



65  
ЛЕТ

# «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,  
посвященная 65-летию Северского технологического института**

**13-17 мая 2024г.**

---

**Материалы конференции**

**Северск 2024**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Всероссийская научно-практическая конференция,  
посвящённая 65-летию Северского  
технологического института**

**13-17 мая 2024 г.**

---

Материалы конференции

УДК 621.039  
А 437

Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий: всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 65-летию Северского технологического института, 13-17 мая 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. – 134 с. – Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-143-6

Сборник включает материалы конференции «Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий». Приводятся научные и практические результаты исследований, связанных с проблемами развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации технологических процессов, социальные и экономические проблемы инновационного развития атомной отрасли, применения современных информационных технологий в атомной промышленности.

Для специалистов, работающих в атомной отрасли, а также студентов старших курсов и аспирантов соответствующих специальностей.

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

ISBN 978-5-93915-143-6

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2024

## **Уважаемые участники конференции!**

Конференция «Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий» проходила в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ и была посвящена 65-летию Северского технологического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Институт был образован по ходатайству предприятия п/я 153 (ныне Сибирский химический комбинат, АО «СХК») в целях приближения и расширения подготовки инженерных кадров и специалистов к объектам атомной промышленности. Практически с момента основания в институте стали проводиться научные работы в интересах развивающегося предприятия, и в 1969 был организован научно исследовательский сектор и открыта аспирантура. В настоящее время в институте выполняются исследования в интересах атомной отрасли. Основными заказчиками работ являются предприятия топливного (АО «ТВЭЛ») и горнорудного (АО «Атомредметзолото») и дивизионов Госкорпорации «Росатом».

В сборнике представлены материалы докладов конференции, посвящённые актуальным проблемам развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации технологических процессов, социальные и экономические проблемы инновационного развития атомной отрасли, применения современных информационных технологий в атомной промышленности. Надеемся, что 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

М.Д. Носков

**СО Д Е Р Ж А Н И Е**

<i>Секция Материалы и технологии атомного энергопромышленного комплекса</i> .....	15
<i>Болдышев Д.В., Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Илекис В.М., Буйновский А.С.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ЛИГАТУРЫ НЕОДИМ-КОБАЛЬТ .....	16
<i>Буйновский А.П., Жиганов А.Н., Буйновский А.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО СОСТАВА РЕАКЦИЙ ФТОРИРОВАНИЯ БИФТОРИДОМ АММОНИЯ И ЭЛЕМЕНТНЫМ ФТОРОМ КОНЦЕНТРАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЗЭ (МОНОЦИТА И СИТАЛЛОВ) .....	17
<i>Вартанов Е.И., Жиганов А.Н.</i> ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИКРОСФЕР .....	18
<i>Васильева О.В.</i> ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГИ НА АВТОМАТИЧЕСКОМ ТИТРАТОРЕ ФИШЕРА .....	19
<i>Гоман А.С., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА ИЗ ГФТА .....	20
<i>Грачева Д.К., Муслимова А.В., Грачев Е.К., Илекис В.М., Кикенина И.К., Якубова М.И.</i> ВЫДЕЛЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ .....	21
<i>Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Болдышев Д.В., Илекис В.М.</i> ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ВАКУУМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ИХ ВОДОРОДНОЙ ДЕКРЕПИТАЦИИ .....	22
<i>Зиновьева А.В.</i> ПОВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЕВОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА ИЗ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ТОПЛИВА .....	23
<i>Илекис В.М., Ушаков А.О., Муслимова А.В., Молоков П.Б., Грачева Д.К., Якубова М.И.</i> ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРИМЕСЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ ГАЗАХ .....	24

- Калинина А.И.* ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УРАНАТОВ АММОНИЯ ДО ОКСИДОВ ..... 25
- Кикенина И.К., Грачева Д.К., Якубова М.И., Илекис В.М., Грачев Е.К.* ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ НАВОДОРАЖИВАНИЯ И СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ПОРОШКОВ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ R-Fe-V ..... 26
- Кикенина И.К., Грачева Д.К., Якубова М.И., Илекис В.М., Грачев Е.К.* ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННЫХ ПОРОШКОВ ГИДРИДОВ МАГНИТНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ  $Nd_2Fe_{14}V$  СОВМЕСТНО С ГИДРИДАМИ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК ..... 27
- Клименко Ю.Д., Стасюк Е.С., Шелихова Е.А., Рогов А.С., Ушаков И.А.* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА РАДИОФАРМПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ИЗОТОПА ТЕХНЕЦИЙ-99М ..... 28
- Косинова А.В., Васильчук И.А., Муслимова А.В., Молоков П.Б.* ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ВОДНОЙ ФАЗЫ НА РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ ..... 29
- Кошельская А.С., Софронов В.Л.* ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДОРОДОМ ОКСИДОВ УРАНА ..... 30
- Кулигина Е.В., Богданова С.А.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СУЛЬФАТ-ИОНОВ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ МЕТОДОМ ТУРБИДИМЕТРИИ ..... 31
- Лебедкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.* СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ИК-СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОКСИАПАТИТА И МЕДЬ-МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА ..... 32
- Мальцева А.С., Циплакова А.А., Гузеева Т.И.* МОДИФИЦИРОВАНИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА СЕРЕБРОМ ..... 33
- Молчанова А.В., Анкипович Е.И., Ожерельев О.А.* ТУГАНСКИЙ РУТИЛ И ЦИРКОН ДЛЯ АО ТВЭЛ И ДРУГИХ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ..... 34

---

<i>Огнева А.А., Серякова Г.И., Богданова С.А.</i> ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ ДИОКСИДА СЕРЫ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ.....	35
<i>Павлюк К.В., Софронов В.Л., Житков С.А., Макасеев Ю.Н.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИДА ЛИТИЯ СУХИМ МЕТОДОМ.....	36
<i>Петрунина А.А., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.....	37
<i>Радько С.В., Агеева Л.Д.</i> ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЕБРА МЕТОДОМ ИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА.....	38
<i>Ренев В.О., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛИТИЯ.....	39
<i>Роскош Е.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ ЭКСТРАКЦИИ НИТРАТА ЦЕРИЯ (III) ТРИБУТИЛФОСФАТОМ .....	40
<i>Савран Л.Е., Назаров А.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВИВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА .....	41
<i>Селезнева О.К., Петрова А.В., Богданова С.А.</i> ТУРБОДИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ В ВОЗДУХЕ .....	42
<i>Сивина Д.А., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.</i> СИНТЕЗ ГИДРОКСИАПАТИТА МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ ..	43
<i>Силин В.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.</i> ОЧИСТКА ОТ ПРИМЕСЕЙ ХЛОРИДА ЛИТИЯ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ.....	44
<i>Сутурин С.Е.</i> ПОЛУЧЕНИЕ СМЕШАННОГО ОКСИДНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА МЕТОДОМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕССА .....	45
<i>Ткачук С.А., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н.</i> ВЫХОД ФТОРА ПО ТОКУ ПРИ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ .....	46

<i>Толмосова О.В., Муслимова А.В., Молоков П.Б.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ТРИФТОРИДЕ БОРА МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	47
<i>Ченцов Ф.А., Молоков П.Б.</i> УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИКАРБОНФТОРИДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АККУМУЛЯТОРОВ.....	48
<i>Чуркин А.А., Ткачук С.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛАМЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПРЕСОВАНИЯ С ПОДОГРЕВОМ .....	49
<i>Шайдуров Д.Е., Ключев П.А., Чуркин А.А., Макасеев Ю.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАННОГО АНОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА.....	50
<i>Широков А.В., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА КОКСА И ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ БЕЗ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖАЛЮЗИЙНОГО АНОДА .....	51
<i>Шнайдер Н.А., Агеева Л.Д., Радько С.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ПРОТЕИНАТА СЕРЕБРА НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ.....	52
<i>Шрайнер А.Э., Шамин В.И.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЛИТИЯ-7 ЭКСТРАКЦИОННЫМ СПОСОБОМ .....	53
<i>Якубова М.И., Молоков П.Б.</i> РАСЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ ICP-MS .....	54
<i>Kalinina A.I.</i> INSTALLATION FOR OBTAINING NUCLEAR-GRADE URANIUM DIOXIDE FROM AMMONIUM POLYURANATES .....	55
<i>Kikenina I.K., Grachev E.K., Kazantseva T.Yu.</i> STUDYING CONDITIONS OF CHEMICAL ETCHING AND THEIR INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF OBTAINED REM-BASED RECYCLED MAGNETIC ALLOY POWDERS.....	56
<i>Kuligina E.V., Bogdanova S.A., Kazantseva T.Yu.</i> COMPARING METHODS OF IMPURITY ANALYSIS IN NITROGEN TRIFLUORIDE AND TUNGSTEN HEXAFLUORIDE.....	57
<i>Molchanova A.V., Ankipovich E.I., Ozhereljev O.A., Kazantseva T.Yu.</i> TITANIUM AND ITS APPLICATION FOR MODERN INDUSTRIES IN RUSSIA .....	58

---

<i>Selezneva O.K., Petrova A.V., Bogdanova S.A., Kazantseva T.Yu.</i> ANALYTICAL REVIEW OF METHODS TO DETERMINE SULPHUR DIOXIDE IN AMBIENT AND WORKING ZONE AIR .....	59
<i>Silin V.A., Makaseev Y.N., Zhitkov S.A.</i> PURIFICATION OF LITHIUM CHLORIDE IMPURITIES BY THE METHOD OF ZONE RECRYSTALLIZATION .....	60
<i>Suturin S.E., Valeeva E.V.</i> PRODUCTION OF MIXED OXIDE NUCLEAR FUEL THROUGH THE SOL-GEL PROCESS .....	61
<i>Ulman M.V., Kartashov E.Yu., Kineva T.A.</i> DEVELOPMENT OF MEDICINE BASED ON NUCLEAR TECHNOLOGIES .....	62
<i>Vasilchuk I.A., Muslimova A.V., Shchipkova G.A.</i> SEPARATION OF RARE EARTH ELEMENTS OF THE LIGHT SUBGROUP USING DIFFERENT EXTRACTANTS .....	63
<i>Vasilyeva O.V.</i> WATER ANALYSIS ON AN AUTOMATIC COULOMETRIC FISCHER TITRATOR.....	64
<i>Vorobyova E.S., Kartashov E.Yu., Kineva T.A.</i> USE OF NUCLEAR TECHNOLOGY IN AGRICULTURE.....	65
<i>Секция Оборудование и автоматизация ядерно-химической технологии</i> .....	66
<i>Богушевич Н.В., Гоман А.В., Лохтина Л.Н.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРОТУШЕНИЕМ В СОСТАВЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В СРЕДЕ SIMINTECH .....	67
<i>Бондарев А.Е.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	68
<i>Васильев Д.Д.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	69
<i>Жиров Д.А.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	70
<i>Залевский И.А., Иванов К.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ СПОСОБА СБОРА РАДИОАКТИВНОГО ПОРОШКА .....	71

*Кульбака И.С., Иванов К.А., Михайлова Е.И.* РАЗРАБОТКА  
КОНЦЕПЦИИ ВИДЕОСТЕНЫ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ M5STACK72

*Леонович И.А., Иванов К.А.* РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА  
УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА В АНОДНОМ ГАЗЕ  
ПРОИЗВОДСТВА ГФУ ..... 73

*Плюсков Е.И., Колпаков К.И., Иванов К.А.* МОДЕЛЬ 8-РАЗРЯДНОЙ  
МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ..... 74

*Сапунов А.Р.* РАЗРАБОТКА ПРОГРАММИРУЕМОГО  
ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО  
ПРОТОТИПА ..... 75

*Троценко В.П., Иванов К.А., Иванов М.Л.* РАБОЧИЙ ПРОТОТИП  
СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКСИДОВ УРАНА ПО  
ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ ..... 76

*Ijinsky P.E., Kineva T.A.* AUTOMATED GAS POLLUTION  
ASSESSMENT SYSTEMS AT CHEMICAL PLANTS ..... 77

*Mikhailova E.I., Lyalin A.V., Shchipkova G.A.* NITROGEN DILUTION  
AND SUPPLY CONTROL SYSTEM ..... 78

*Sapunov A.R., Valeeva E.V.* THE COMPLEXITIES OF PURCHASING  
AND MANUFACTURING PROGRAMMABLE LOGIC  
CONTROLLERS ON THE EXAMPLE OF ROSATOM ..... 79

*Секция Моделирование и информатизация  
технологий и объектов атомной отрасли* ..... 80

*Бакилин Д.В., Иванов К.А.* КОНЦЕПЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ  
СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАДЁЖНОСТИ ЗАПАСА  
ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ ..... 81

*Березин А.А., Мелюшонок Н.С., Гуцул М.В., Истомин А.Д.,  
Носков М.Д., Сербин А.В., Чеглоков А.А.* МОБИЛЬНОЕ  
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА  
РАБОТЫ ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА ..... 82

*Боровиков В.О., Железнов И.С., Щипков А.А.* ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКА АСИНХРОННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ ..... 83

*Бугрина В.С., Иванов К.А., Стрельников С.М.*  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ..... 84

- Гладышев А.В., Солодов И.Н., Носков М.Д., Кеслер А.Г., Суворов А.В.* КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ ПРОЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА МЕТОДОМ СПВ НА СТАДИИ ДОРАБОТКИ БЛОКОВ ..... 85
- Гуцул М.В., Сакирко Г.К., Носков М.Д., Истомин А.Д., Чеглоков А.А.* ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ..... 86
- Ежуров Д.О., Лавров А.С., Носков М.Д.* МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ СОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ..... 87
- Ефремов А.А., Носков М.Д., Филипас А.А., Щипков А.А.* ВЫБОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ..... 88
- Жданова О.В.* ПРЕИМУЩЕСТВА МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ..... 89
- Колотихин Е.И., Ефремов А.А., Филипас А.А., Щипков А.А.* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ..... 90
- Курасова Ю.Д., Кадыров К.К., Староверов В.И., Лавров А.С., Поспелов И.В., Склад Л.А.* ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ..... 91
- Лобова А.С., Носков М.Д.* МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ..... 92
- Михалев А.В., Любарский А.В.* ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ КРИТЕРИЕВ РАННЕГО И ПОЗДНЕГО АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ..... 93
- Никитченко И.А., Воробьев Ю.Б., Аванов А.В.* ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СВАРНОГО ШВА КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР .....	94
<i>Савенко А.В., Иванов М.Л., Иванов К.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ВКР С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА... 95	95
<i>Сербин А.В., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сакирко Г.К., Чеглоков А.А.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	96
<i>Стрельников С.М., Иванов К.А., Бугрина В.С.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ CODESYS V3.5.....	97
<i>Сусакин В.А., Правосуд С.С., Якубов Я.О., Маслаков Д.С.</i> РАСШИРЕННАЯ МНОГОТОЧЕЧНАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ВВЭР-1200.....	98
<i>Якубов Я.О., Правосуд С.С., Сусакин В.А.</i> ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ДВУХТОЧЕЧНОЙ МОДЕЛИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЭР – 1200 .....	99
<i>Susakin V.A., Pravosud S.S., Kineva T.A.</i> MOLTEN SALT REACTOR KINETICS: AN OVERVIEW .....	100
<i>Zhdanova O.V.</i> SPECIFIC FEATURES OF REQUIREMENT MANAGEMENT TOOLS WHILE IMPLEMENTING LARGE-SCALE PROJECTS .....	101
<i>Секция Социальные и экономические проблемы инновационного развития атомной отрасли .....</i>	102
<i>Арендаренко Г.О., Вотякова И.В.</i> ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ В ГК РОСАТОМ.....	103
<i>Волчкова И.В., Вотякова И.В.</i> ИННОВАЦИИ И ЗАНЯТОСТЬ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ: ПЕРЕСМОТР РОЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА .....	104
<i>Волчкова И.В., Вотякова И.В.</i> ОБУЧЕНИЕ И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ БЫСТРО МЕНЯЮЩЕГОСЯ РЫНКА ТРУДА.....	105
<i>Гаман Л.А.</i> АКАДЕМИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	106

