТНОГО ЗАВОДА НА СХК ПО ПРОГРАММЕ «КОНВЕРСИЯ»

¹*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,*

²*АО «Сибирский химический комбинат»,
636037, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1
e-mail: kong1972q@mail.ru*

Вывод из эксплуатации устаревших объектов ядерной инфраструктуры, таких как цех на сублиматном заводе СХК, представляет собой важный этап в повышении экологической и радиационной безопасности. Программа «Конверсия» направлена на безопасную ликвидацию таких объектов, а также снижение их воздействия на окружающую среду.

Процесс вывода из эксплуатации начинается с КИРО. На этом этапе выявляются источники радиоактивного загрязнения и оценивается состояние инфраструктуры, чтобы определить объем необходимых работ. После этого проводится дезактивация, которая заключается в удалении радиоактивных загрязнений с оборудования и поверхностей.

Следующим этапом является демонтаж оборудования и конструкций. Работы выполняются с соблюдением строгих мер безопасности, чтобы избежать выбросов радиационной пыли и отходов. Образовавшиеся при этом отходы тщательно упаковываются в специальные контейнеры, обеспечивающие их безопасное хранение и транспортировку.

Завершающим этапом выступает рекультивация территории. Участок восстанавливается до естественного состояния: проводится благоустройство ландшафта и подготовка земли для дальнейшего использования. Этот процесс обеспечивает безопасное завершение эксплуатации объекта и позволяет вернуть территорию в хозяйственный или природный оборот. Программа «Конверсия» применяет инновационные подходы, включая использование роботизированных систем для демонтажа и дезактивации, что позволяет сократить риск для персонала.

Реализация программы «Конверсия» позволит снизить техногенную нагрузку на регион, повысить уровень безопасности для населения и окружающей среды, а также создать условия для экологически устойчивого развития территории.

Воробьева Е.С., Зарипова Л.Ф.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕПАРАТОРА ПАРА НА КУРСКОЙ АЭС

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: evorobeva572@gmail.com*

Срок службы атомных электростанций составляет 40-60 лет. В настоящее время жизненный цикл многих энергоблоков подходит к концу, и их нужно выводить из эксплуатации. Вывод блока из эксплуатации – процесс осуществления комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающий использование блока в качестве источника энергии и обеспечивающий безопасность персонала, населения и окружающей среды. В процессе вывода из эксплуатации энергоблока нужно демонтировать и дезактивировать оборудование. В работе представлена технология по выводу из эксплуатации сепаратора пара на Курской АЭС.

Сепаратор предназначен для разделения пароводяной смеси, поступающей из топливных каналов реактора, и получения на выходе насыщенного пара с влажностью менее 0,1 % и воды с массовым паросодержанием, близким к нулю.

Корпус барабана-сепаратора представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд с двумя эллиптическими днищами. Длина корпуса – 30 м, диаметр – 2,3 м.

Вывод из эксплуатации сепаратора пара начинается с разработки плана демонтажа, затем сепаратор отключают от энергоблока и разгружают от рабочих сред. Ограждаются рабочие зоны, сепаратор фрагментируют при помощи дистанционной лазерной резки. За счет полной автоматизации установки демонтажные работы выполняются быстрее по сравнению с фрагментацией, осуществляемой при помощи газовой резки и ручного инструмента. Разделка металлоконструкций ведется на расстоянии до 30 м, что позволяет разместить персонал в «чистой зоне» и снизить дозовую нагрузку на сотрудников.

После демонтажа производится очистка поверхностей от загрязнений и радиоактивных материалов методом дробеструйной дезактивации. Процесс дезактивации проходит в герметично закрывающейся камере, внутри которой загрязненный металлический фрагмент со всех сторон «обстреливается» дробью, которая откалывает загрязнение. После дезактивации фрагменты компактируют и захоранивают.

Генсеровский К.А., Карташов Е.Ю.

УСТАНОВКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: KAGenserovskiy@yanex.ru*

При эксплуатации атомных электростанций, плавательных средств с ядерными реакторами, предприятий ядерно-топливного цикла происходит загрязнение помещений, оборудования и персонала радионуклидами. Для решения данной проблемы применяют различные способы дезактивации.

Суть процесса дезактивации заключается в удалении радиоактивных загрязнений с обрабатываемой поверхности с помощью механических, химических и других специальных способов до уровней, допускаемых требованиями нормативных документов.

В целях предотвращения радиоактивного загрязнения, его распространения на другие объекты и повышения эффективности дезактивации применяют плёнки и покрытия. Плёнки наносятся на поверхность объекта и затем удаляются после исчерпания своих защитных свойств. Покрытия используют для футеровки наиболее радиационно-опасных объектов, так как их свойства способствуют снижению радиоактивного загрязнения и упрощают дезактивацию. По назначению плёнки делятся на изолирующие, дезактивирующие и локализирующие. В качестве материала могут использоваться составы на основе жидкого стекла, растворы сульфитно-спиртовой барды, битумные эмульсии и полимерные композиции.