- Данилова М.Н., Уфимцева Е.В., Подопригора Ю.В.* ВОПРОСЫ ПРЕИМУЩЕСТВА РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МКД107
- Жабина А.М., Гаман Л.А.* ДЕЙСТВИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ НА ХИМКОМБИНАТЕ «МАЯК» И ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ..... 108
- Искужин Б.Э., Кирсанова Е.С.* О СЕПАРАТИЗМЕ КАК ПРОБЛЕМЕ В СОВРЕМЕННОМ МНОГОНАЦИОНАЛЬНОМ МИРЕ..... 109
- Кикенина И.К., Ретунская Т.Н.* ОСОБЕННОСТИ РЕЧЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ ИНТРОВЕРТИРОВАННОГО И ЭКСТРАВЕРТИРОВАННОГО ТИПОВ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ110
- Кирсанова Е.С.* ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ И ПЕРЕХОД НА НАЦИОНАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ..... 111
- Луценко А.В.* КЛЮЧЕВОЙ РЕСУРСНЫЙ ФАКТОР НАЧАЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ США В XIX ВЕКЕ ..... 112
- Колпаков К.И., Вотякова И.В.* КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАСЛИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫМИ КАДРАМИ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ КВАЛИФИКАЦИИ..... 113
- Огнева А.А., Ретунская Т.Н.* ИДЕНТИЧНОСТЬ КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ..... 114
- Огнева А.А., Воробьева Е.С., Якубова М.И.* ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА БОРА В РОССИИ ..... 115
- Ретунская Т.Н.* ПСИХОЛОГИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ЛИЧНОСТИ..... 116
- Подопригора Ю.В., Уфимцева Е.В., Данилова М.Н.* РАЗВИТИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ..... 117
- Сапунов А.Р., Ретунская Т.Н.* ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ СТУДЕНТОВ В СТИ НИЯУ МИФИ..... 118

---

<i>Сарапова С.Ю., Гаман Л.А.</i> УПРАВЛЕНИЕ ТАЛАНТАМИ КАК СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ОРГАНИЗАЦИИ .....	119
<i>Семенычева А.Н., Бурмистрова А.А., Вотякова И.В.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....	120
<i>Смирнова Т.Л.</i> ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ .....	121
<i>Смирнова Т.Л.</i> РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ .....	122
<i>Сусакин В.А., Луценко А.В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ УНИВЕРСИТЕТОВ ЦАРСКОЙ РОССИИ: ПАТРИОТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ .....	123
<i>Ульман М.В., Вотякова И.В.</i> ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ НА ЭКОНОМИКУ РФ .....	124
<i>Ульман М.В., Вотякова И.В.</i> РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ .....	125
<i>Уфимцева Е.В., Данилова М.Н., Подопригора Ю.В.</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕТА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ .....	126
<i>Якубов Я.О., Воробьева Е.С.</i> ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГК «РОСАТОМ». ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	127
<i>Якубова М.И., Воробьева Е.С., Огнева А.А.</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА .....	128
<i>Секция Проекты будущего</i> .....	129
<i>Волчков А.С., Волчкова И.В.</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАНЯТОСТИ В ЯДЕРНОЙ ОТРАСЛИ .....	130
<i>Истомина П.А.</i> ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЗАПОРОЖСКОЙ АЭС В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА .....	131

---

<i>Истомина П.А., Баранова С.А.</i> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПАРАМЕТРОМ МЕТОДОМ ОЦЕНКИ ФУНКЦИЙ .....	132
<i>Сабеев А.Д., Белоусов Р.Д., Борисов Д.А.</i> РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАДАРНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ARDUINO .....	133

*Секция  
Материалы и технологии атомного  
энергопромышленного комплекса*

---

*Болдышев Д.В., Зайцев Д.В., Грачев Е.К.,  
Илекис В.М., Буйновский А.С.*

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ЛИГАТУРЫ НЕОДИМ-КОБАЛЬТ**

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

Твердофазное легирование является одной из важнейших составляющих процесса рециклирования магнитных сплавов системы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ . Проведение данной операции – один из самых лучших способов позволяющих восстановить магнитные свойства. Для того чтобы наилучшим образом повлиять на материал требуется выбрать правильную легирующую добавку, которая будет наиболее эффективным образом улучшать/восстанавливать магнитные характеристики. А для этого нужно подобрать такой легирующий материал, который будет легко изготовить, будет экономически выгоден, а также будет наилучшим образом влиять на характеристики материала.

В рамках исследования процессов твердофазного легирования изучались два типа легирующих добавок, а именно многокомпонентный сплав (Nd, Pr, Dy, Tb) Fe-Co, а также сплав NdCo. В процессе исследования было выявлено, что сплав РЗМ-FeCo комплексно влияет на восстановление магнитных характеристик. Сам сплав был получен кальцетермическим восстановлением и имеет особую структуру, но при всех его положительных сторонах содержит Dy и Tb, что значительно увеличивает стоимость легирующего компонента.

Легирующий сплав NdCo помимо своей низкой стоимости имеет ряд преимуществ, положительно влияющих на создание требуемой микроструктуры магнитного сплава системы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и его свойств. А именно, содержание Co повышает температуру Кюри, а также увеличивает коррозионную стойкость магнитов за счёт появления в составе граничных фаз интерметаллического соединения. Однако, в ходе исследования было доказано, что без термической вакуумной обработки и проведения процесса травления легирующий сплав не подвергается водородной декрепитации (охрупчивание). Поэтому требуется исследовать данные процессы и подобрать их оптимальные параметры.

В докладе авторами будет представлено исследование лигатуры NdCo, технологии получения порошков гидридов из выбранной лигатуры и их свойств.

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

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОГО СОСТАВА РЕАКЦИЙ ФТОРИРОВАНИЯ БИФТОРИДОМ АММОНИЯ И ЭЛЕМЕНТНЫМ ФТОРОМ КОНЦЕНТРАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ РЗЭ (МОНОЦИТА И СИТАЛЛОВ)**

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

Расчет равновесного состава реакций фторирования ситалла и моноцита бифторидом аммония ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ ) играет важную роль в определении конечного состава реакционной смеси при достижении равновесия.

Процесс расчета равновесного состава начинается с определения химического состава реакционной смеси, за которым следует применение принципа равновесия Ле-Шателье для прогнозирования конечного состава при установлении равновесного состояния.

В начальной фазе реакции, перед достижением равновесия, концентрации реагентов высоки, а продуктов отсутствуют. Со временем, по мере продвижения реакции, концентрации реагентов уменьшаются, а продуктов увеличиваются в соответствии с коэффициентами стехиометрии реакции.

Используя начальные концентрации реагентов и применяя уравнение идеального газа, можно выразить парциальные давления как функции от концентраций. Эти значения затем подставляются в уравнение равновесия для определения конечных концентраций или парциальных давлений, что позволяет определить равновесный состав реакции.

Расчет материального и теплового баланса в данной работе выполнен с использованием модуля "Heat and Material Balance", а термодинамический анализ равновесного состава проведен с помощью модуля "Equilibrium Compositions" программы HSC Chemistry 7.193.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье // StudFiles URL: <https://studfile.net/preview/7155622/page:6/> (дата обращения: 01.03.2024).
2. Металлургические расчеты с использованием пакета прикладных программ HSC Chemistry : учеб. пособие / Н. Г. Агеев, С. С. Набойченко. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 124 с.

*Вартанов Е.И., Жиганов А.Н.*

## **ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКОЙ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИКРОСФЕР**

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

Выбор подходящей органической дисперсионной среды играет ключевую роль в процессе получения микросфер оксидов актинидов. Эта среда должна обладать определенными свойствами, такими как термическая, химическая и радиационная стойкость, а также обеспечивать безопасность относительно пожаров и взрывов. Различные органические и неорганические вещества используются в разных комбинациях для достижения требуемых характеристик. Например, для методов осаждения гелей применяются аммиак, производные целлюлозы и различные органические жидкости. Для улучшения процесса формирования микросфер часто используются поверхностно-активные вещества, такие как Span-80 и Etholen S-15. Однако, несмотря на некоторые достоинства, некоторые недостатки все еще остаются, такие как пожароопасность, токсичность и недостаточная радиационная устойчивость. Поэтому предлагается использовать перфторуглеродные жидкости, обладающие химической инертностью, термической стабильностью и другими необходимыми свойствами, для обеспечения эффективного и безопасного процесса получения микросфер оксидов актинидов.

*Васильева О.В.*

## **ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГИ НА АВТОМАТИЧЕСКОМ ТИТРАТОРЕ ФИШЕРА**

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

Анализ содержания влаги играет ключевую роль в различных сферах химического производства. Особенно важно проводить быстрый и точный анализ влагосодержания, когда требуется гарантировать высокое качество продукции и обеспечить высокую производительность.

Одним из самых селективных методов определения влаги является метод Карла Фишера, который основан на титровании влаги йодом в присутствии диоксида серы и представлен двумя типами: кулонометрическим и волюметрическим (объемным). Волюметрический метод анализа представляет собой классическое титрование, когда титрант, содержащий йод, добавляется из бюретки к титруемому раствору. В кулонометрическом методе йод вырабатывается благодаря реакции на аноде. Последний тип позволяет определить влагу в пределах от 0,01 мг до 200 мг и используется в основном для точного определения небольших количеств воды. Все работы проводились на кулонометрическом автоматическом титраторе Фишера модели «ПЭ-9210».

Автором работы были рассмотрены следующие этапы исследования точности определения влаги на титраторе Фишера:

- 1) обнаружение и исключение промахов по методу Граббса;
- 2) проверка на нормальность по составному критерию;
- 3) проверка на однородность дисперсий;
- 4) проверка гипотезы о равенстве дисперсий.

Полученные данные по определению влаги на титраторе Фишера будут использованы для разработки методики анализа на содержание влаги в трифториде бора.

*Гоман А.С., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА ИЗ ГФТА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: annaapina10@gmail.com*

Диоксид титана, применение которого настолько разнообразно, что варьируется от пищевой до тяжелой промышленности, является основным веществом в титановой отрасли. Однако большую часть необходимого диоксида титана Россия закупает за рубежом, что связано как с сырьевой базой, так и с низкими производственными показателями единственного действующего предприятия АФ ООО «Титановые инвестиции» в г. Армянск. Ильменитовый концентрат Иршанского ГОКа после событий 2014 года стал недоступен, альтернативный вариант поставки концентрата из Вьетнама и Мозамбика пытаются заменить концентратом из Амурской области. Одновременно ведутся работы по замене импортного оборудования на оборудование отечественного производителя в соответствии с инвестпроектом. Поэтому назрела необходимость в изменении логистики этого производства.

Существует множество способов получения диоксида титана, среди которых: сернокислотный, хлорный, фторидный, фтораммонийный «сухой» и «мокрый». На АО «СХК» ведутся работы по освоению инновационного «сухого» фтораммонийного способа переработки ильменитового концентрата, ориентированного на ильменитовый концентрат местного Туганского ГОКа Томской области «Ильменит».

В данной работе проведен сравнительный анализ двух вариантов конверсии гексафторотитаната аммония в диоксид титана: гидролиз водных растворов и пиролиз.

Оценивались следующие характеристики: расход воды, необходимой на производство диоксида титана; возможность регенерации и возврата фторирующего агента, что напрямую влияет на энергетические затраты, необходимые для получения диоксида титана и, соответственно, на рентабельность производства.

*Грачева Д.К., Муслимова А.В., Грачев Е.К.,  
Илекис В.М., Кикенина И.К., Якубова М.И.*

## **ВЫДЕЛЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: ptiza24@yandex.ru*

Научно-технический прогресс в современных условиях во многом связан с широким применением редкоземельных элементов (РЗЭ). В настоящее время в России из-за низких темпов добычи и производства редкоземельных металлов неodium и продукцию, сделанную на его основе, зачастую дешевле завести из-за границы, несмотря на их высокую стоимость. В этих условиях необходимо применять в качестве источника сырья для получения неodiumа и оксида неodiumа отходы от производства постоянных магнитов на основе системы NdFeB (так называемые «шлифотходы»), включающие в себя Nd  $\approx$  30%, Fe  $\approx$  68-70%, легирующие добавки (Tb, Dy, Co)  $\approx$  1-3%.

Научной группой СТИ НИЯУ МИФИ была предложена технология переработки шлифовальных отходов магнитного производства с целью выделения и разделения железа и РЗЭ.

По запатентованной авторами технологии проводилось измельчение шлифотходов, с последующим разделением элементов методом кристаллизации и предварительного растворения.

После проведения всех стадий переработки шлифовальных отходов, авторами удалось достичь разделения железа и суммы РЗЭ.

Особое внимание было уделено изучению процесса растворения с точки зрения термодинамики. Были получены графики зависимости энергии Гиббса от температуры. По полученным данным был сделан вывод, что процесс осуществим без дополнительного нагревания. При проведении экспериментов по растворению шлифотходов дополнительное нагревание не применялось.

В докладе авторами будут представлены более подробные результаты термодинамического расчета, экспериментов по кристаллизации и термогравиметрического анализа полученных продуктов.

*Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Болдышев Д.В., Илекис В.М.*

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ВАКУУМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ИХ ВОДОРОДНОЙ ДЕКРЕПИТАЦИИ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
email: dmitr.zaytsev@gmail.com*

Магнитные сплавы на основе системы Nd-Fe-B используются во многих сферах промышленного применения (различные устройства, такие как компьютеры, медицинское оборудование, моторы, генераторы), и их использование возрастает с каждым годом. В этом контексте перед магнитной промышленностью встает задача в появлении технологии рециклирования отработавших магнитных сплавов.

Экономически более выгодным методом рециклирования магнитных сплавов на основе системы Nd-Fe-B является метод «от магнита к магниту», в основе которого лежит процесс водородной декрепитации. Сущность данного метода заключается в непосредственном взаимодействии водорода с редкоземельными металлами, входящими в состав магнитных сплавов. В результате образуется порошок гидридов, который впоследствии подвергается операциям прессования, спекания, механической обработки и намагничиванию. Конечным же продуктом является готовый магнит с высокими магнитными свойствами.

Однако поверхность магнитных сплавов требует специфической обработки перед процессом водородной декрепитации. Одной из таких подготовительных операций к процессу водородной декрепитации является термическая обработка (термообработка). Благодаря термообработке магнитных сплавов можно добиться изменения структуры поверхности, отражающейся в появлении трещин на поверхности сплава, которые впоследствии будут являться активными центрами хемосорбции водорода на поверхности магнитов. Кроме того, термообработка позволяет удалить лишнюю влагу, находящуюся на поверхности магнитных сплавов, изменить их структуру, увеличить общий объем удельной поверхности отработавших магнитных сплавов.

*Зиновьева А.В.*

## **ПОВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЕВОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА ИЗ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ТОПЛИВА**

*АО «Сибирский химический комбинат»,  
636039, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1,  
e-mail: [sxk@rosatom.ru](mailto:sxk@rosatom.ru)*

Одним из видов сырья, которое перерабатывается до сырьевого гексафторида урана (СГФУ) на Сублиматном заводе АО «Сибирский химический комбинат», является регенерированное топливо (РТ), полученное при радиохимической переработке облученного ядерного топлива энергетических реакторов. Содержание радионуклидов в СГФУ, полученном из данного вида сырья, регламентируется нормативной документацией, поэтому в данной работе были проведены исследования по оценке распределения Pu, Np-237, Th-228 и Tc-99 по технологическим переделам получения сырьевого ГФУ.

В результате экспериментов по оценке распределения радионуклидов было определено, что в производстве оксидов урана на стадии осаждения полиураната аммония радионуклиды Pu, Np и Th осаждаются совместно с ураном, при этом большая часть Tc (~ 94%) остается в аммиачно-нитратном маточном растворе в виде соли пертехнетата аммония ( $\text{NH}_4\text{TcO}_4$ ).

В производстве ГФУ наблюдается концентрирование всех радионуклидов в пыли и огарках после пламенного реактора (ПР) и узла фильтрации технологического газа, состоящего из теплообменника и электрофильтров. Это объясняется физико-химическими свойствами соединений данных радионуклидов: летучие гексафториды Pu и Np взаимодействуют с непрореагировавшими частицами оксидов урана, образуя нелетучие тетрафториды; торий при фторировании в ПР сразу образует нелетучий тетрафторид и оседает на фильтрах; остаточное количество технеция начинает конденсироваться в пыли в виде непрореагировавших оксидов и, далее, в электрофильтрах в виде  $\text{TcO}_3\text{F}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кац Дж., Сиборг Г., Морсс Л. Химия актиноидов. В 3-х т. Т. 1.: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 525 с.
2. Химия долгоживущих осколочных элементов / Коллектив авторов под ред. А.В. Николаева. – М.:Атомиздат, 1970. – 328 с.