После нанесения на поверхность, в процессе сушки пленки аккумулируют в себя радиоактивное загрязнение в виде твердых аэрозолей и химических соединений за счет физико-химических связей возникающих между структурой пленки и сорбируемым материалом, после чего они механически удаляются с поверхности.

Для приготовления плёнообразующих составов используют аппараты, осуществляющие механическое перемешивание компонентов. К таким аппаратам относятся агитаторы, автоклавы, жидкофазные реакторы, репульпаторы, и другие.

В нашем случае используется установка для нанесения на поверхность защитных плёнок, состоящая из бака для приготовления плёнообразующих составов, бака для подачи состава под давлением к обрабатываемой поверхности и пневмораспыливающего пистолета.

Денисенко Ю.А., Смолин А.Ю.

ПОДЪЕМ ОПОРЫ №1 ФУНДАМЕНТА ЭНЕРГОБЛОКА №2 РОСТОВСКОЙ АЭС

*Волгодонской инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ,
347360, г. Волгодонск, Ростовской обл.,
г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94
e-mail: yurydenisenko@mail.ru*

На энергоблоках №1,2 Ростовской АЭС должно быть предусмотрено своевременное выявление дефектов и повреждений в силовых конструкциях или несоответствий проектному режиму эксплуатации для принятия мер по их устранению и обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации объекта по назначению в предусмотренных проектом параметрах и условиях эксплуатации. [1]

В ходе капитального ремонта турбины в 2021 году была выявлена расцентровка роторов высокого давления и низкого давления вследствие проседания фундамента в районе опоры №1. Для устранения данного дефекта были проведены комплексные мероприятия по перемещению подшипников.

На основании проведенного анализа было принято решение о проведении дополнительных работ по подъему опоры №1 во время ближайшего планового ремонта.

После перевода опоры №1 на антифрикционные подкладки, выполненные из бронзы, абсолютное расширение (АР ЦВД) на стационарных режимах работы турбоагрегата должно увеличиться с 11,6 мм до 13,4 мм, что гарантирует отсутствие перекоса и зацемяления в продольных шпонках при расширении. Данное улучшение может быть достигнуто за счет уменьшения коэффициента трения стальной опоры по бронзовым подкладкам.

В результате подъема опоры №1 и возвращения ее к монтажным значениям из-под регулировочных колодок подшипника появится возможность убрать прокладки (общей толщиной около 6 мм). Данное мероприятие уменьшит рессорность и даст возможность увеличить зацепление нижнего установочного кольца до заводских значений, а также большой спектр регулировок при корректировке центровки во время ППР, что, в конечном итоге, позволит обеспечить надежную эксплуатацию турбины К-1000-60/1500-2М и предотвратить возможное возникновение аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД ЭО 1.1.2.99.0624-2011 Мониторинг строительных конструкций атомных станций ОАО «Концерн Росэнергоатом»

Дубинин В.С.^{1,2}, Софронов В.Л.¹, Никулина У.С.²

РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА С ЖИДКОСОЛЕВЫМ ТОПЛИВОМ

¹*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томская обл., пр. Коммунистический, 65,*

²*ООО «Корпорация по Ядерным Контейнерам»,
123060, г. Москва, ул. Маршала Мерецкова 3
e-mail: dubinin@nuclearcask.ru*

Переработка в промышленных масштабах отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) на фоне постоянно растущих объемов – одна из задач, решаемых в рамках развития глобальной атомной энергетики. Для обеспечения экономической эффективности и повышения экологической безопасности системы обращения с ОЯТ предстоит решить проблему минорных актинидов – долгоживущих радиоактивных изотопов трансурановых химических элементов, обуславливающих высокую радиоактивность отходов, остающихся после переработки ОЯТ.

В настоящее время одним из эффективных и перспективных методов утилизации минорных актинидов является трансмутация – «дожигание» в потоках нейтронов. Для этих целей предлагается использовать жидкосолевые ядерные реакторы (ЖСР), в которых в качестве теплоносителя и/или топлива применяют расплавы солей. Отметим преимущества и недостатки таких реакторов.

К преимуществам ЖСР можно отнести:

- низкое давление в корпусе реактора, что позволяет исключить целый класс аварий;
- высокие температуры 1-го контура (более 700°C) и, как следствие, высокий термодинамический КПД;
- возможность организации непрерывной замены топлива без останова реактора;
- высокую топливную эффективность.

Среди недостатков выделяют:

- высокую коррозию от расплава солей и, как следствие, сложности с подбором конструкционных материалов;
- значительно большие выбросы трития [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пасюкова А.А.* Обзор и сравнительный анализ различных технологий тепловой генерации на АЭС /Пасюкова А.А., Сакаев И.Р.// Тезисы докладов «Актуальные проблемы авиации и космонавтики». г. Красноярск, 2022 г. – С. 268-270.