*Илекис В.М., Ушаков А.О., Муслимова А.В.,  
Молоков П.Б., Грачева Д.К., Якубова М.И.*

## **ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРИМЕСЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ ГАЗАХ**

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

Современные требования к полупроводникам постоянно растут и заключаются в уменьшении геометрии интегральных схем. Чтобы соответствовать требованиям, в производстве необходимо постоянно уменьшать содержание примесей в используемых газах. Такими представителями являются высокочистые фторсодержащие газы – гексафторид вольфрама (ГФВ) и трифторид бора (ТФБ). Поэтому необходим метод анализа по определению газов достаточной чистоты.

Исходя из этого, целью данной работы являлось исследование и разработка методов контроля примесей газовой ИК-спектроскопией высокочистых фторсодержащих газов (на уровне от 0,1-2 ppm до 1000 ppm), которые используются при создании электронных компонентов.

При промышленном получении данных газов в продуктах содержатся примеси. Для ГФВ основные примеси синтеза – HF, OF<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>F<sub>2n+2</sub>, SF<sub>6</sub>. Для ТФБ основными считаются – SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HF, H<sub>2</sub>O.

В данной работе рассмотрено использование ИК-спектроскопии для аналитического контроля примесей ТФБ и ГФВ. Данный метод легко встраивается в технологический процесс; есть возможность непрерывного анализа образца; возможность влиять на чувствительность и разрешение измерений, размерами кюветы.

Анализ спектров показал, что спектры большинства рассматриваемых газов не накладываются друг на друга. Исключение составляет наложение SO<sub>2</sub> и BF<sub>3</sub> (в области 1360 см<sup>-1</sup>), наложение спектров паров воды на спектр HF (от 3555 до 3955 см<sup>-1</sup>). Для учета возможных спектральных наложений при количественном определении рассматриваемых примесей предложено использование метода проекций на латентные структуры (PLS). Этот метод отличается достаточно высокой точностью, позволяет разрешить спектральные наложения и снизить погрешность определения.

В дальнейшем планируется исследование на рабочих образцах трифторида бора и гексафторида вольфрама.

*Калинина А.И.*

## **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ УРАНАТОВ АММОНИЯ ДО ОКСИДОВ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
email: doctorwho02@icloud.com*

Актуальность темы обусловлена желанием предугадать поведение полиуранатов аммония при получении окислов урана. Это позволит более грамотно подойти к производству и составлению технологической схемы.

Как правило осадки, образующиеся в ходе процесса по своему составу, преобладают содержанием тетраураната аммония, гидратированного пятью молекулами воды.

В данной работе рассматривается протекание возможных реакций и их термодинамический расчёт, а именно константы равновесия при температуре 400-1000 К на примере термического разложения пентагидрата тетраураната аммония. Использован приближённый энтропийный метод при вычислении изобарно-изотермического потенциала реакций.

Также описан механизм и стадии протекания разложения уранатов аммония в различных атмосферных средах, чтобы изучить влияние различных факторов. Механизм достаточно сложный, но чаще всего его рассматривают в виде простых реакций.

В непрерывных условиях стадии процесса будут следующие:



### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *А.Н. Жиганов, В.В. Гузеев, Г.Г. Андреев.* Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива. – 2002. – с.61-89

*Кикенина И.К., Грачева Д.К., Якубова М.И., Илекис В.М., Грачев Е.К.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ НАВОДОРАЖИВАНИЯ И СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ПОРОШКОВ ВТОРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ R-Fe-V**

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

При рециклировании магнитных материалов процесс химического травления может служить одним из этапов поверхностной очистки. Поверхность магнитных сплавов подвержена сильному окислению, коррозии и образованию железной окалины, что приводит к снижению магнитных характеристик сплава и препятствует получению порошка вторичных магнитных сплавов системы R-Fe-V методом водородной декрипитации.

Химическое травление магнитных сплавов системы  $Nd_2Fe_{14}V$  является гетерогенным процессом, в основе которого лежит взаимодействие кислот и различных фаз магнитного сплава с последующим выделением водорода. На различные фазы сплава системы  $Nd_2Fe_{14}V$  кислота действует по-разному. На фазы, обогащенные неодимом, оказывает выщелачивающее действие и богатые фазы частично растворяются в кислоте. На основную фазу кислота воздействует путем снятия оксидных слоев и адсорбированной влаги, а также проявляя разрушающее действие путем выделения атомарного водорода, выделяющегося некоторыми кислотами.

В результате процесса травления магнитных сплавов, с применением в качестве раствора травления водных растворов серной кислоты, выделяется, а затем поглощается некоторое количество водорода. Также происходит образование большого количества дефектов поверхности. В сплаве системы  $Nd_2Fe_{14}V$  данные дефекты возникают на поверхностных границах межзеренного пространства на границах фазы зерен  $Nd_2Fe_{14}V$  и фазами обогащенными редкоземельными металлами и играют положительную роль для дальнейших процессов, таких как водородная декрипитация.

В докладе авторами будут рассмотрены режимы процесса химического травления вторичных магнитных сплавов системы R-Fe-V и их зависимости влияния на степень наводораживания и свойства получаемых порошков вторичных магнитных сплавов.

*Кикенина И.К., Грачева Д.К., Якубова М.И., Илекис В.М., Грачев Е.К.*

**ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
СМЕШАННЫХ ПОРОШКОВ ГИДРИДОВ МАГНИТНОГО  
СПЛАВА СИСТЕМЫ  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  СОВМЕСТНО С ГИДРИДАМИ  
ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК**

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

Для оптимизации структуры границ зерен и повышения гистерезисных характеристик магнитов системы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  применяются методы легирования порошков гидридов магнитного сплава гидридами легирующих добавок. Легирующая добавка  $\text{NdCo}$  в виде гидридов, добавляемая на этапе тонкого измельчения, способствует повышению температуры Кюри и приводит к росту коэрцитивной силы спеченных магнитов без существенного снижения остаточной намагниченности. Такое явление происходит за счет процессов зернограничной диффузии, которые позволяют оптимизировать структуру магнитного сплава, путем уменьшения числа дефектов структуры и создания изолирующих прослоек на границах зерен.

С помощью деривативной термогравиметрии можно исследовать фазовые превращения, сопровождающиеся термическими эффектами при повышении температуры в ходе химической реакции. При нагревании гидриды легирующих добавок образуют мелкодисперсные частицы, которые диффундируют в основную фазу порошков гидридов магнитного сплава. Совместная термогравиметрия порошков гидридов магнитных сплавов и гидридов легирующих добавок позволяет определить температуру начала десорбции водорода и количество выделяющейся при данной реакции энергии.

Так как основной магнитный сплав системы  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  поглотил 0,46 % мас. водорода и легирующие добавки поглощают водород в размере от 1,2 до 1,6 % мас., то при десорбции водорода во время процесса спекания происходит увеличенное энерговыделение, которое позволяет быстрее перевести легирующую добавку в расплавленное состояние. Поэтому, требуется определить температуру начала десорбции и энергию, которая выделяется при десорбции водорода.

Клименко Ю.Д.<sup>1</sup>, Стасюк Е.С.<sup>2</sup>, Шелихова Е.А.<sup>2</sup>, Рогов А.С.<sup>2</sup>,  
Ушаков И.А.<sup>2</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА РАДИОФАРМПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ИЗОТОПА ТЕХНЕЦИЙ-99М

<sup>1</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,

<sup>2</sup>Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30,  
e-mail: yuliaklim1207@mail.ru

Широкое использование <sup>99m</sup>Tc в диагностической ядерной медицине способствовало разработке ингибиторов ПСМА с <sup>99m</sup>Tc. Простат-специфический мембранный антиген (ПСМА) обладает небольшими размерами, что способствует лучшему проникновению в опухоль, что обеспечивает визуализацию рака предстательной железы и его метастазов методом ОФЭКТ и быстрому выведению из организма. А в связи с тем, что в России отсутствует официально зарегистрированный радиофармпрепарат на основе ПСМА, меченного технецием-99м, разработка методики синтеза данного РФП является очень актуальной задачей.

В результате синтеза данного РФП, могут образовываться радиохимические примеси, такие как не восстановленный и не вступивший реакцию комплексообразования пертехнетат натрия ( $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ ) и гидролизованный восстановленный технеций-99м (ГВТ).

Поэтому после синтеза РФП проводили контроль качества, определяя радиохимическую чистоту препарата PSMA-NYNIC-<sup>99m</sup>Tc методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинах силикагеля и с помощью сканера получали радиохроматограммы исследуемых образцов.

В ходе проведения исследования подбирались оптимальные условия синтеза РФП, в зависимости от температуры и времени инкубации, для получения связанного комплекса PSMA-NYNIC-<sup>99m</sup>Tc с радиохимической чистотой более 95,0 %.

В результате проведенных исследований разработана методика, которая позволяет с применением подобранных хроматографических сред сделать точную оценку содержания в полученном РФП радиохимических примесей не восстановленного <sup>99m</sup>Tc(VII) и гидролизованного оксида <sup>99m</sup>TcO<sub>2</sub>, методом тонкослойной хроматографии.

*Косинова А.В., Васильчук И.А., Муслимова А.В., Молоков П.Б.*

## **ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ ВОДНОЙ ФАЗЫ НА РАЗДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: arina.kosinova01@mail.ru*

Редкоземельные металлы - группа из 17 элементов, включающая лантан, скандий, иттрий и лантаноиды. Они совместно встречаются в минералах и имеют сходные химические свойства.

Экстракционное разделение РЗЭ трибутилфосфатом осложнено зависимостью коэффициента распределения редкоземельных элементов от его порядкового номера, от концентрации, от состава и кислотности водной фазы [1].

Поскольку в качестве экстрагента для разделения РЗЭ выбран ТБФ, недостатком экстракции с которым являются низкие значения коэффициентов распределения и разделения, приходится ограничиваться кислотностью водных азотнокислых растворов.

С ростом концентрации азотной кислоты коэффициенты распределения возрастают, а коэффициент разделения падает, поэтому с точки зрения разделения лучше всего работать в области малых концентраций азотной кислоты [2].

В рамках научно-исследовательской работы поставлены 2 серии экспериментов: в первой серии - кислотность ТБФ постоянна и равна 0,1 моль/л, во второй - кислотность ТБФ непостоянна и равна кислотности водных фаз: 0,1 - 0,5 моль/л соответственно. По полученным данным рассчитаны основные параметры экстракции: коэффициенты распределения и разделения, а также построена их зависимость от кислотности ТБФ.

В докладе будут представлены результаты проведенных экспериментов и предложены рекомендации по пробоподготовке и подбору условий экстракции.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ягодин Г.А., Каган С.З., Тарасов В.В. Основы жидкостной экстракции. – М.: Химия, 1981. – 400 с.
2. Николотова З.И., Карташова Н.А. Справочник по экстракции. Т.1. – М.: Атомиздат, 1976. – 600 с.

*Кошельская А.С., Софронов В.Л.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДОРОДОМ ОКСИДОВ УРАНА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: bvp8eebk@gmail.com*

Оксиды урана имеют важное значение в технологии производства ядерного горючего, они так же являются промежуточными продуктами при производстве других соединений урана, главным образом, фторидов урана.

Гексафторид урана – важный сырьевой ресурс для атомной промышленности, его применение связано непосредственно с разделением изотопов урана.

Получение гексафторида урана происходит в вертикальных проточных пламенных реакторах путем прямого фторирования октаоксида триурана элементарным фтором. Фтор получают среднетемпературным электролизом расплава смеси фторида калия и безводного фторида водорода –  $KF:nHF$ .

Ключевым достоинством данного процесса является высокая производительность, однако с увеличением стоимости фтора возникает проблема высоких экономических затрат, связанных с его применением. В связи с этим необходимы методы замены и снижения себестоимости фтора или снижения объемов его потребления. Одним из методов решения данной проблемы является предварительное восстановление октаоксида триурана водородом.

В связи с этим изучение механизмов и кинетики восстановления октаоксида триурана является актуальной и перспективной задачей настоящего времени.

Исследование восстановления октаоксида триурана водородом проводили в токе газовой смеси  $H_2/Ar$ . Использование инертного газа в течение всего процесса позволило вытеснять из печи газы или осколки веществ, удаляемые из образца для снижения погрешности получаемых данных.

В результате данного метода взаимодействия октаоксида триурана с водородом происходит достаточно полное восстановление, содержание четырехвалентного урана в соединении увеличивается с 30 до 80...90%, что позволяет переходить к дальнейшему гидрофторированию получаемых оксидов.

*Кулигина Е.В., Богданова С.А.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СУЛЬФАТ-ИОНОВ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ МЕТОДОМ ТУРБИДИМЕТРИИ**

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

Современная электронная промышленность использует более 15 органических и неорганических фторсодержащих газов высокой степени чистоты. Основная область применения данных газов - производство высокочистых полупроводниковых материалов [1].

В настоящее время в России не существует методик анализа на требуемую чистоту фторсодержащих газов. Таким образом, данное направление исследований является перспективным и актуальным.

Определение сульфатов турбидиметрическим методом основано на измерении интенсивности помутнения растворов, содержащих сульфаты, при добавлении хлорида бария в кислой среде [2]. Если концентрация сульфат-ионов в растворе относительно низкая, то сульфат бария, образовавшийся после добавления хлорида бария, не выпадает в осадок, а остается в виде тонкой взвеси, вызывая мутность раствора. Для стабилизации суспензии  $BaSO_4$  в реакционную смесь вводят этиленгликоль или глицерин, а для понижения растворимости сульфата бария - этиловый или изопропиловый спирт. Оптическую плотность растворов измеряют в диапазоне 400 – 450 нм.

Метод измерения сульфат-ионов во фторсодержащих газах предполагает выполнение следующих операций:

- отбор пробы газа и регистрация объемного расхода газа при отборе пробы;
- перевод в растворимое состояние путем пропускания газа через поглотительный прибор;
- измерение массы сульфатов в аликвоте поглотительного раствора турбидиметрическим методом;
- вычисление массы и объемной доли сульфатов в отобранной пробе газа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2206499 С1 РФ, МПК В01D 53/02, В01D 53/04, В01J 20/18. Способ очистки газообразного трифторида азота: № 2002105042/12: заявл. 26.02.2002: опубл. 20.06.2003 / С. М. Игумнов, В. П. Харитонов. – EDN BWXRIE.
2. SEMI C3.52-0200 Стандарт на гексафторид вольфрама качества 99,996%.

*Лебединкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ИК-СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОКСИАПАТИТА И МЕДЬ-МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА**

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

В настоящее время для реконструкции костных дефектов, связанных с болезнями опорно-двигательного аппарата и хирургического вмешательства, используется гидроксиапатит. Но в процессе заживления могут возникнуть инфекции, поэтому нужно использовать биоматериалы с антибактериальным свойством.

Структура гидроксиапатита (ГА) позволяет включать различные ионы, тем самым потенциально увеличивая его биосовместимость, биологическую активность, а также антимикробную активность. Для этого был выбран ион меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

Будучи необходимым минералом для здоровья человека, дефицит меди может вызвать анемию, нейродегенерацию и среди другие осложнений. Медь также играет решающую роль в костной системе. Он участвует в формировании коллагеновых волокон. Кроме того, исследования показывают, что дефицит меди может способствовать развитию хрупкости костей.

Анализ образцов проводился при помощи ИК-спектрометра. ИК-спектроскопия изучает взаимодействие инфракрасного излучения с веществом и позволяет точно определить структуру соединения и является качественным методом анализа.

Цель экспериментальной работы: исследование полученных образцов медь-модифицированного ГА с содержанием меди до 5 мол. % и ГА методом ИК- спектроскопии.