Закиров Т.З.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЯДЕРНЫЕ ДЕЛЯЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ

*Волгодонской инженерно-технический институт,
347360, г. Волгодонск, Ростовской обл., ул. Ленина, 73/94,
e-mail: tim_scorpion_1984@mail.ru*

В результате захоронения радиоактивных отходов были установлены условия ЯБ, которые не полностью исключают возможность самоподдерживающейся цепной реакции, в приведенных критериям приемлемости.

Концентрация ЯДН в жидких радиоактивных отходах (ЖРО) должна быть ограничена для исключения СЦР при миграции в поглощающих горизонтах и не превышать пределов, установленных нормами и правилами, что позволяет определить, возможность образование сверхкритической системы с концентрацией ЯДН в породе выше минимального критического значения.

Значения безопасных критических концентраций для смесей U^{235} и Pu^{239} с простыми веществами значительно выше технологических значений и составляют от 0,05 до 7 г/кг [1].

СЦР в подземных зонах размещения отходов будет исключена при условии, что концентрация ЯДН в РАО не превышает 0,05 г/кг.

Погрешности в определении содержания радионуклидов в РАО могут достигать 10–50%, что снижает пороговые значения. Для решения этой проблемы был разработан опытный образец установки с импульсным нейтронным генератором для определения суммарной массы ЯДН в 200-литровых контейнерах с твердыми РАО.

Метод может быть применен для контейнеров типа НЗК и остеклованных высокоактивных отходов в «бидонах». Захоронение ЖРО с U^{235} и Pu^{239} осуществляется в глубоко залегающие пласты-коллекторы на ПГЗ ЖРО с 60-х годов прошлого века. Установлено, что нуклиды в ЖРО накапливаются до определенного предела, зависящего от их концентрации в растворе. При заполнении парового пространства отходы распределяются между твердой и жидкой фазой и приходят в равновесие. Равновесное содержание нуклида в паровой жидкости принимается по концентрации в удаляемых отходах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 11.07.2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»

Изотов Е.С., Грачев Е.К.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
НИТРИТНОГО УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА
КАРБОТЕРМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ.**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: evgenij-iz@yandex.ru*

В качестве ядерного топлива широкое применение нашло оксидное топливо, которое в настоящее время используется в большинстве реакторов. Однако развитие атомной отрасли предъявляет к топливу новые требования. Это прежде всего относится к ядерно-энергетическим установкам специального назначения и реакторам на быстрых нейтронах. Качественно новый этап в развития ядерно-энергетических установок невозможен без перехода к более плотным и отличающимся более высокими теплофизическими свойствами топливным материалам.

Смесь нитридов урана и плутония является одним из наиболее привлекательных видов высокотемпературного ядерного топлива.

Перовой технологией получения нитридного топлива является металл-гидридный способ. Однако для перевода металлического урана в тонкий порошок гидрида урана требуется множество операций. Метод получения нитридов урана и плутония через металл неэкономичен и связан с необходимостью решать дополнительные технологические проблемы.

Способ получения СНУП топлива методом карботермического синтеза является наиболее перспективным и экономически выгодным из доступных на сегодняшний день технологий.

В данном докладе, авторами будет рассмотрен процесс изготовления таблеток СНУП топлива, проблемы, связанные с этим процессом, а так же дана оценка эффективности.

*Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К., Михалёв Р.Ю.,
Маркелова Д.В., Башкирова А.П., Панихин В.С.*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СМЕШАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАГНИТОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: irinakikenina@gmail.com*

В настоящее время в РФ происходит стремительное увеличение потребления магнитных материалов на основе редкоземельных металлов. Это в свою очередь приводит к увеличению потребности рынка в дорогостоящем сырье, большая часть которого импортируется из Китая. Отработавшие магнитные материалы, которые содержат в себе редкоземельные металлы, не подвергаются качественной утилизации или переработке. Технологии рециклирования магнитных материалов позволяют частично отказаться от приобретения и добычи редкоземельных металлов и решить проблему утилизации отработавших магнитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, за счет возвращения их в магнитное производство.

Существуют гидрометаллургический, пирохимический и «сухой» методы рециклирования магнитных материалов. Наиболее востребованным является «сухой» метод или метод «от магнита к магниту», который основан на процессах порошковой металлургии. Однако данный метод имеет ряд недостатков: загрязнение магнитного материала гальваническим покрытием, излишние энергозатраты, необходимость приобретения лигатур редкоземельных металлов для проведения процессов твердофазного легирования.

Научной группой СТИ НИЯУ МИФИ предложена смешанная технология рециклирования отработавших магнитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, которая совмещает в себе процессы порошковой металлургии и гидрометаллургические процессы. Данная технология позволяет сократить продолжительность процесса водородного охрупчивания и проводить данный процесс в диапазоне низких температур и давлений за счет наличия трехстадийной очистки. Также технология позволяет отказаться от приобретения лигатур за счет гидрометаллургической переработки части гидридов перерабатываемого материала методом дробной кристаллизации.