*Мальцева А.С., Циплакова А.А., Гузеева, Т.И.*

## **МОДИФИЦИРОВАНИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА СЕРЕБРОМ**

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

Актуальность модифицирования поверхности гидроксиапатита серебром определяется областью применения этого материала в качестве костнозамещающего материала при оперативном лечении костных дефектов как хронического, так и экстремального характера. Серебро, в данном случае играет роль антисептика и имеет большие преимущества перед обычными медикаментозными антисептиками, т.к. обладает широким спектром антибактериального действия и антимикробного действия [1].

Для модифицирования поверхности гидроксиапатита (ГА) были проведены эксперименты непосредственного восстановления серебра из растворов нитрата серебра на поверхности гидроксиапатита. Для этого пропитывали поверхность ГА нитратом серебра разной концентрации, затем последовательно обрабатывали порошок ГА растворами щелочи и аммиака, а далее раствором глюкозы при нагревании в диапазоне температур 60-70 °С.

При восстановлении серебра глюкозой происходит его восстановление в коллоидном состоянии, при этом частицы серебра имеют характерное для коллоидного состояния окрашивание от бежевого цвета до светло-коричневого в зависимости от концентрации исходного нитрата серебра. Визуально установлено, что коллоидное серебро равномерно распределено по поверхности ГА.

Для получения более точных характеристик необходимо проведение рентгенофазового, рентгенофлуоресцентного и электронномикроскопического анализа образцов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Петрицкая Е.Н, Рогаткин Д.А., Русанова Е.В.* Сравнительная характеристика антибактериального действия препаратов серебра и наносеребра in vitro. // Альманах клинической медицины. – 2016. – 2. – 44(2) – 221–226.
2. *Санников А.А.* Коллоидное серебро и бактерицидное действие добавок на его основе. // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» – 2022– 5(62) Т.3 – 704–711.

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

## **ТУГАНСКИЙ РУТИЛ И ЦИРКОН ДЛЯ АО ТВЭЛ И ДРУГИХ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

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

В настоящее время титан, цирконий и их соединения становятся всё более значимыми материалами для высокотехнологичных предприятий. Туганский ГОК «Ильменит» станет одним из главных поставщиков с большим запасом руды, из которой производятся необходимые сырьё.

АО «ТГОК «Ильменит» добывает и обогащает минеральные пески Туганского месторождения. Предприятие производит ильменитовый, рутиловый и циркониевый концентраты, кварцевый стекольный и фракционированный песок [1].

Для анализа качества и испытания выпускаемой продукции АО «ТГОК «Ильменит» производится аналитический контроль. По результатам аналитического контроля определяют качество полупродуктов и готовой продукции, ее соответствие установленным нормам.

На сегодняшний день большая часть титана и циркона поступает из-за рубежа, в связи с этим перспективным направлением решения проблемы импортозамещения является развитие Туганского ТГОК Ильменит, так как предприятие является единственным в России разрабатывающим месторождение ильменит-цирконовых песков. [2] Крупнейшими покупателями продукции комбината могут стать АО ТВЭЛ, Чепецкий механический завод, «ВСМПО-Ависма» и другие.

В докладе будут рассмотрены действующие технологические схемы производства титана и циркона, методики проведения минералогического анализа и аналитического контроля в рамках предприятия АО «ТГОК «Ильменит». Также в докладе будут представлены результаты месячной стажировки авторов на «ТГОК «Ильменит».

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Каталог продукции [Электронный ресурс] // АО «ТГОК» ИЛЬМЕНИТ»: официальный сайт. – URL: <https://ilmenite.ru> (дата обращения 20.04.2024);
2. Кабанов, А. А. Туганское месторождение - первенец промышленной разработки титаноциркониевых россыпей России / А. А. Кабанов, Н. Ю. Ахмадшин // Горный журнал. – 2021. – № 10. – С. 54-64. – EDN AYXRKE.

*Огнева А.А., Серякова Г.И., Богданова С.А.*

## **ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ ДИОКСИДА СЕРЫ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ГАЗАХ**

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

Степень чистоты фторсодержащих газов, таких как  $\text{NF}_3$ ,  $\text{WF}_6$ ,  $\text{BF}_3$  должна превышать 99-99,999% в зависимости от электронного газа. Такая чистота обусловлена их применением при создании микроэлектроники. Однако, получить газ максимальной чистоты очень сложно. После синтеза газа может оставаться небольшое количество примесей, одной из которых является диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ). Для определения содержания  $\text{SO}_2$  в различных газах используются такие методы, как: газоаналитический (использование газоанализаторов); хроматография (жидкостная и газовая); спектроскопия (инфракрасная или ультрафиолетовая-видимая); электрохимический, титриметрический.

Нами выбрана методика титриметрического определения, поскольку является наиболее экспрессной и не требует дополнительных приборов. Суть метода заключается в переводе диоксида серы в растворимое состояние путем пропускания анализируемого газа через поглотительный прибор и последующем измерении массы  $\text{SO}_2$  в аликвоте поглотительного раствора путем титрования раствором йода в присутствии крахмала.

Для оценки правильности методики проведен анализ водных растворов, содержащих  $\text{SO}_2$ . В качестве рабочего раствора использованы сульфит натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) и пиросульфит натрия ( $\text{Na}_2(\text{SO}_2\text{SO}_3)$ ) с концентрацией основного вещества 1000 мкг/дм<sup>3</sup>. Путем последовательного разбавления рабочего раствора были приготовлены стандартные с концентрацией 100, 50, 25, 20, 10, 5, 1 мкг/дм<sup>3</sup>. Наиболее сходимые и воспроизводимые результаты получены при анализе растворов, приготовленных из пиросульфита натрия.

*Павлюк К.В., Софронов В.Л., Житков С.А., Макашеев Ю.Н.*

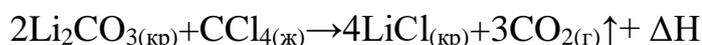
## **ПОЛУЧЕНИЕ ХЛОРИДА ЛИТИЯ СУХИМ МЕТОДОМ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: kostya\_pavlyuk\_2000@mail.ru*

На данный момент литий используется во многих сферах жизни человека; от производства фейерверков и химических реактивов до смазочных материалов и аккумуляторов телефонов, которые почти у каждого в кармане. Литий будет актуален ещё долгое время и потребность в нём только растёт.

В настоящее время промышленным методом получения лития является электролиз расплава эвтектической смеси солей LiCl – KCl. Безводную кристаллическую соль хлорида лития получают из солянокислых растворов путем упаривания и сушки в кипящем слое при температуре 600°C, что ведёт за собой большие затраты энергии.

В данной работе предлагается «сухой» способ получения безводного хлорида лития, используя реакцию карбоната лития с хлорирующим агентом – четыреххлористым углеродом.



Тепловой эффект экзотермической реакции хлорирования карбоната лития составляет  $\Delta H = -249$  кДж/моль [1].

В докладе приводится схема экспериментальной установки хлорирования, методика проведения эксперимента и результаты предварительных опытов.

Данная работа опиралась на способ безводного получения хлорида магния, патент РФ, по которому осушённый газ HCl пропускают через распылённый оксид магния [2].

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Равдель А.А, Понаморёва А.М. – “Краткий справочник физико-химических величин” – Санкт-Петербург “Иван Федеров” 2002.
2. Вусихис А.С, Леонтьев Л.И, Ситдииков Ф.Г – Патент RU2363657C2 “Способ безводного получения хлорида магния” 2009.

*Петрунина А.А., Чубенко Я.Б., Зеличенко Е.А., Гузеев В.В.*

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: alinapetrulina2002@gmail.com*

В настоящее время для различных отраслей промышленности, таких как химическая, пищевая, очистка промышленных сточных вод, медицина и другие, важно получение ионообменных материалов. Однако высокая стоимость и зависимость от импортного сырья являются существенными проблемами. Поэтому предлагается исследование возможности получения ионообменного материала из более доступного и возобновляемого сырья, например, целлюлозы.

Целлюлоза - природный полимер с тремя гидроксильными группами в элементарном звене. С помощью избирательного окисления гидроксильных групп целлюлоза может приобретать новые функциональные группы, получая свойства слабокислотного катионита. В работе подробно рассмотрены научные публикации, включая иностранные, о растворении целлюлозы. Определены необходимые характеристики для существующих ионообменных материалов согласно ГОСТ 20298-2022. Также выявлены перспективные растворители для дальнейших исследований по получению ионообменных материалов на основе целлюлозы, а именно: ортофосфорная кислота и хлорид цинка. Составлена принципиальная схема получения гранул целлюлозы. В эксперименте с ортофосфорной кислотой получены гранулы целлюлозы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Березин А.С., Тужиков О.И. Механизмы растворения целлюлозы в прямых водных растворителях (обзор) // Известия ВолГТУ, 2010. – №2. – С. 5-23.
2. Mohammad G., Tsianou M., Alexandridis P. Fundamental Understanding of Cellulose Dissolution Can Improve the Efficiency of Biomass Processing // Agri Res & Tech: Open Access J. – 2018. – Vol. 16. – I. 2. – P. 1-5.
3. Heinze T., Koschella A. Solvents applied in the field of cellulose chemistry: A mini review // Polimeros-ciencia E Tecnologia – Polimeros, 2005. - №15. – P. 84-90.

*Радько С. В., Агеева Л. Д.*

## **ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЕБРА МЕТОДОМ ИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА**

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

Метод инверсионной вольтамперометрии (ИВА) широко используется для определения следовых количеств тяжелых металлов в почве, водах, в различных биологических материалах, а также в фармацевтических объектах. Определению подлежат значительное число как неорганических, так и органических веществ. Среди преимуществ метода ИВА выделяют селективность, высокую чувствительность и воспроизводимость результатов измерений.

Серебро является важным микроэлементом в организме человека и животных. Оно содержится в тканях печени, почек, мозга. Ионы серебра участвуют в протекающих в организме обменных процессах. Недостаток серебра отрицательно сказывается на работе иммунной системы, приводит к развитию инфекционных заболеваний, к появлению усталости и ухудшению самочувствия. В качестве дополнительного источника серебра возможно применение коллоидного серебра, которое представляет собой биологически активную добавку. Коллоидное серебро способствует укреплению иммунитета, прекращению размножения бактерий и вирусов, нормализации протекание физиологических процессов в организме и сокращению содержащихся в организме токсичных веществ.

Данная работа посвящена изучению и отработке методики определения содержания серебра методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе СТА. В качестве объекта исследования выбран фармацевтический препарат, относящийся к категории БАДов – коллоидное серебро ФХК.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Будников Г. К. Основы современного электрохимического анализа/ Г.К. Будников, М. Р. Вяселев, В. Н. Майстренко. М.: Мир, 2003. – 592 с.
2. Брайнина Х. З. Инверсионная вольтамперометрия твердых фаз/ Х. З. Брайнина. М.: Химия, 1972. – 192 с.

*Ренев В.О., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.*

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛИТИЯ**

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

В двадцать первом веке литий приобрел огромное значение во многих сферах жизни человека. Он используется как в производстве литий-ионных аккумуляторов, так и термоядерной энергетике, в медицине и других областях. В связи с развитием технологий спрос на литий постоянно растёт, что делает актуальным повышение эффективности электролизеров для получения металла и улучшение его качества.

Основной метод промышленного получения чистого металлического лития - электролиз расплава эвтектического состава солей LiCl и KCl при температуре 400-430°C.

Рост производства металлического лития с одновременным снижением себестоимости невозможен без дальнейшего совершенствования конструкции электролизера и технологии производства. Разработка конструкции электролизера с автоматическим сбором металлического лития в процессе производства вместо ручного сбора позволит герметизировать электролизную ванну и предотвратить загрязнение электролита и металлического лития примесями, поступающими с потоком воздуха из цехового воздушного пространства. Образующийся хлор в процессе электролиза удаляется из-под крышки электролизера вытяжной вентиляцией и затем отправляется на абсорберы хлорсодержащих газов.

С целью разработки и испытания различных конструктивных решений была поставлена задача по изготовлению лабораторной электрохимической ячейки для получения металлического лития.

В данной работе будут рассмотрены этапы изготовления лабораторной установки, ее рабочие параметры, а также описание проведенного эксперимента.

*Роскош Е.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ ЭКСТРАКЦИИ НИТРАТА ЦЕРИЯ (III) ТРИБУТИЛФОСФАТОМ**

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

В настоящее время экстракционный метод прочно вошел в промышленную практику получения как концентратов, так и индивидуальных редкоземельных элементов. Сущность процесса основана на извлечении вещества из водной жидкой фазы в органическую.

Коэффициент распределения – основной параметр экстракционного процесса, определяющийся отношением концентрации экстрагирующегося вещества в органической фазе к концентрации вещества в водной фазе после того, как наступило равновесие [1]. Чем больше коэффициент распределения, тем выше экстракционная способность экстрагента, однако ее величина в общем случае зависит не только от свойств экстрагента, но и от многих других факторов: концентрации распределяющегося вещества в исходном водном растворе, наличия кислот и солей, природы разбавителя, состава экстрагируемого комплекса. Эта величина также связана с концентрационной константой равновесия, и для ее расчета требуется определение сольватного числа.

Для определения сольватного числа широко используется метод сдвига равновесия, основанный на определении сольватного числа как тангенс угла наклона зависимости коэффициента распределения от логарифма концентрации экстрагента [2]. Также данным методом можно определить и константу равновесия. Так как в справочниках нет информации о величине константы равновесия для некоторых условий, возникла необходимость получения этих значений для моделирования процесса экстракции.

В докладе будут более подробно представлены условия и результаты эксперимента.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Николотова З.И., Карташова Н.А.* Экстракция нейтральными органическими соединениями. – М.: Атомиздат, 1976. – 600 с.
2. *Золотов Ю. А.* Экстракция внутрикомплексных соединений. – М., 1968. – 295 с.

*Савран Л.Е., Назаров А.И.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО СИНТЕЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВИВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: glink17.hijabka@gmail.com*

Технология непрерывного синтеза – лучшая альтернатива обычной технологии синтеза в объёме, когда речь идёт о химии, требующей особых условий – высокого давления или температуры, или опасных компонентов. Вдобавок, этой технологии присущи такие достоинства, как более высокая скорость и низкая стоимость разработки техпроцесса, надёжность всех систем и стабильно высокое качество продукта.

Непрерывность данной технологии заключается в том что загрузка и выгрузка материала не требует выключения печи в следствии этого температура постоянна.

Такая технология используется в производстве лекарств и некоторых химических веществ. Использование её для повышения степени выгорания ядерного топлива является инновационным и только исследуется. Предполагается, что использование данной технологии поможет снизить стоимость электроэнергии и затраты на захоронение отработавшего ядерного топлива.

Благодаря данной технологии можно повысить плотность материала, что позволит заполнить мельчайшие поры в которые проникает газ. Это подразумевает, что из-за более высокой плотности таблетки увеличится её прочность и в следствии степени выгорания. В процессе данной технологии происходит два термоудара при загрузке и выгрузке. Термоудар - это явление, характеризующееся быстрым изменением температуры, которое приводит к кратковременной механической нагрузке на объект, что позволяет добиться большей гомогенности смеси.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Южно-сибирский научный вестник. Производство технологически равновесных оксидных функциональных материалов с повышенными электрофизическими параметрами. Л.М. Канцельсон, Б.М. Кербель ООО НПП “Технологика”, г. Ростов-на-Дону, 2013. – 12 с.

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

## **ТУРБОДИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ В ВОЗДУХЕ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: oliaselezneva60@gmail.com; petrovagell12@gmail.com*

Диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) выступает как один из основных загрязнителей атмосферного воздуха, который может оказывать вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых (ПДК) может приводить к существенному увеличению различных болезней дыхательных путей. Максимальная разовая ПДК  $\text{SO}_2$  в воздухе населенных мест составляет  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , а в воздухе рабочей зоны -  $10 \text{ мг/м}^3$ .

К источникам, играющим важную роль в загрязнении городского воздуха, относятся: небольшие котельные с низкими дымовыми трубами, малые местные промышленные предприятия, печные трубы жилых домов и двигатели автомобилей. Наиболее крупными источниками выбросов  $\text{SO}_2$  являются тепловые электростанции и металлургические предприятия. В целом таких источников в современном городе может насчитываться до нескольких тысяч.

В настоящее время для определения  $\text{SO}_2$  в воздухе применяют множество различных методов анализа, таких как спектрофотометрические, титриметрические, потенциометрические, хроматографические.