В докладе авторами будут рассмотрены режимы смешанной технологии рециклирования высокоэнергетических магнитов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

Киселев Р.Н., Заринова Л.Ф.

**ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА
УРАН-ГРАФИТОВОГО РЕАКТОРА ИГНАЛИНСКОЙ АЭС**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: petya.kunaev@mail.ru*

Вывод из эксплуатации циркуляционного насоса первого контура уран-графитового реактора Игналинской АЭС является важной задачей, требующей аккуратного подхода и комплексного анализа. Важным этапом является разработка методологии по безопасному демонтажу насоса, которая учитывает все этапы процесса — от подготовки к демонтажу и оценки радиационных рисков до собственно проведения работ и финальной утилизации. Работа фокусируется на разработке эффективного алгоритма демонтажа, включая оценку радиационных рисков и необходимых мер предосторожности на всех этапах процесса.

Кроме того, рассматриваются вопросы дезактивации насоса и окружающей территории, что критически важно для предотвращения загрязнения окружающей среды. Исследование также включает в себя механизмы контроля за радиационной ситуацией, а также планирование управления образующимися радиоактивными отходами, что требует разработки четкой системы их классификации, хранения и утилизации в соответствии с действующими нормами и стандартами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зимон А. Д.* Дезактивация / Зимон А.Д., Пикалов В.К. // М. : ИздАТ, 1994. — 336 с.

*Маркелова Д.В., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Михалёв Р.Ю.,
Баширова А. П., Панихин В.С., Кикенина И.К.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ Fe^{2+} , Fe^{3+} ТИТРИМЕТРИЧЕСКИМ ЭКСПРЕСС МЕТОДОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: dashenka.markelova.2004@mail.ru*

В современном мире количество использования электрических приборов увеличивается с каждым днём все больше. Их главные составные части содержат сплавы с ярко выраженными магнитными свойствами. Самым большим спросом пользуются сплавы, на основе редкоземельных элементов NdFeB и SmCo. По мере необходимости производство таких сплавов пропорционально увеличивается. Однако, несмотря на высокие физические характеристики, до сих пор в мире не существует технологии «рециклирования» отработавших магнитов.

Для поиска не только действенной и экологичной, но также и экономически выгодной технологии в Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ была создана научная группа. В 2023 году ее участникам удалось добиться положительных результатов и создать из отработавших компонентов жестких дисков новые магниты с теми же магнитными характеристиками, что и у первоначальных продуктов.

При исследованиях возникла необходимость экспресс методов определения количества железа и редкоземельных металлов в растворах для дальнейшего анализа.

Одним из таких методов является «трилонометрический анализ» для установления концентраций Fe^{2+} , Fe^{3+} в растворах.

Этот метод основан на использовании комплексообразующего агента – трилона Б (EDTA), который образует стабильные комплексы с ионами железа. Процесс включает титрование образца раствора трилоном с последующим изменением цвета индикатора, что позволяет точно определить точку эквивалентности. Преимуществами данного метода являются высокая селективность, возможность одновременного анализа обоих ионов и минимизация времени анализа, что делает его ценным инструментом в химическом анализе.

Результаты исследования данного метода анализа в смешанной технологии «рециклирования» магнитов будут представлены автором на конференции.

*Михалёв Р.Ю., Кикенина И.К., Грачев Е.К., Илекис В.М.,
Маркелова Д.В, Башкирова А.П, Панихин В.С.*

РЕЦИКЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $R_2Fe_{14}B$

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г.Северск, Томская обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: romanmikhalev6@gmail.com*

Дефицит редкоземельных металлов и рост их потребления в высокотехнологичных отраслях (электромобили, ветряные установки, электроника) делают переработку магнитов приоритетной задачей. Современные методы переработки (экстракционные, пирохимические, порошковая металлургия) эффективны, но требуют больших затрат, сложны и небезопасны для экологии.

В Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ разрабатывается технология «магнит к магниту», включающая растворение гидридов в серной кислоте, кристаллизацию сульфатов редкоземельных металлов (РЗМ) и железа, их прокалку до оксидов и электрохимическое восстановление до металлов.

Особое внимание уделено стадии кристаллизации, включающей зарождение, рост и созревание кристаллов. Для этого исследуются различные кристаллизаторы: охлаждаемые – используют снижение температуры для кристаллизации; испарительные – увеличивают концентрацию путем испарения растворителя; с перемешиванием – обеспечивают равномерный рост кристаллов благодаря мешалкам.

При проектировании оборудования изучаются влияние температуры, концентрации раствора, времени, механических воздействий и других факторов. Эксперименты показали значимость параметров растворителя, температуры и площади испарения для повышения эффективности процесса.

В докладе будут представлены сравнительный анализ методов рециклинга, преимущества кристаллизации и проект нового кристаллизатора.

Наумов В.А., Грачев Е.К.