Цель данного исследования – провести турбодиметрическое определение диоксида серы в воздухе.

Турбидиметрический метод является простым и быстрым по методике определения. Метод основан на окислении  $\text{SO}_2$  в процессе его улавливания из воздуха поглотительным раствором с последующим турбидиметрическим определением осадка, образующегося при взаимодействии сульфат-ионов с хлоридом бария.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Акимов Владислав Сергеевич «Диоксид серы и основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы» // Научный журнал. 2017. №6-1 (19).*
2. *Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов/ Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019.–355 с.*

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

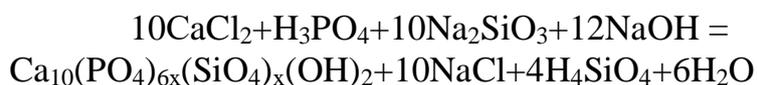
## СИНТЕЗ ГИДРОКСИАПАТИТА МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНИЕМ

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

Синтез кремний-замещенного гидроксиапатита (Si-ГА) - это активно исследуемая область в материаловедении и биомедицине. Условия синтеза кремний замещенного гидроксиапатита позволяет точно контролировать структуру и свойства материала, такие как размер и форма кристаллов, поверхностную химию и пористость, что определяет его эффективность в различных приложениях.

Кремний может увеличить устойчивость гидроксиапатита к деградации в кислотных условиях, что может быть важно для длительного пребывания материала в организме. В литературных источниках есть данные, что ионы кремния способны заместить ионы кальция и чаще фосфатные группы.

Опробован способ синтеза кремний замещенного гидроксиапатита по уравнению:



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

Полученные образцы исследовали на ИК спектрометре.

### 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 Елена Сергеевна. – М., 2011. – 23 с.
2. *Porter, A.E.* Comparison of in vivo dissolution processes in hydroxyapatite and silicon-substituted hydroxyapatite bioceramics / A. E. Porter, N. Patel, J. N. Skepper, S. M. Best, W. Bonfield // J. Biomater. – 2003. – Vol. 24. – P. 4609–4620.

*Силин В.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А.*

## **ОЧИСТКА ОТ ПРИМЕСЕЙ ХЛОРИДА ЛИТИЯ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

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

Литий – металл, который применяют в основном для производства литиевых ионных аккумуляторов и производства легких авиационных сплавов, а также в других областях промышленности. В производстве используется высокочистый литий, который получают электролизом из расплава хлоридных солей калия и лития. Недостатком хлорида лития является его высокая гигроскопичность. В связи с этим в расплав солей попадает продукт гидролиза хлорида лития – оксид лития. Оксид лития подвергается электролизу, как и хлорид лития. В процессе электролиза оксида лития на аноде выделяется кислород. Выделяющийся на аноде кислород реагирует разрушает анод. Для подготовки хлорида лития на НЗХК используется метод сорбционной очистки, сушки и прокаливания порошка. При этом часть влаги остается в хлориде лития.

Одним из эффективных методов очистки является зонная перекристаллизация - процесс затратный по времени, но достаточно эффективный. Поэтому в дальнейшей работе целесообразно создать простейшую установку зонной плавки и отработать режим перекристаллизации хлорида лития.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Вигдорович В.Н.* Совершенствование зонной перекристаллизации. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
2. Зонная плавка / Пфанн В. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Мир, 1970. – 366 с.

*Сутурин С.Е.*

## **ПОЛУЧЕНИЕ СМЕШАННОГО ОКСИДНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА МЕТОДОМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПРОЦЕССА**

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

В настоящее время существует несколько подходов к производству ядерного топлива, отличающихся основным образом методами изготовления ТВЭЛов (таблетирование и виброуплотнение) и методами приготовления делящегося материала. По общепринятой классификации эти методы делятся на порошковую технологию и методы получения микросферических частиц из водных растворов солей делящихся элементов. Основные преимущества гранулированного микросферического топлива включают:

- возможность автоматизированного дистанционного управления процессом приготовления рециркулируемого топлива;
- удобную форму материала на всех этапах технологического процесса по сравнению с порошками;
- сокращение радиоактивной пыли при производстве топлива за счет использования микросферических частиц;
- упрощенные операции контроля и более строгий учет делящегося материала;
- сокращение времени виброуплотнения благодаря сферической форме частиц.

Данное исследование сосредотачивается на процессе получения микросфер, содержащих оксидное топливо урана, с использованием метода внутреннего гелирования. Основные этапы процесса:

1. Добавление аммиачных доноров к урансодержащему водному раствору.
2. Диспергирование полученной смеси в виде капель в органическую жидкость.
3. Реакция гелеобразования при нагревании капель.
4. Образование твердых микросфер, содержащих уран, в течение нескольких секунд.
5. Отделение микросфер от органической жидкости.
6. Удаление не прореагировавших веществ и продуктов реакции гелирования водным раствором аммиака.

*Ткачук С.А., Софронов В.Л., Макашеев Ю.Н.*

## **ВЫХОД ФТОРА ПО ТОКУ ПРИ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ**

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

Одним из ключевых агентов в современной атомной промышленности является фтор, благодаря данному соединению получают гексафторид урана – основной продукт для создания ядерного топлива [1].

Помимо ядерной промышленности значительная часть свободного фтора идёт на получение различных фторсодержащих материалов (растворителей, лаков, ПАВ, инсектицидов, пестицидов и др.). Также фтор активно применяют при синтезе фторидов графита  $CF_n$  и других ценных элементов ( $WF_6$ ,  $NF_3$ ,  $SF_6$ ,  $CF_4$ ,  $XeF_6$ ).

В промышленных условиях фтор получают методом среднетемпературного электролиза (при температуре  $\sim 100$  °С) расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава  $KF \cdot 2HF$  фтороводородом до содержания 36-41 % мас. HF, при плотности тока на анодах порядка 0,2 А/см<sup>2</sup>.

Процесс среднетемпературного электролизного получения фтора достаточно хорошо изучен. Основными факторами, снижающими выход фтора по току являются: взаимодействие внутри электролизера анодного и катодного газов с образованием исходного продукта – фтороводорода; интенсивное перемешивание электролита, что может привести к частичному выносу фтора и водорода за пределы приэлектродного пространства; повышение анодной плотности тока, что приводит к наполнению приэлектродного слоя анодным газом и выходу газа за пределы, ограниченные колоколом [1,2].

Следовательно, выход фтора по току зависит в значительной степени от конструкции электролизера, от вида и концентрации примесей в электролите, а также гидродинамического и теплового режимов работы аппарата.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Галкин Н.П., Крутиков А.Б.* Технология фтора. – М.: Атомиздат, 1968. – 188 с.
2. *Беляев В.М.* Исследование процесса получения фтора электролизом системы  $KF-HF$  в электролизерах с принудительной циркуляцией электролита: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1974. – 190 с.

Толмосова О.В., Муслимова А.В., Молоков П.Б.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ТРИФТОРИДЕ БОРА МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: tolmosova.oksana03@gmail.com

Метод газовой хроматографии применяется для определения низких концентраций примесей летучих веществ. В данной работе исследовалась возможность разработки способа анализа чистого трифторида бора, а также определения метрологических характеристик в заданном диапазоне концентраций примесей от 2 до 10 ppm.

Исследуемые примеси: водород, кислород, аргон, азот, оксид углерода, метан, диоксид углерода.

В работе использовался отечественный хроматограф «Хроматэк-Кристалл 5000.2». В приборе установлены колонки с сорбентами на основании следующих материалов: предколонка Kel-F используется для анализа HF; HayeSep D (или аналог CR-Q) – для анализа CO<sub>2</sub>, и Са-А – для анализа всех остальных компонентов.

Для оценки показателя качества методики анализа определения трифторида бора, необходимо с помощью набора образцов для оценивания в условиях получения экспериментальных данных в одной лаборатории проанализировать полученные данные и рассчитать значение показателя точности анализа.

В качестве сравнения использовались два нормативных документа: РМГ 61-2010 ГСИ и ГОСТ Р 8.997-2021, показатели качества методики анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества методики анализа

Обозначение и наименование составляющей погрешности	ГОСТ Р 8.997-2021	РМГ 61-2010 ГСИ
Показатель сходимости (в форме наибольшего возможного значения среднеквадратического отклонения)	${}^bS_T$	$\sigma_{сх}$
Показатель сходимости (в форме границ случайной погрешности измерений)	$\pm \varepsilon_{сх}$	-
Показатель правильности (в форме границ неисключенной систематической погрешности измерений)	$\pm \theta_{МВИ}$	$\sigma(\Delta_c)$
Показатель правильности, (в форме границ симметричного относительно нуля интервала)	$\pm \theta_c$	$\pm \Delta_c$
Показатель точности (в форме границ погрешности измерений)	$\pm \delta$	$\sigma(\Delta)$

Ченцов Ф.А., Молоков П.Б.

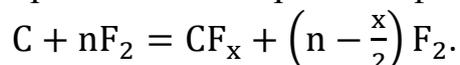
## УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИКАРБОНФТОРИДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АККУМУЛЯТОРОВ

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

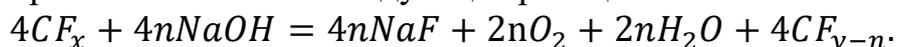
Энергия необходима в большинстве сфер жизни человека, и не всегда может быть легкодоступной. Так, улучшение характеристик аккумуляторов всегда будет являться актуальной проблемой.

На данном этапе решением этой проблемы могут являться химические источники тока с катодом из фторуглерода, к преимуществам аккумуляторов с данным типом катодов можно отнести высокую плотность энергии, пожаро- и взрывобезопасность, стабильность напряжения.

Поликарбонфторид (далее ПКФ) – монофторид углерода ( $CF$ ,  $CF_x$  или  $(CF)_n$ ), представляет собой высокогидрофобный микрокристаллический порошок, который получают в результате высокотемпературной реакции газообразного фтора с графитом:



Главной проблемой полученного продукта при использовании его в качестве катодного материала для аккумуляторов, является низкая электропроводность из-за сорбированного на поверхности фтора. Для решения данной проблемы, была проведена серия экспериментов по травлению поверхности частиц ПКФ гидроксидом натрия, при этом возможна следующая реакция:



В ходе эксперимента, порошок ПКФ смешивали с дистиллированной водой, этиловым спиртом и порошком гидроксида натрия. После тщательного перемешивания, полученную суспензию отправляли в автоклав CS-1000 производства компании REXO Engineering. По окончании времени эксперимента полученный продукт фильтруют, после чего сушат. Полученный в ходе эксперимента порошок ПКФ использовали для создания аккумуляторной ячейки. Проведенные испытания подтвердили улучшение вольтамперных при неизменном значении емкости.

В докладе будут подробно рассмотрены методы исследования порошка ПКФ и подобранные условия травления.

*Чуркин А.А., Ткачук С.А., Макаеев Ю.Н., Житков С.А.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛАМЕЛЕЙ МЕТОДОМ ПРЕСОВАНИЯ С ПОДОГРЕВОМ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: Lexxxa2000@bk.ru*

Одной из главных составляющих в производстве ядерного горючего является фтор, который позволяет проводить изотопное обогащение урана в форме летучего гексафторида. Именно поэтому перед сегодняшней промышленностью остро встает вопрос о его наиболее эффективном и экономически выгодном способе получения.

На данный момент получение элементарного фтора происходит при среднетемпературном электролизе, наиболее уязвимым местом которого являются электролизеры. Основная их проблема заключается в риске перенапряжения, в случае возникновения которого происходит разрушение анода. Данная проблема связана с конструктивными особенностями анода. Главными их недостатками являются: высокая открытая пористость, невысокая прочность и низкая устойчивость к перепадам токовых нагрузок. Используемая на данный момент технология спекания коксовых пластин технологически сложна, при этом из коксовой пластины удаляется 90% связки в процессах первой и второй пропитки. По этой причине не удастся снизить открытую пористость коксовой пластины ниже 20-25%.

Проблему высокой открытой пористости позволяет решить технология термоградиентного пиролиза углеводородов. Уплотнение заготовки анода пиролитическим углеродом происходит при разложении пропан-бутановой смеси на границе температурного поля 1000°C. В данном процессе используется подвижная зона пиролиза. Это позволяет послойно уплотнять образец и достичь максимального заполнения пироуглеродом по всему объему, тем самым создавая плотную беспористую структуру.

Заготовки анодных ламелей сложной формы предлагается получать методом прессования с подогревом. Данная технология позволит получить ламель любой необходимой формы, а также является наиболее простой и дешевой по сравнению с другими существующими на данный момент.

Целью данной работы является исследование влияния условий изготовления заготовки ламелей на прочностные и эксплуатационные характеристики образцов анодного материала.

*Шайдуров Д.Е., Ключев П.А., Чуркин А.А., Макаеев Ю.Н.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАННОГО АНОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА**

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

Целью исследования является изучение и изготовление профилированного анода для получения фтора. В настоящее время основным методом получения фтора в промышленности является электрохимический метод, который используется для производства гексафторида урана. Ядерная энергетика развивается, а вместе с ней растет потребность в производстве фтора. В связи с этим увеличение производительности электролизеров фтора является актуальной задачей.

Опыт эксплуатации среднетемпературных электролизеров СТЭ показал, что одними из основных причин, влияющих на технологические показатели их работы, являются форма и качество сборки анодов. Форму плоских угольных анодов и, соответственно, их рабочую поверхность можно увеличить путем фрезерования поверхности анодов и создания продольных каналов. Такие аноды называются профилированными [1].

У профилированного анода за счет профиля также снижается газонаполнение электролита и тем самым уменьшается сопротивление электролита. Помимо увеличения рабочей поверхности электрода при этом облегчается отвод газа и циркуляция электролита через каналы для газожидкостной смеси.

В рамках проведенных исследований был изготовлен опытный образец коксового анода в форме пластины. На одной грани анода путем фрезерования сделаны каналы под углом  $45^\circ$ . Другая грань плоская. Далее была изготовлена анодно-катодная пара с возможностью вращения анода вокруг своей оси для получения сравнительной оценки вольтамперных характеристик анода с плоской и фрезерованной гранью.

В результате предварительных исследований и визуальному наблюдению эксперимента было установлено, что такая конструкция профилированного анода позволяет отводить фтор с поверхности анода в одну сторону, не позволяя ему скапливаться по всей поверхности.

*Широков А.В., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА КОКСА И ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ БЕЗ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖАЛЮЗИЙНОГО АНОДА**

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

Исследование направлено на разработку технологии измельчения кокса для производства жалюзийных анодов. В настоящее время широко используется электрохимический способ получения фтора, который затем используется для производства гексафторида урана. Учитывая значимость ядерной энергетики в современном мире, возрастает потребность в производстве фтора. Существующие пластинчатые аноды имеют несколько недостатков, таких как высокая пористость, недостаточная прочность и низкая устойчивость к токовым нагрузкам, что сокращает срок службы анодов. Применение жалюзийных анодов с нужными свойствами может значительно снизить себестоимость производства фтора.

В рамках исследования проводились испытания измельчения природного кокса - сначала в ступке, затем в планетарной мельнице. Путем подбора оптимального режима измельчения, включая выбор соответствующего количества угля в стакане, определенное количество и размеры шаров, и число оборотов мельницы, достигалась необходимая фракционная составляющая порошка (-100 мкм) с желаемым соотношением крупной и мелкой фракций (70/30 или 80/20). Анализ фракционного состава порошка после измельчения проводился с использованием лазерного измерительного прибора «Анализет 22». Результаты анализа представлены в виде графиков, отражающих гранулометрический состав порошка. Основная цель исследования заключается в обеспечении оптимальной плотной упаковки материала, где мелкие частицы заполняют промежутки между крупными.

Полученные в ходе исследования данные представляют практическую ценность для оптимизации процесса помола и формирования плотной упаковки материала. Это поможет обеспечить необходимые характеристики порошка в рамках промышленного производства, что сделает процесс более эффективным и устойчивым к колебаниям в производстве.

*Шнайдер Н.А., Агеева Л.Д., Радько С.В.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА  
НА ОСНОВЕ ПРОТЕИНАТА СЕРЕБРА  
НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ  
МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ**

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

В химическом производстве важными критериями при выборе метода анализа являются экспрессность и точность. Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям электрохимические методы анализа – методы качественного и количественного определения веществ в различных агрегатных состояниях, основанные на явлении электролиза.

Особый интерес в данной категории представляет метод инверсионной вольтамперометрии, позволяющий концентрировать определяемое вещество на электроде при постоянном потенциале и затем растворять при заданной скорости изменения потенциала.

Способ используется в различных областях химии, однако применяется в настоящее время главным образом для анализа лекарственных средств в фармакологии и тяжелых металлов в различных экосистемах.

Протеинат серебра, более известный под названием «Протаргол», характеризуется как эффективное средство с высокой антибактериальной активностью и противовоспалительным действием. Протаргол был выбран в качестве исследуемого вещества ввиду его доступности и высокой степени использования в период иммунодефицита.

Данная работа посвящена изучению метода инверсионной вольтамперометрии путем исследования распространенного дезинфицирующего средства, протеината серебра, а также выбору параметров трассы и обработке результатов качественного и количественного анализов препарата с использованием различных методик пробоподготовки.

*Шрайнер А.Э., Шамин В.И.*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЛИТИЯ-7 ЭКСТРАКЦИОННЫМ СПОСОБОМ**

*АО «Сибирский химический комбинат»,  
636039, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1,  
e-mail: Sxk@rosatom.ru*

Изотопы лития-7 находят широкое применение в ядерной энергетике. Соединения лития, обогащённые по данному изотопу, используются в реакторах PWR для поддержания водно-химического режима. Кроме того, литий-7 является одним из компонентов теплоносителя в высокотемпературных жидкосолевых реакторах.

В связи с планами ГК «Росатом» по созданию исследовательского жидкосолевого реактора на базе ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат» к 2031 году возникает потребность в существенных объемах изотопа лития-7.

На данный момент в мировой практике единственной промышленной технологией обогащения лития-7 является ртутно-амальгамная. Однако данный способ имеет ряд недостатков: значительные потери ртути в процессе обогащения, отрицательное воздействие на экологию и высокое энергопотребление. Кроме того, в 2013 г. в Японии была принята «Минаматская конвенция по ртути». Решение конвенции предполагает сокращение импорта и экспорта ртутьсодержащих продуктов и государственные ограничения отраслей промышленности. Минаматская конвенция регулирует использование ртути и предусматривает поэтапный отказ от данного токсичного вещества. Россия подписала конвенцию в 2014 г., однако ратификация решений конвенции в РФ откладывается, поскольку пока нет технологий в некоторых отраслях промышленности, позволяющих исключить ртуть, как полупродукт или реагент.

Одним из наиболее перспективных методов, способных заменить ртутно-амальгамный, выделяют экстракционный метод, основанный на селективности краун-эфиров по отношению к ионам металлов.

Для создания экстракционной технологии обогащения лития-7 потребуется решить широкий спектр задач: определение состава компонентов экстракционной системы, разработка технологической схемы процесса экстракции, а также поиск оптимальных параметров.

*Якубова М.И., Молоков П.Б.*

## **РАСЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ ICP-MS**

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

Неопределенность измерений – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий разброс значений, которые можно обоснованно приписать измеряемой величине.

Понятие «неопределенность» активно закрепилось в зарубежных аккредитованных испытательных и калибровочных лабораториях, в связи с тем, что неопределенность измерений представляет собой международное признание результатов испытаний и калибровок лабораторий. Методы оценивания неопределенности разделяют по типу А, то есть путем статистического анализа рядов наблюдений, и по типу В, где неопределенности оценивается иным способом.

В данной работе проводится расчет неопределенности стандартных растворов по типу В для градуировки прибора ICP-MS. Серия градуировочных растворов готовилась из стандартных растворов разбавлением в несколько стадий.

Неопределенность градуировочных растворов складывается из нескольких составляющих: неопределенность объема аликвоты, неопределенность объема колбы и неопределенность исходной концентрации стандартных растворов. Исходная концентрация имеет неопределенность, значение которой представлено в паспорте стандартного образца. Неопределенность объема аликвоты складывается из температуры, погрешности и минимальной цены деления шкалы градуированной пипетки (ГОСТ 29227-91). Неопределенность объема колбы складывается из температуры и погрешности мерной колбы (ГОСТ 1770-74).

Таким образом, зная все составляющие неопределенности, находим суммарную неопределенность растворов. По результатам расчета был составлен бюджет неопределенности, включающий данные о каждой входной величине и ее вкладе в результат измерения и неопределенность.

В результате была подобрана оптимальная методика приготовления градуировочных растворов, которая позволила минимизировать расход реагентов, а полученные растворы обладали приемлемым значением неопределенности.

*Kalinina A.I.*

## **INSTALLATION FOR OBTAINING NUCLEAR-GRADE URANIUM DIOXIDE FROM AMMONIUM POLYURANATES**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
email: doctorwho02@icloud.com*

This paper discusses the process of obtaining uranium dioxide from ammonium polyuranates in industry. The aim of the work is to study oxide nuclear fuel, its production in the ADU production plant, as well as the development and improvement of the technological scheme.

Currently, the method of obtaining uranium oxides from ammonium polyuranate is one of the key processes worldwide for obtaining uranium oxides, including uranium dioxide. The latter serves as an intermediate raw material in the production of various types of nuclear fuel. The characteristics of the main uranium oxides ( $\text{UO}_2$ ,  $\text{UO}_3$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ ) have been described here.

The characteristics of main types of fuel have been provided. After comparing their advantages and disadvantages and providing corresponding arguments, oxide fuel was chosen for study.

The production of this type of nuclear fuel in manufacturing has been also briefly touched. As a result of describing the methods of obtaining high-purity uranium oxides from various uranium compounds, the most promising method, consisting of two main stages, the ADU process, was chosen. The first stage involves obtaining ammonium polyuranate, which is precipitated from nitrate solutions (drying, calcination, and reduction). The second stage involves the formation of uranium oxide. At this point, uranium is reduced from ammonium polyuranate.

Based on the assignment given by the instructor, a technological scheme for obtaining uranium dioxide from ammonium polyuranate has been developed.

### REFERENCES

1. *A.N. Zhiganov, V.V. Guzeev, G.G. Andreev.* Technology of uranium dioxide for ceramic nuclear fuel. – 2002. – p.61-89

*Kikenina I.K., Grachev E.K., Kazantseva T.Yu.*

**STUDYNG CONDITIONS OF CHEMICAL ETCHING AND THEIR  
INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF OBTAINED REM-BASED  
RECYCLED MAGNETIC ALLOY POWDERS**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPHI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: irinakikenina@gmail.com*

With the growing demand for rare-earth metals (REM), there arises the need to recycle spent magnetic alloys of the R-Fe-B system returning valuable alloy components. Surface cleaning processes, which include chemical etching, are important in obtaining high-quality magnets from recycled materials. Using this process, the surface is cleaned of scale, oils, traces of corrosion and oxides, which prevent further processing and reduce magnetic properties.

In the process of chemical etching of recycled magnetic alloys, the nanometer-diameter pores are formed on the alloy surface. This phenomenon is explained by the leaching acid effect on rare-earth metals in the metallic phase on the surface. It favourably affects the properties of the powders obtained from these materials.

Chemical etching of recycled magnetic alloys applying dibasic sulfuric acid as etching solution is followed by a high release of atomic hydrogen and contributes to its higher absorption by the alloy, as well as more surface defects formation than etching applying monobasic acids. The formation of hydride phase at the chemical etching stage has a beneficial effect on the properties of the powders obtained from these materials and the quality of the hydride dispersion process.

In the current report, the authors will consider the main principles concerning the effect of chemical etching modes of spent magnetic alloys of the R-Fe-B system under various conditions and its influence on the properties of the obtained alloy powders.

*Kuligina E.V., Bogdanova S.A., Kazantseva T.Yu.*

## **COMPARING METHODS OF IMPURITY ANALYSIS IN NITROGEN TRIFLUORIDE AND TUNGSTEN HEXAFLUORIDE**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: elizavetakuligina671@gmail.ru*

Fluorinated gases are significant in the modern electronics industry, particularly, in production of semiconductors and development of microelectronic devices. The most demanded inorganic gases in the microelectronic industry of the Russian Federation are nitrogen trifluoride (NF<sub>3</sub>) and tungsten hexafluoride (WF<sub>6</sub>). The main requirement of these gases is high product purity.

Nitrogen trifluoride is toxic gas, odorless and colourless, sustains combustion and shows oxidation behavior. Its specification is quality of 99.98 %. And it contains such impurities as CO<sub>2</sub>, CO, CF<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, Ar, O<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, hydrolyzable fluorides and HF. According to the requirements adopted by the International Gas Committee as SEMI-standards, the maximum permissible amount of impurities should not exceed 162 ppm.

Tungsten hexafluoride is colourless, odourless gas or clear liquid. Its specification is quality of 99.996%. It contains such impurities as O<sub>2</sub> and Ar, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>, HF, SiF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, CO. Also in WF<sub>6</sub> the metal content Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Th, U, Zn should be controlled. The maximum permissible amount of impurities should not exceed 31 ppm.

The aim of this work is to review the methods for the analysis of the studied impurities and to choose the most effective one. Based on the SEMI-standard, gas chromatography and mass spectrometry should be used to analyse gas and metallic impurities respectively.

### REFERENCE

1. Bogdanova S.A. et al. Analiticheskij kontrol' ftorsoderzhashchih gazov [Analytical control of fluorinated gases] / S.A. Bogdanova, V.M. Ilekis, Ya.B. Chubenko, P.B. Molokov, A.V. Muslimova, A.O. Ushakov // International Scientific and Practical Journal "Science and education in the modern world: Challenges of the 21st century". Chemical Sciences, Astana. – 2023. – pp. 31-36.

*Molchanova A.V., Ankipovich E.I., Ozhereljev O.A., Kazantseva T.Yu.*

## **TITANIUM AND ITS APPLICATION FOR MODERN INDUSTRIES IN RUSSIA**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: alya.molchanova.01@mail.ru,  
ankipovichekaterina@mail.ru*

According to the strategy for the development of the mineral resource base until 2035, titanium is one of the main types of strategic mineral raw materials. Therefore, by 2026, in Russia the consumption of titanium and its dioxide in the chemical industry is expected to increase by 100%, in the oil and gas industry, shipbuilding and non-ferrous metallurgy - by 70% in each field, in nuclear power - by 50%, and in medical applications - by 300%.

Approximately 67 titanium minerals are known, the most significant of which being rutile -  $\text{TiO}_2$  and ilmenite -  $\text{FeTiO}_3$ . The titanium market consists of two parts - production of metallic titanium and of titanium dioxide.

Metallic titanium is consumed mainly in aviation, shipbuilding and missile industries. It is used to produce construction materials for nuclear power engineering, pipelines and products operating in aggressive environments and at high temperatures. The titanium dioxide market is about three times larger and consists mainly of the paint and varnish industry.

In Russia, the largest deposits of the main raw material to produce titanium, namely, titanomagnetite ores, belong to Tugansk Mining and Processing Combine "Ilmenite" [2]. The possibility of applying ilmenite or rutile concentrate to launch supplementary import-substituting production facilities using the plant products in the processing cycle will be considered in the report.

### REFERENCES

1. *Kabanov, A. A.* Tuganskoe mestorozhdenie - pervenec promyshlennoj razrabotki titanocirkonievyyh rossypej Rossii / A. A. Kabanov, N. Yu. Ahmadshchin // Gornyy zhurnal. – 2021. – № 10. – P. 54-64. – EDN AYXRKE.
2. *Epifanov, K. Yu.* Proizvodstvo cirkonovogo koncentrata na TGOK Il'menit / K. Yu. Epifanov, A. N. Mokina, O. A. Ozherel'ev // Innovacii v atomnoj otrasli: problemy i resheniya : Otraselevaya nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyyh, posvyashchennaya 80-letiyu NIYaU MIFI, Seversk, 12–16 dekabrya 2022. – Seversk: Nacional'nyj issledovatel'skiy yadernyy universitet "MIFI", 2022. – P. 21. – EDN USTNVW.

*Selezneva O.K., Petrova A.V., Bogdanova S.A., Kazantseva T.Yu.*

## **ANALYTICAL REVIEW OF METHODS TO DETERMINE SULPHUR DIOXIDE IN AMBIENT AND WORKING ZONE AIR**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: oliaselezneva60@gmail.com, petrovagell12@gmail.com*

Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) can have harmful effects on human health and the environment being one of the principal air pollutants. Exposure of sulphur dioxide in higher maximum permissible concentrations (MPC) can significantly increase various respiratory diseases. The highest one-time MPC of SO<sub>2</sub> in the air of populated areas is 0,5 mg/m<sup>3</sup>, and in the air of the working zone is 10 mg/m<sup>3</sup>.

Sources such as small boiler stations with low-emitting chimneys, small plants in the local industry, and residential building chimneys as well as automobile engines are of considerable importance in urban ambient air pollution. The largest emitters of SO<sub>2</sub> are thermal power plants and metallurgical enterprises. In general, there may be several thousands of the sources in a modern city.

Currently, spectrophotometric, chromatographic, titrimetric and potentiometric methods of analysis are used to determine SO<sub>2</sub> in ambient and working zone air.

The purpose of the research is to study physical and chemical principles of the methods, to carry out a comparative analysis, and to choose the most optimal technique to measure mass concentrations of sulfur dioxide in ambient and working zone air.

The literature data analysis has revealed that the turbidimetric method is the most rapid and simplest. This method is based on oxidation of SO<sub>2</sub> during its capture from the air by absorbing solution followed by a turbidimetric determination of the precipitate formed from the reaction between sulfate ions and barium chloride.

### REFERENCES

1. Akimov V. S. Dioksid sery i osnovnye istochniki zagryazneniya atmosfery dioksidom sery // Nauchnyj zhurnal. – 2017. – №6-1 (19). – 46.
2. Kaverina N.V., Prozhorina T.I. et al. Metody ekologicheskikh issledovaniy: uchebnoe posobie dlya vuzov, Voronezh: Izd-vo "Nauchnaya kniga". – 2019. – 355 p.

---

*Silin V.A., Makaseev Y.N., Zhitkov S.A.*

## **PURIFICATION OF LITHIUM CHLORIDE IMPURITIES BY THE METHOD OF ZONE RECRYSTALLIZATION**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPHI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,  
e-mail: vlad-silin-2015@mail.ru*

Lithium is a metal that is mainly used for the production of lithium ion batteries and the production of light aircraft alloys, as well as in other industries. High-purity lithium is used in production, which is obtained by electrolysis from a melt of potassium and lithium chloride salts. The disadvantage of lithium chloride is its high hygroscopicity. In this regard, the product of lithium chloride hydrolysis, lithium oxide, enters the molten salts. Lithium oxide undergoes electrolysis, as does lithium chloride. During the electrolysis of lithium oxide, oxygen is released at the anode. The oxygen released on the anode reacts and destroys the anode. The method of sorption purification, drying and calcination of the powder is used to prepare lithium chloride at NCCP. At the same time, some of the moisture remains in lithium chloride.

One of the most effective cleaning methods is zone recrystallization - a time-consuming process, but quite effective. Therefore, in further work it is advisable to create a simple zone melting unit and work out the recrystallization mode of lithium chloride.

*Suturin S.E., Valeeva E.V.*

## **PRODUCTION OF MIXED OXIDE NUCLEAR FUEL THROUGH THE SOL-GEL PROCESS**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPHI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,  
e-mail: suturin.sergey@mail.ru*

Currently, there are several approaches to nuclear fuel production, primarily differing in methods of manufacturing fuel elements (tableting and vibration compaction) and methods of preparing fissile material. According to the generally accepted classification, these methods are divided into powder technology and methods of obtaining microspherical particles from aqueous solutions of fissile element salts. The main advantages of granulated microspherical fuel include:

- possibility of automated remote control process of preparing recyclable fuel;
- convenient material shape at all stages of the technological process compared to powders;
- reduction of radioactive dust during the fuel production by using microspherical particles;
- simplified control operations and stricter accounting of fissile material;
- reduction of vibration compaction time due to the spherical shape of the particles.

This study focuses on the process of obtaining microspheres containing uranium oxide fuel using the internal gelation method. The main stages of the process are as follows:

1. Addition of ammonia donors to a uranium-containing aqueous solution.
2. Dispersion of the resulting mixture in the form of droplets into an organic liquid.
3. Gel formation reaction under heating the droplets.
4. Formation of solid microspheres containing uranium within a few seconds.
5. Separation of microspheres from the organic liquid.
6. Removal of unreacted substances and reaction products by washing with an aqueous ammonia solution.