АО «ВНИИНМ» ИМ. АКАДЕМИКА А.А.БОЧВАРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: naumovvladislav51105@gmail.com*

Основной вид деятельности АО «ВНИИНМ» им. академика А.А.Бочвара: научные исследования и разработки в области естественных и технических наук. Это один из ведущих научно-исследовательских институтов и головная организация «Росатома» по проблемам материаловедения и технологий ядерного топливного цикла для всех видов реакторов.

В настоящее время АО «ВНИИНМ» имени академика А.А. Бочвара занимается разработкой технологий ядерного топливного цикла для АЭС. Разработки в сфере сверхпроводимости используются в международном термоядерном реакторе ITER.

Научно-техническая деятельность ВНИИНМ в области материаловедения, технологий и обращения с ядерными материалами оборонного назначения и специальными неядерными материалами для атомной отрасли. А также разработки и метрологического обеспечения использования функциональных и конструкционных материалов и изделий из них для ядерных установок, тритиевых технологий и научного обеспечения создания производства сверхпроводящих материалов и разработки промышленных технологий их изготовления, функциональных наноматериалов для энергетики.

На территории ВНИИНМ осуществлялись работы по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов.

АО «ВНИИНМ» проводит научные изыскания и оказывает методическую поддержку, включая разработку технических и технологических решений, методик и регламентов по выводу из эксплуатации ядерных радиационно-опасных объектов, а также при обращении с РАО.

Таким образом, АО «ВНИИНМ» нацелен на будущее, разрабатывая решения, которые будут способствовать инновационному развитию атомной отрасли и созданию безопасного и эффективного энергетического пространства.

Нерадовский В.А., Грачев Е.К.

БЕЛОЯРСКАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: nera04@mail.ru*

Белоярская атомная электростанция имени И. В. Курчатова – первенец большой ядерной энергетики СССР. Объем вырабатываемой электроэнергии составляет 16 % от общего объема электроэнергии Свердловской энергосистемы.

Белоярская АЭС – российская атомная электростанция, расположенная в Свердловской области. Она является первой коммерческой АЭС в СССР, а так же первая ядерная электростанция большой мощности, и вторая в СССР промышленная АЭС. Получила мировую известность в связи успешной эксплуатацией энергетического реактора на быстрых нейтронах.

Станция сооружена в три очереди: первая очередь – энергоблоки № 1 и № 2 с реактором АМБ, вторая очередь – энергоблок № 3 с реактором БН-600, третья очередь – энергоблок №4 с реактором БН-800. После 17 и 22 лет эксплуатации энергоблоки № 1 и № 2 были остановлены соответственно, сейчас они находятся в режиме длительной консервации с выгруженным из реактора топливом.

В настоящее время на Белоярской атомной электростанции эксплуатируется два энергоблока. Это крупнейшие в мире энергоблоки с реакторами на быстрых нейтронах. По показателям надежности и безопасности реактор входит в число лучших ядерных реакторов мира. Актуальностью нашей темы является: изучение атомной энергетики и выявление проблем при выводе из эксплуатации.

В докладе автора на конференции будет более подробно представлена информация о АЭС.

*Панихин В.С., Башкирова А.П., Маркелова Д.В., Михалёв Р.Ю.,
Кикенина И.К., Грачева Д.К., Грачев Е.К.*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ
МАГНИТОВ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ,
ВЫШЕДШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ,
НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ NdFeB**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: panihinvlad007@mail.ru*

В настоящее время в мире происходит рост в потребности использования электронных приборов, основные элементы которых содержат магнитные сплавы. Особенной популярностью пользуются магниты на основе сплава NdFeB. Однако, не смотря на высокие магнитные характеристики, а также большой спрос на их использование, в мире отсутствует «рециклирование» данного сплава, т.е. переработка магнитов с возвращением им утраченных свойств в ходе использования и, как следствие, повторное использование продуктов на основе сплава NdFeB на рынке.

Для поиска не только эффективной, но и выгодной данной технологии в Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ была создана научная группа. В 2023 году ее участникам удалось добиться положительных результатов и создать из отработавших компонентов жестких дисков новые магниты с теми же магнитными характеристиками, что и у первоначальных продуктов. Для этого использовался метод «от магнита к магниту». Данный метод состоит из нескольких технологических процессов, не требующих высоких экономических затрат, а также обеспечивающий экологическую переработку отработавших магнитов.

В докладе автора на конференции будет более подробно представлен перечень данных процессов и условия их проведения.

Пименов С.Г.^{1,2}, Дружинин Р.И.^{1,2}, Теровская Т.С.¹, Софронов В.Л.²

ПЕРЕРАБОТКА АБСОРБЦИОННЫХ РАСТВОРОВ ФТОРИДНОГО ПРОИЗВОДСТВА УРАНА

*¹АО «Сибирский химический комбинат»,
636035, г. Северск, Томской обл., Курчатова 1,*

*²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sxk@atomsib.ru*

Одним из направлений развития сублиматного производства АО «СХК» является реализация программы «эко-конверсия», которая подразумевает исключение образования жидких радиоактивных отходов (ЖРО). В связи с этим возникает потребность в разработке технологии по переработке абсорбционных растворов, образующихся при получении гексафторида урана (ГФУ). В этом производстве технологический газ, после десублимации ГФУ и извлечения фторсодержащих веществ, проходит «мокрую» очистку в абсорбционной колонне. Получаемые абсорбционные растворы, содержащие остаточные количества урана и фторсодержащие ионы, направляют на участок переработки оборотов.

В работе предлагается переработать абсорбционные растворы с целью доизвлечения из него не только остатков урана, но и фтора с получением фторсодержащих продуктов, пригодных для использования в производстве ГФУ. При этом фтор-ионы, содержащиеся в абсорбционных растворах, следует связывать с оксидами урана, (октаоксидом триурана или диоксидом урана) с образованием уранилфторида и тетрафторида урана. Проведенные в лабораторных условиях исследования показали, что фтор-ион, содержащийся в абсорбционных растворах, эффективно поглощается на оксидах урана с образованием уранилфторида и тетрафторида урана. На основании результатов этих исследований предложена принципиальная технологическая схема обесфторивания абсорбционных растворов включающая 3 стадии: химическое связывание фтор-иона с оксидами урана, сушка полученного раствора и прокалка для удаления кристаллизационной влаги.

Экспериментально определили, что для связывания фтор-иона необходимо использование закиси-окиси урана, т.к. при этом снижаются эксплуатационные затраты. В результате работы также подобрали оптимальное соотношение реагентов с целью получения продуктов, пригодных для последующих технологических переделов.

Ревнивцев И.С., Лапкин А.А.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ ВВЭР-1000

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
347360, г. Волгодонск, Ростовской обл., ул. Ленина, д. 73/94
e-mail: ahk063@gmail.com*

Одним из требований при обеспечении ядерной безопасности в соответствии с действующими федеральными нормами и правилами (ФНП) является проведение подтверждающих измерений значений выгорания отработавших тепловыделяющих сборок (ТВС) с помощью установок.

В связи с этим на АЭС существует потребность в проведении расчетов выгорания отработавших тепловыделяющих сборок. Результаты неразрушающего анализа отработавших ТВС крайне необходимы также для верификации программы расчета выгорания и нуклидного состава отработавших ТВС. Однако возникает проблема оценки полученных расчётных и измеренных значений выгорания ядерного топлива, поскольку используются различные методы при проведении расчётов и измерений значений выгорания, а также их погрешностей.

Сравнительные значения выгорания по выборочным ТВС, полученные расчётным и измеренным методом, представлены в таблице 1. Всего выполнены измерения выгорания 67 ТВС. Таблица 1 – Измеренные и расчетные значения выгорания ядерного топлива

Расчетное выгорание, МВт×сут/кг	Измеренное выгорание, МВт×сут/кг	Погрешность измерений, %
53,98	56,80	5,0
52,99	55,12	3,9
46,66	47,53	1,8
46,66	47,37	1,5
47,16	48,71	3,2

Таким образом, погрешность расчёта выгорания не превышает пределы допускаемой относительной погрешности равной 10 %, обеспечивая выполнение требований ФНП. Данные результаты также могут быть использованы для системы учета и контроля ядерных материалов.

Резных Ю.А.

**ПОДХОДЫ К ДЕМОНТАЖУ ГРАФИТОВЫХ КЛАДОК ПРИ
ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ВАРИАНТУ
«ЛИКВИДАЦИЯ»**

*Волгодонской инженерно-технический институт,
347360, г. Волгодонск, Ростовской обл., ул. Ленина, 73/94
e-mail: justof@mail.ru*

При выводе из эксплуатации уран-графитовых реакторов (УГР) возникает проблема утилизации облученного графита, содержащего радионуклиды ^{14}C и ^{36}Cl с длительным периодом полураспада ($5,73 \cdot 10^3$ и $3,01 \cdot 10^5$ лет соответственно). Содержание ^{14}C в облученном графите (10^5 - 10^6 Бк/г) в 10^6 раз превышает его количество в природном углероде, что представляет серьезную проблему, учитывая, что в мире накоплено около 230-250 тыс. тонн такого графита. [1]

Все уран-графитовые реакторы, включая российские ПУГР, планируется вывести из эксплуатации путем «ликвидации». Для ПУГР предусмотрена возможность «захоронения на месте», однако практического опыта работ пока нет.

При демонтаже графитовой кладки необходимо минимизировать образование радиоактивных частиц и обеспечить безопасность работ, что усложняется наличием массивных металлических конструкций с высоким уровнем радиации (до 10 Зв/ч).

Последовательность подготовительных операций для доступа к графитовой кладке на ПУГРАДЭ-5 включает демонтаж верхних водных коммуникаций, обрезку труб в трактах технологических каналов над верхней биологической защитой. Создание проема в верхней защите и установку временной биологической защиты, демонтаж элементов трактов между графитовой кладкой и защитой, создание проема в азотном кожухе и удаление плит настила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №2679827, МПК G21C 19/00. Способ демонтажа графитовой кладки ядерного реактора/ А.Н. Бирюков, Ф.Е. Ермошин, С.Г. Котляревский, А.О. Павлюк, Е.С. Падерин, В.И. Семенихин, М.А. Туктаров, А.А. Шешин. - № 2018108943; заявл. 12. 03. 18; опуб. 13. 02. 19, Бюл. № 5. - 6 с.: ил.