This research is being carried out nowadays.

---

*Ulman M.V., Kartashov E.Yu., Kineva T.A.*

## **DEVELOPMENT OF MEDICINE BASED ON NUCLEAR TECHNOLOGIES**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,  
e-mail: clouseton7@gmail.com*

Nowadays, issues of increasing morbidity and mortality from neoplasms, cardiovascular pathologies and their late detection are urgent for the Russian Federation as well as the lag in the development and equipping of medical institutions with nuclear medicine technologies. Cancer is the second leading cause of death in the world, and the incidence rate is constantly growing. A unique diagnosis helps to quickly solve this problem, and this requires equipment that could quickly and most safely for human health detect cancer in the early stages of its development.

The study is devoted to the development of the nuclear industry in medicine. The history of the creation and use of nuclear technologies in medicine since the 1930s is outlined. Information about the most significant devices of our time is presented.

Particular attention is paid to nuclear medicine technologies which are primarily aimed at improving the situation in the field of diagnosis and treatment of cancer.

Nuclear physics has given us chemical elements that do not exist in nature, including heavy elements with a mass exceeding uranium. Some isotopes of these elements have found application in nuclear medicine: they are used as sources of neutrons for irradiating tumors and for diagnosing diseases. Such elements are incredibly difficult to obtain, and therefore they are expensive and rare.

It is concluded that at present the Russian Federation differs significantly from developed countries in terms of equipment for radiological diagnostics and treatment. Thus, the problems of nuclear medicine dictate the need to create a developed infrastructure for the diagnosis and treatment of diseases using modern technologies, as well as the development of new educational programs to train doctors, medical physicists and radiochemists in this field.

*Vasilchuk I.A., Muslimova A.V., Shchipkova G.A.*

## **SEPARATION OF RARE EARTH ELEMENTS OF THE LIGHT SUBGROUP USING DIFFERENT EXTRACTANTS**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,  
e-mail: ira.vasilchuk.002@mail.ru*

Strategic elements, such as rare earth elements, play a crucial role in industry, especially in the production of high-tech materials. The world's largest industries are heavily dependent on rare earth materials. Every year there are innovations in industries such as modern technology, green energy or communication technology that require more strategic metals.

The following types of extraction can be used to extract metals from the aqueous to the organic phase: cation-exchange, anion-exchange and extraction with neutral reagents. The most frequently used neutral extractant is tributyl phosphate ( $C_4H_9O)_3P=O$  (TBP).

The neutral extractant consumes less acid and base due to being a neutral target metal complex. The selectivity of TBP is lower than that of acidic extractant. Also for this extractant, the acidity of the aqueous phase has a significant effect on the solubility of the extractants, inhibiting their dissociation. At limited concentration, REEs are extracted by TBP worse than nitric acid.



Due to the fact that the extraction process is influenced by a large number of factors, experiments should be conducted for each new extraction step to establish the extent of this influence.

*Vasilyeva O.V.*

## **WATER ANALYSIS ON AN AUTOMATIC COULOMETRIC FISCHER TITRATOR**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: sokolova.27052002@gmail.com*

Some fluorinated gases, such as nitrogen trifluoride, boron trifluoride, tungsten hexafluoride and others, are actively used in the microelectronic industry. In the manufacture of semiconductor devices, the degree of purity of the gases used is of great importance. The most common pollutant is water, which affects the physical properties of the gases used and the development of corrosion processes in the materials in which the gas is located. The following methods are usually used to measure the humidity of a gas:

1) the absorption method. The method is based on the absorption of moisture from a gaseous medium by a hygroscopic body and a change in its physical and chemical properties;

2) the method for determining the dew point. This method consists in finding the temperature at which the water vapor reaches the saturation line and remains in equilibrium with the liquid;

3) the psychometric method based on the dependence of the intensity of evaporation of moisture into the surrounding gas medium on the humidity of this medium;

4) the Karl Fischer method, which allows accurate determination of moisture in liquid and gaseous media. The method is based on the titration of moisture with iodine in the presence of sulfur dioxide. There are two types: coulometric and volumetric. The Carl Fischer coulometric method is selective for water and provides high accuracy in determining moisture in the range from 0.01 mg to 200 mg.

The author of this work has carried out the commissioning of a new automatic coulometric titrator model "PE-9210" and its verification in accordance with the manufacturer's recommendations. After the final adjustment of the device, experiments were conducted to determine moisture in steam-saturated air using the bubble method, and an assessment of the quality indicators of the analysis methodology using the method of varying the weight was determined.

The results obtained on the Fischer coulometric titrator will be used to develop a methodology for determining moisture in the gaseous medium of boron trifluoride.

*Vorobyova E.S., Kartashov E.Yu., Kineva T.A.*

## **USE OF NUCLEAR TECHNOLOGY IN AGRICULTURE**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPHI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: evorobeva572@gmail.com*

Nuclear engineering is not limited to power generation; its numerous applications span a wide range of fields benefiting a variety of industries. The use of nuclear technology in agriculture turns out to be very important. The work gives a comprehensive account of how nuclear radiation affects crop yields and helps develop animal husbandry.

Methods that improve plant breeding and crop production, resulting in increased yields and resistance to pests and diseases are considered. The study also offers a solution on how to improve food safety by reducing the number of harmful microorganisms and extending shelf life.

These methods are based on exposure to radioactive isotopes that decay and release ionizing radiation that affects animal and plant cells.

It is concluded that the use of radioactive isotopes has made it possible to solve some problems closely related to agriculture. Nuclear technology has resulted in developing more productive plants, reducing the population of insect pests and breeding a sustainable generation of livestock.

As a result, with the help of nuclear technology it was possible to develop more productive plants, reduce the population of insect pests and breed a sustainable generation of livestock.

*Секция  
Оборудование и автоматизация ядерно-химической  
технологии*

---

*Богушевич Н.В., Гоман А.В., Лохтина Л.Н.*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРОТУШЕНИЕМ В СОСТАВЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В СРЕДЕ SIMINTECH**

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

Эксплуатация станций пожаротушения нормируется технологическими требованиями к режимам работы оборудования системы водоснабжения.

Для насосных станций пожаротушения одной из актуальных проблем является длительный простой электрооборудования. Например, пуск электродвигателя насоса с заклинившим валом может привести к отключению автомата защиты. А это чревато полным отказом системы пожаротушения. Чтобы этого избежать разработана схема кратковременного запуска электронасосов по таймеру и специальная схема управления, включающая в себя схему плавного пуска и схему прямого пуска.

Схема плавного пуска предназначена для обеспечения плавного запуска электродвигателя и снижения пусковых токов, с целью предотвращения отключения автомата защиты.

Схема прямого пуска используется в том случае, если по какой-либо причине не сработает схема плавного пуска.

При разработке модели системы пожаротушения рассматривались несколько конфигурации с различным количеством насосов.

В результате НИР разработан алгоритм управления насосами с использованием частотных преобразователей, выполнена компьютерная динамическая модель в среде SimInTech, позволяющая определить влияние различных параметров на работу системы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *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.
2. *Клюев А.С.* Автоматическое регулирование / А.С. Клюев. – Москва: Высшая школа, 2008. – 351с. - Текст: непосредственный.
3. *Фарзани Н.Г.* Технологические измерения и приборы / Н.Г. Франзе. - Москва: Высшая школа, 2010. – 456 с. - Текст: непосредственный.

*Бондарев А.Е.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: bondarevandrej413@gmail.com*

Альтернативные источники энергии, такие как ветроэнергетическая установка (ВЭУ) начинают набирать популярность, так как в первую очередь они возобновляемые, практически не наносят вред природе, также их можно использовать для автономного электроснабжения любых объектов, которые находятся на удаленном расстоянии от традиционных источников электроэнергии.

Целью данной работы является изучение ветроустановок, а также анализ и оценка возможностей использования ВЭУ для электроснабжения автономных объектов.

В ходе работы рассматривается устройство, принцип работы, преимущества и недостатки ветроустановки. Приводится сравнительный анализ электромеханических преобразователей энергии. Оценивается возможность ветрогенераторов как источника питания с учетом их территориального расположения и среднегодовой скорости ветра. Для проектирования ветроустановки был выбран Бакчарский район Томской области, т.к. там подходящие климатические условия и удовлетворительная среднегодовая скорость ветра 3.1 м/с. В работе представлена схема для подключения ВЭУ к потребителю, в которую входит: ветрогенератор, контроллер, аккумуляторы и инвертор. В заключении работы говорится о неоднозначности использования ВЭУ, приводятся положительные и отрицательные аргументы с технической и экономической точки зрения. В дальнейшем планируется произвести расчет технико-экономического обоснования внедрения ВЭУ в составе гибридных систем электроснабжения для отдаленных или автономных объектов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Гарипов М. Г.* Ветроэнергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vetroenergetika> (дата обращения: 04.05.2024).

2. *Алехина Е.В.* Перспективы ветроэнергетики // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. №12-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vetroenergetiki> (дата обращения: 04.05.2024).

*Васильев Д.Д.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

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

Геотермальная энергетика основана на использовании энергии, генерируемой из природного тепла земли. Её источником служат подземные воды, находящиеся в состоянии высокого температурного напряжения за счёт геотермального градиента земли.

Принцип работы геотермальной станции основан на закрытом цикле: Подаваемое тепло из натуральных источников разогревает жидкость, которая, в свою очередь под высоким давлением преобразуется в пар и приводит в действия турбины. Вращаясь, они активируют генераторы, производящие электричество. В последствии, как пар передаст энергию, он проходит через конденсатор, где охлаждается и конденсируется обратно в жидкое состояние. После эта жидкость возвращается в геотермальный резервуар через возвратные скважины, поддерживая тем самым устойчивость геотермального источника. Геотермальная энергетика характеризуется большим запасом тепловой энергии в недрах земли, низким уровнем выбросов углекислого газа и иных вредных веществ, а также не зависим от внешних погодных факторов или сезона.

Цель данной работы является рассмотреть перспективы использования геотермальной энергии в качестве альтернативного источника энергии.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что традиционные источники энергии (уголь, нефть, природный газ) постепенно истощаются, а их использование приводит к загрязнению окружающей среды. В то же время геотермальная энергия является возобновляемым источником энергии, который может обеспечить стабильное энергоснабжение без негативного влияния на окружающую среду. Уже в ближайшие 5–10 лет за счет использования геотермальной энергии РФ могла бы на 20–30 % сэкономить расходы органического топлива на теплоснабжение. Применение современных технологий на геотермальных электростанциях позволяют получить максимальный эффект от геотермального теплоносителя.

*Жиров Д.А.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
email: dima96807@gmail.com*

Биогаз – это смесь газов, которая образуется в результате разложения биомассы. В его состав входят метан ( $\text{CH}_4$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и небольшие примеси сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и водорода ( $\text{H}_2$ ). Биогаз – экологически чистый источник энергии. Его производство позволяет решить вопрос с утилизацией органических отходов. Количество органических отходов неисчерпаемо, поэтому биогаз можно считать возобновляемым источником энергии. Производство биогаза является доступным и дешевым. Оно позволяет повысить экономическую активность сельского хозяйства и снизить зависимость от других источников энергии. Существует несколько способов производства биогаза, но анаэробное рождение газа и термическое гидролизное превращение являются самыми популярными.

Целью данной работы является анализ перспектив использования биогазотурбинных установок для электроснабжения автономных объектов. Актуальность заключается в том, что в настоящее время все больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии, таких как биогаз, который может быть получен из органических отходов. Установки представляют собой эффективный способ преобразования биогаза в электрическую энергию, что позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии. Одновременно с производством электроэнергии установки позволяют утилизировать органические отходы, превращая их в источник энергии, способствуя решению проблемы управления отходами и снижая затраты на утилизацию. Кроме того, представляет интерес использование биогазотурбинных установок в гибридных системах электроснабжения сельскохозяйственных объектов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Соснина Е.Н., Филатов Д.А.* Исследование эксплуатационно-технологических параметров энергоустановок на возобновляемых источниках энергии // ИВД. 2015. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ekspluatatsionno-tehnologicheskikh-parametrov-energoustanovok-na-vozobnovlyaemykh-istochnikah-energii> (дата обращения: 05.05.2024).

*Залевский И.А., Иванов К.А.*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СПОСОБА СБОРА РАДИОАКТИВНОГО ПОРОШКА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: zao2277@ya.ru, KAivanov@mephi.ru*

В настоящее время основным видом ядерного топлива для тепловыделяющих элементов реакторов любого типа является диоксид урана.

Технология изготовления ядерного топлива для реакторов АЭС достаточно отработана. Ядерное топливо производится на предприятиях, технологический цикл которых включает все стадии, начиная от изготовления порошка и таблеток и кончая изготовлением твэлов и ТВС.

Тепловыделяющий элемент (твэл) - это герметичная металлическая трубка из циркониевого сплава, в которой находятся цилиндрические таблетки из диоксида урана, прошедшие процедуру спекания при температуре 1200 °С.

Все работы по изготовлению таблеток ведутся в боксах через специальные перчатки.

В процессе работы образуется радиоактивная пыль, которая оседает на внутренней поверхности бокса. Часть радиоактивной пыли собирается с помощью вытяжной вентиляции. Остатки пыли, осевшей в щелях и впадинах боксов, собирается вручную.

Известно несколько способов сбора и дезактивации просыпи твердых радиоактивных веществ:

- Роботизированная технология;
- Водно-паровая технология;
- Промышленные пылесосы;
- Гидравлический способ;
- Электростатический способ.

Наиболее перспективное направление для сбора радиоактивной пыли – электростатический способ. Принцип действия заключается в создании роботизированным сканирующим электродом электрического поля, при помощи которого радиоактивная пыль переносится на электрод. Очистка от пыли электрода осуществляется путем размагничивания электрода.

*Кульбака И.С., Иванов К.А., Михайлова Е.И.*

## **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ВИДЕОСТЕНЫ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ M5STACK**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: KAIvanov@mephi.ru, kulbakai@mail.ru,  
evgeniya02716@gmail.com*

В рамках проекта развития инфраструктуры филиалов появилась потребность в общественных пространствах северского филиала МИФИ в виде интерактивной панели, для более иммерсионного опыта получения информации студентами. Целью работы является разработка концепции видеостены на базе платформы M5stack. Видеостена — это специализированное решение для отображения визуальной информации, объединяющее несколько дисплеев в единый экран, которое позволяет отображать видео от большого количества источников, в т.ч. в многооконном режиме. Подобные системы широко применяются, например, при создании ситуационных и диспетчерских центров, пунктов мониторинга и контроля. К тому же, видеостены широко применяются для рекламы — в торговых центрах, на выставках, в других общественных местах. В современном мире средства отображения информации должны обладать 3 важными качествами: масштабируемостью, гибкостью настройки и простотой обслуживания. Качество и возможности средств визуализации контента высоко ценятся в таких сферах как реклама, бизнес, безопасность и коммуникации. Некоторые задачи можно решить при помощи проекторов и ЖК-панелей. В больших масштабах применяют видеостены. Видеостена состоит из трёх основных узлов: отображающих экранов, крепёжных кронштейнов и видеопроцессора. Разнообразие и взаимозаменяемость этих частей позволяет быстро воплощать самые смелые дизайнерские решения из стандартных комплектующих.

Для решения поставленной цели были сформулированы задачи: изучение рынка led-панелей; сравнение led-панелей разных производителей; изучение опыта работы led-панелей, их достоинства и недостатки; составление концепции видеостены на базе платформы M5stack.

В результате проделанной работы получили законченную концепцию видеостены на базе платформы M5stack.

*Леонович И.А., Иванов К.А.*

## **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА В АНОДНОМ ГАЗЕ ПРОИЗВОДСТВА ГФУ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: KAIvanov@mph.ru, Leonovich.Ilya.Andreevich@gmail.com*

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 и создание прототипа устройства определения фтора в анодном газе, с помощью ультрафиолетового излучения.

В процессе работы проводился литературный обзор методов регистрации состава газа. Оценка влияния среды анодного газа на конструкционные материалы устройства, подбор материалов исходя из результатов оценки.