Серебрянников А. А., Грачев Е. К.

ЛЕНИНГРАДСКАЯ АЭС. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СТАНЦИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: artemserebryannikov.jm@gmail.com*

Атомная энергетика играет большую роль и является актуальной в промышленности и в сфере градообразования по ряду причин: безопасность населения, эффективность его снабжения электроэнергией и развитие экономики региона. Последний показатель в свою очередь влияет не только на экономическую и социальную сферу области, но и в совокупности с другими характеристиками на бюджетирование всего государства.

Ленинградская атомная электростанция (ЛАЭС), расположенная в городе Сосновый Бор Ленинградской области, является одной из ключевых энергетических установок России. Станция была введена в эксплуатацию в 1973 году и изначально состояла из четырех энергоблоков, работающих на основе реакторов РБМК-1000. Основной задачей ЛАЭС является производство электроэнергии для обеспечения потребностей как регионального, так и федерального энергорынка, а также поддержание стабильности энергосистемы.

Географические особенности расположения ЛАЭС определяются ее близостью к значительным потребителям электроэнергии и наличием водных ресурсов, необходимых для охлаждения реакторов. Станция находится на побережье Финского залива, что обеспечивает ей доступ к воде для технологических процессов и позволяет эффективно использовать природные ресурсы данного региона.

Также, на Ленинградской станции происходит вывод из эксплуатации с 1-го по 4-й энергоблоков – это сложный и многоэтапный процесс, который требует тщательного планирования и соблюдения высоких стандартов безопасности. Этот процесс включает не только физическое отключение блока от сети, но и комплекс мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, мониторингу состояния окружающей среды и взаимодействию с местным населением. Все работы проводятся с соблюдением международных стандартов и рекомендаций МАГАТЭ.

Таким образом, Ленинградская АЭС представляет собой важный объект в системе энергетики России, который не только обеспечивает электроэнергией, но и активно участвует в процессе перехода к более безопасным и экологически чистым источникам энергии.

Скоц А.В., Грачев Е.К.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР
ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПУГР АД И АДЭ-1 НА ФГУП «ГХК»**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: alexskots@gmail.com*

В настоящее время вывод из эксплуатации на предприятии ФГУП «ГХК» производится согласно федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 20160-2020 годы и на период до 2035 года», основной задачей которой является Комплексное обеспечение ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации путем решения первоочередных проблем ядерного наследия. [1] В рамках программы завершается масштабный проект по выводу из эксплуатации двух промышленных уран-графитовых реакторов (ПУГР) АД и АДЭ-1.

Основным предприятием на территории ФГУП «ГХК», осуществляющим вывод из эксплуатации ПУГР АД И АДЭ-1 является производство по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов. [2]

Применяемая технология вывода из эксплуатации путем «захоронения на месте» была запатентована специалистами «ГХК» в 2010 г., за что комбинат получил множество наград как на международных, так и на всероссийских конкурсах и выставках. Эта технология предполагает создание необходимой инфраструктуры и поэтапное заполнение барьерным материалом как пространства и схем самого реактора, так и прилегающих внереакторных помещений.

Прогнозируемая доза облучения населения, проживающего в основании склона горы и занимающегося сельскохозяйственной деятельностью, не превысит 0,01 мЗв/год, что на порядок ниже установленных пределов (0,1 мЗв/год). [3]

ЛИТЕРАТУРА

1. Общие сведения // ФЦП ЯРБ-2 – Режим доступа: <https://фцп-ярб.рф/about/overview/>
2. Производство по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов // ФГУП «ГХК» Режим доступа: https://sibghk.ru/static-page/view?id_category=8&id=22
3. Горно-химический комбинат успешно выполняет программу по ликвидации ядерного наследия [Электронный ресурс] // ФЦП ЯРБ-2 – 2023. Режим доступа: <https://фцп-ярб.рф/society/news/g-kh-k-uspeshno-vypolnyaet-programmu-po-likvidatsii-yadernogo-naslediya/>

Смирнов А.Д., Будко Е.А.

ДЕЗАКТИВАЦИЯ ПАРОСЕПАРАТОРА РЕАКТОРА РБМК-1000 ЛАЭС-1

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: 2temik@inbox.ru*

При выводе из эксплуатации объектов ядерной энергетики важным аспектом является обеспечение радиационной безопасности и снижение загрязнений, связанных с работой оборудования. На основании РО подбирают наиболее выгодную технологию первичной дезактивации.

Дезактивация определяется как удаление загрязнения с поверхностей оборудования или помещений с помощью мытья, нагрева, химического или электрохимического воздействия, механической очистки или других методов.

Методы устранения радиоактивных загрязнений с использованием дезактивирующих средств варьируются в зависимости от типа обрабатываемых объектов, свойств материалов, из которых они изготовлены, условий выполнения дезактивации, доступности необходимых ресурсов и ряда других факторов.

Поскольку реакторная установка РБМК одноконтурная внутри паросепаратора находится радиоактивный пар, а также возможно образование радиоактивных отложений вследствие можно применить метод дезактивации перегретым паром используя 5% раствор азотной кислоты по всему объему паросепаратора, также этот метод позволяет сократить количество ЖРО. Для внешней поверхности возможно применение съемных полимерных покрытий, которые можно наносить на дезактивируемую поверхность в виде суспензий.

Проанализировав современные технологии и методы дезактивации, можно сделать вывод, что в настоящее время не существует способа, который бы полностью обеспечивал требуемый уровень изменения коэффициента первичной дезактивации, но есть методы позволяющие достичь допустимых значений.

Татарина С.А., Грачев Е.К.

СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail:sofya.tatarinova.04@gmail.com*

В нашей стране атомная промышленность появилась более 75 лет назад, моментально став одним из важнейших факторов ее развития. На сегодняшний день «Росатом» генерирует около 20 процентов электрической энергии в России. Атомные станции дают свет в миллионы домов, тысячи школ и сотни заводов. В настоящее время в Российской Федерации 11 действующих АЭС, на которых эксплуатируется 37 энергоблоков. Одним из них является Сибирский Химический Комбинат.

АО «Сибирский химический комбинат», входящий в состав Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», представляет собой уникальное и масштабное предприятие, история которого тесно переплетена с развитием советской, а затем и российской атомной промышленности. СХК не просто комбинат – это сложный технологический комплекс, объединяющий четыре специализированных завода, каждый из которых играет критическую роль в ядерном топливном цикле.

На территории Реакторного завода Сибирского химического комбината было основано первое специализированное предприятие АО «ОДЦ УГР», направленное на предоставление комплексных услуг по демонтажу ядерных и радиационно опасных объектов. Основными потребителями АО «ОДЦ УГР» являются организации, использующие уран-графитовые реакторы для промышленных и энергетических нужд, а также ядерные установки, связанные с ядерно-топливным циклом, хранилища радиоактивных отходов и другие объекты, которые представляют ядерную и радиационную опасность. Актуальностью нашей работы является: Развитие атомной энергетики в настоящее время

В докладе автора на конференции будет более подробно представлена информация о комбинате.

Ульман М.В., Карташов Е.Ю.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ОТКРЫТЫХ БАСЕЙНОВ ХРАНЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: clouseton7@gmail.com*

Открытые бассейны хранения отработанного ядерного топлива на АЭС являются ключевыми объектами инфраструктуры, требующими постоянного контроля и мониторинга, на который тратится много времени. В связи с этим, возрастает интерес к использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для проведения радиационного мониторинга открытых бассейнов хранения, которые позволяют сократить не только экономические затраты, но и время самого мониторинга, а также обеспечить безопасность персонала.

БПЛА осуществляет полет над бассейном хранения, сканируя поверхности с различной высоты, получая необходимые данные, отправляя их на пост оператора, где они проходят обработку данных.

Перед проведением мониторинга разрабатывается план полета БПЛА, который включает в себя маршрут полета, высоту, скорость и время полета.

После завершения полета данные с датчиков контроля БПЛА обрабатываются на наземной станции и далее идет обработка данных с помощью специализированного программного обеспечения. Всё это проходит в режиме текущего времени, и операторы быстро и оперативно получают требуемую информацию о состоянии радиационной обстановки не только над поверхностью хранилища, но и на разных высотах.

Яковьюк Е.О., Грачев Е.К.

**АНГАРСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЙ
ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: yakovuk.egor@yandex.ru*

АО «Ангарский электролизный химический комбинат» (АО «АЭХК») является одним из основных поставщиков ядерного топлива для питания АЭС России.

За всё время на АЭХК проводились множественные модернизации, но при этом оставалось оборудование или даже целые объекты, которые невозможно усовершенствовать. К концу срока службы их необходимо вывести из эксплуатации.

Вывод их эксплуатации - не быстрое и затратное дело. Оно включает в себя демонтаж оборудования, дезактивацию, захоронение РАО и рекультивацию. В настоящее время вывод из эксплуатации становится проблемой не только в России, но и за рубежом

В нашей работе мы изучили документацию по Ангарскому электролизному химическому комбинату, его структуру, историю и работы по выводу их эксплуатации и готовы предложить ее к ознакомлению.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Всероссийская научно-практическая конференция студентов,
аспирантов и молодых ученых*

16-20 декабря 2024г.

Материалы конференции

Научный редактор: профессор, доктор физико-математических наук
М.Д. Носков

Компьютерное макетирование и набор текста:
О.В. Толмосова

ISBN 978-5-93915-145-0



9 785939 151450 >