В процессе работы был создан прототип устройства определения фтора в анодном газе (разработана структурная схема прототипа и системы определения фтора в анодном газе, разработана функциональная схема прототипа определения фтора в анодном газе, разработаны принципиальная электрическая и принципиальная газовая схемы системы прототипа определения фтора в анодном газе, составлена спецификация оборудования прототипа, описан регламент испытаний прототипа устройства, разработана 3D-модель газовой кюветы, написан код программы на языке Arduino(.ino), произведена сборка газовой системы и прототипа определения фтора в анодном газе). Произведена проверка работоспособности прототипа, построены корреляционные характеристики концентрации фтора в пробе газовой кюветы и кодов АЦП.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Белянин А.В., Нагайцева О.В., Ливенцова Н.В., Ливенцов С.Н.* Разработка модели теплового процесса электролизера для тренажера оператора АСУ ТП производства фтора // Изв-я ТПУ.
2. *Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский.* Основы метода масс-спектрометрии. Практическое применение метода: учебное пособие / ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск: ИГМУ, 2021. – 49 с.

*Плюсков Е.И., Колпаков К.И., Иванов К.А.*

## **МОДЕЛЬ 8-РАЗРЯДНОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ**

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

В нашей работе мы хотим показать модель 8-разрядной микропроцессорной системы для использования в качестве наглядного пособия по таким дисциплинам как «Микропроцессорные системы», «Программирование микропроцессорных систем» и «Конструирование и технология изготовления электронной аппаратуры». С помощью нашей работы студенту будет проще понять устройство типового 8-разрядного микропроцессора.

На примере типового 8-разрядного микропроцессора легко объяснить логику работы таких систем. Они подходят для того, чтобы познакомить новичков с некоторыми важнейшими идеями, лежащими в основе компьютерных операций.

Типовой 8-разрядный микропроцессор содержит основные элементы, необходимые для функционального компьютера. Его основная цель - развить базовое понимание того, как работает компьютер, как он взаимодействует с памятью и другими частями системы, такими как ввод и вывод.

Сборка будет выполнена на макетных платах. Основная часть элементов собрана на наиболее распространённой элементной базе, что позволяет, в случае необходимости, повторить наш проект рядовому студенту.

С помощью нашей работы студенту будет проще понять Computer Science. Науку, объединяющую в себе различные области знаний, которые будут полезны специалисту, работающему с компьютерами и вычислениями.

*Сапунов А.Р.*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ПРОТОТИПА**

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

Вопрос совершенствования технологических процессов любого предприятия сегодня является весьма актуальным. Необходимость автоматизации промышленности ставит серьезные задачи перед конструкторами аппаратных средств и инженерами АСУТП, при этом высококвалифицированных кадров в этих областях недостаточно.

В этой связи важной становится разработка учебных образцов программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые позволят дать будущему специалисту основные понимания о том, какую структуру имеет ПЛК, каким образом производится написание программы и ее загрузка, через какие интерфейсы возможна передача и получение данных и т.п. Такое изделие должно удовлетворять целому ряду требований, главными из них является унификация и взаимозаменяемость с существующими системами, представленными на рынке, масштабируемость и открытость используемой программной платформы, надежность и др.

Настоящая работа демонстрирует разработку проекта ПЛК от стадии концепции до стадии прототипа. Выбран модульный вариант конструкции, общепринятый для ПЛК (главный модуль, модули цифрового и аналогового ввода/вывода). По стадиям проект включает техническое задание, схемотехнику, трассировку и изготовление печатной платы, формирование документации и изготовление прототипа. Для реализации выбрана концепция ПЛК, предлагаемая китайской компанией «M5STACK» и подразумевающая, что в проект могут интегрироваться модули и ПО, выпущенные «M5STACK». В качестве производителей компонентов и ИМС выбраны компании STMicroelectronics, Texas Instruments, Murata, Espressif Systems и др..

Сейчас реализован главный модуль ПЛК; он включает в себя дисплей, органы управления и выходные шины GPIO, I2C, UART, SPI, к которым подключаются все другие компоненты системы. Также выполнен независимый блок цифрового вывода с сухими контактами. В стадии трассировки плат находятся другие блоки, в частности аналоговые входы и выходы. Планируется дальнейшее развитие проекта, в том числе его использование для обучения студентов дисциплинам по АСУТП в СТИ НИЯУ МИФИ.

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

## **РАБОЧИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКСИДОВ УРАНА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: KAivanov@mephi.ru, Vyacheslav.Trocenko@yandex.ru,  
Lydoz@mail.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 рабочего прототипа устройства способного определять примеси в закиси окиси урана по характеристикам цвета смеси.

Вариант решения данной проблемы, предложенный в нашей 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 компьютер. Чувствительным элементом выступает IP камера BD4685RV. 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 устройства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

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

*Iljinsky P.E., Kineva T.A.*

## **AUTOMATED GAS POLLUTION ASSESSMENT SYSTEMS AT CHEMICAL PLANTS**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: Lanser200.iljinsky@yandex.ru*

Gas pollution is a change in the composition of the air towards a noticeable increase in the percentage of any of the gases in it (including those normally present in the atmosphere) against the usual norm established according to hygienic regulations. Hygienic regulations also prescribe sanitary and hygienic standards for the content of harmful substances in water, soil, plants, food, materials and their maximum permissible concentration (MPC).

MPC is a concentration that cannot cause diseases or deviations in health indicators during daily work (except weekends) for 8 hours or other duration and during the entire period of work. Besides, there is a maximum one-time limit permissible concentration for polluted air.

The intention to avoid diseases creates the necessity to control gas pollution. For this purpose, the method of sampling in the respiratory zone is often used to perform analysis using chromatographs or gas analyzers. The received actual values of harmful substances are compared with the MPC.

The main sources of gas pollution in Seversk and the Tomsk region are the facilities of the stock company “Siberian Group of Chemical Enterprises”. Fluoride compounds, ammonia and nitric acid are the main pollutants released into the atmosphere by the facilities of the company [1].

Gas analyzers that are suitable for gas pollution control in the region have an important drawback – personal attention and maintenance at each measurement are required that put health and lives of the employees in potential danger. Therefore, it is necessary to develop a system for automated gas measurement and cataloging the data received.

### REFERENCES

1. Ecological safety report SC «SGChE» 2019. URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/f50/f503b920992ee93f8318c8916351c41d.pdf> (date of access 02.04.2024)

*Mikhailova E.I., Lyalin A.V., Shchipkova G.A.*

## **NITROGEN DILUTION AND SUPPLY CONTROL SYSTEM**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: evgeniya02716@gmail.com*

Another step has been taken to the production of a new generation of nuclear fuel at the SC”SGChE. Employees of the fabrication and refabrication module of the pilot power complex began testing equipment for manufacturing SNOOP fuel.

Mixed uranium-plutonium nitride nuclear fuel (SNOOP fuel) is an experimental type of ceramic type of nuclear fuel in which the fissile material (a mixture of isotopes of uranium-235, uranium-238 and plutonium-239) is contained in the form of mononitride instead of uranium dioxide.

SNOOP fuel is considered more promising than MOX fuel due to its greater thermal conductivity, which can increase the efficiency of the reactor by increasing its fuel campaign by testing fuel rods to a burnout depth of up to 10%.

The first reactor powered by SNOOP fuel in 2029 should also be the BREST-OD-300 project in Seversk, which has been under development since 1999. Tests of SNOOP fuel began in 2023 at the reactor of the Beloyarsk BN-1200M NPP.

*Sapunov A.R., Valeeva E.V.*

## **THE COMPLEXITIES OF PURCHASING AND MANUFACTURING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS ON THE EXAMPLE OF ROSATOM**

*Seversk Technological Institute of NRNU MEPhI,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036  
e-mail: sapunov02@mail.ru*

Today, modern advances in electronics are used widely in all areas. The nuclear industry in Russia is not an exception. This is where the solutions of the electronic industry are represented to the maximum by industrial programmable logic controllers (PLC). These devices are necessary for automation of technological processes and productions.

The State Atomic Energy Corporation Rosatom as well as other enterprises, give preference to PLC manufacturers, whose global name and fame are beyond doubt. These are the German Siemens, the French Legrand and Schneider Electric, the American Rockwell Automation (Allen-Bradley), the Swiss ABB, etc. Nevertheless, in the current economic situation, there is a gradual transition to domestic products, for example, the UMICON PLC series.

However, Russian industry cannot reach significant achievements in the field of microelectronics in short terms. There are problems both with the development of integrated circuits and with their production in the territory of the Russian Federation. In this regard, Russian PLC's are produced, as a rule, from foreign components.

Consider the main part of the PLC – the microcontroller (MCU). Here, Russian developers prefer Analog Devices, STMicroelectronics, Texas Instruments, etc., which account for the bulk of the global semiconductor market. These are high-quality and modern products, but in the current economic realities there is no guarantee that they will always be available.

In this regard, in the development of automation tools, a gradual shift towards Chinese companies producing MCU begins. This departure takes place in two directions: the purchase of Chinese copies of European MCU, as well as the purchase of original Chinese designs. As an example of the original Chinese MCU, the ESP32 series can be cited.

Based on this, we can say that the domestic industry is following the easiest path, and instead of real import substitution, we put components from Europe and the United States on our own makes, which, in fact, consist of the same European or Chinese components.

These are the current trends in the field of PLC creation in Russia.

*Секция  
Моделирование и информатизация технологий и  
объектов атомной отрасли*

---

*Бакилин Д.В., Иванов К.А.*

## **КОНЦЕПЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАДЁЖНОСТИ ЗАПАСА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: bakilin.dmitriy@gmail.com, KAivanov@mephi.ru*

Для оптимизации запаса оборудования продолжают проводиться мероприятия по переходу на ремонт оборудования по "техническому состоянию". Также оптимизируются объемы запаса и резерва путем унификации типов и пределов измерений.

Уже возникают моменты подбора оборудования из имеющегося, «подходящего» под требуемые технические характеристики.

Такие коллизии могут привести к остановке технологического процесса, вплоть до длительного простоя производства.

Это определяет потребность проработки на постоянной основе таких вопросов как:

- оценка запаса для всех контрольных точек, в том числе и целесообразность использования каждой единицы в текущих условиях эксплуатации;

- обеспечение эксплуатируемого оборудования важных технологических узлов аварийным запасом в необходимом объёме и надлежащего качества;

- оптимизация графиков планово-предупредительного ремонта.

Очень важно учитывать технические особенности каждого устройства, условия его эксплуатации, влияние на производственные процессы и возможные последствия отказов.

Таким образом, обработка большого объема данных указывает на необходимость разработки автоматизированной системы поддержки решений, основанной на всестороннем анализе данных об оборудовании: отказах, обеспечении запасом, ремонте, движении, простое, производительности и экспертных оценках.

Автоматизированная система анализа и моделирования надежности, с последующим экспертным заключением, позволит своевременно выявлять потенциальные проблемы и принимать проактивные меры для их устранения.

*Березин А.А., Мелюшонок Н.С., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сербин А.В., Чеглоков А.А.*

## **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА РАБОТЫ ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65  
e-mail: berezin\_s3@mail.ru*

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях активно применяются цифровые технологии, которые все чаще переносятся на мобильные платформы. Работникам предприятия необходимо получать доступ к актуальным данным и сохранять новую информацию, не имея доступа к персональным компьютерам. В настоящее время на рынке программного обеспечения отсутствуют готовые мобильные решения для предприятий по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – это процесс извлечения полезных ископаемых с помощью систем технологических скважин. Полигон СПВ включает в себя сотни откачных и закачных скважин, требующих в процессе своей эксплуатации регулярного технического обслуживания и контроля работы. На скважинах с помощью применения специального оборудования проводятся геофизические исследования, мероприятия по восстановлению дебита откачных и приёмистости закачных скважин, замена и установка насосных агрегатов, ремонт обсадных колонн и др. Часто при выполнении работ персоналу необходимо иметь доступ к информации о состоянии скважины и оборудования, которая хранится в базах геологических и технологических данных предприятия. Для обеспечения оперативного доступа к необходимой информации было разработано мобильное Android-приложение.

Разработанное приложение предоставляет информацию о состоянии скважины, а также дает возможность в полевых условиях вводить актуальные данные по насосным агрегатам, проведенным ремонтно-восстановительным работам, событиям и замечаниям. Вся информация хранится в локальной базе данных устройства, актуальность данных обеспечивается синхронизацией с базами данных предприятия. Таким образом, использование приложения повышает эффективность работы полевого персонала, снижает риск ошибок и предотвращает потерю информации.

*Боровиков В.О., Железнов И.С., Щипков А.А.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: igmsteam26@mail.ru*

Диагностика асинхронного двигателя (АД) - процесс определения его текущего состояния с целью предотвращения возможных сбоев или отказов, обеспечения его надежной работы и продления срока службы. Диагностика АД включает в себя анализ различных факторов, характеризующих его состояние. Для оценки влияния этих факторов на текущее состояние АД может осуществляться контроль вибрации, температуры, тока, напряжения и т.п. Это позволяет выявить возможные неисправности, обнаружить проблемы в работе двигателя, определить причины возможных отказов и своевременно провести ремонт или замену деталей. Диагностика асинхронного двигателя играет важную роль в поддержании надежности и эффективности работы промышленного оборудования, а также обеспечении безопасности производственных процессов.

Один из эффективных методов диагностики является анализ гармонического состава тока, который позволяет выявлять различные неисправности и проблемы в работе двигателя на ранней стадии развития дефекта. Существенное изменение амплитуды высших гармоник в токе указывает на искажения электромагнитного поля двигателя из-за различных неисправностей или нестабильности работы, причем при различном характере неисправности изменяется амплитуды определенных гармоник.

Спектр тока АД зависит не только от технического состояния самой электрической машины, но и от режима работы и состояния всего электропривода (преобразователя частоты (ПЧ), технологического механизма и т.д.). Для определения подходов к выявлению основных диагностических признаков неисправности по спектру тока были проведены исследования на физической модели электропривода, состоящий из ПЧ, АД и нагрузочной машины постоянного тока. В ходе исследований выявлены основные закономерности изменения параметров спектра тока АД при различных режимах работы электропривода. На основе экспериментальных данных получены и проанализированы спектрограммы тока статора АД при питании двигателя непосредственно от сети, от ПЧ и при изменении нагрузки.

Бугрина В.С.<sup>2</sup>, Иванов К.А.<sup>1</sup>, Стрельников С.М.<sup>2</sup>

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

<sup>1</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,

<sup>2</sup>АО «Сибирский химический комбинат», 636039,

г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1

e-mail: KAivanov@terphi.ru

Фтор является одним из важнейших материалов в ядерной технологии, так как он является исходным сырьем для получения гексафторида урана. В производственных условиях фтор получают среднетемпературным электролизом ( $\sim 100\text{ }^\circ\text{C}$ ) расплава гидрофторида калия  $\text{KF}\cdot 2\text{HF}$ , при насыщении электролита фтороводородом  $\text{HF} \sim 40\text{ \% мас.}$  Для исследования процесса электролиза и рассмотрения вопроса повышения эффективности работы электролиза целесообразно использовать математическое моделирование.

Процесс электролиза сложный мультифизический процесс, подчиняющийся законам разной природы. От закона Фарадея до термодинамики.

В работе описана одна из трёх математических моделей, предназначенная для моделирования процесса переноса фтора. Законы сохранения заряда, массы и энергии аппроксимируются с использованием кода конечных элементов Галеркина. Решение совмещенного переноса необходимы для описания теплового поведения электролизёра.

Используемый здесь метод может использоваться при моделировании других электрохимических ячеек.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Pretorius R. A. Multiphysics simulation of a fluorine electrolysis cell // South African Journal of Science. – 2015. – Т. 111. – №. 7-8. – С. 1-5.
2. Pretorius R.A., Christiaan J.H. // Transient Modelling of a Fluorine Electrolysis Cell; FullyCoupled Electric Currents, Heat-Transfer, Diluted SpeciesTransport and Laminar Bubbly Flow/ University of Pretoria, Metallurgical Testing and Consulting (MTC) cc// South African Journal of Science. – 2015. – С. 1-5.

*Гладышев А.В.<sup>1</sup>, Солодов И.Н.<sup>1</sup>, Носков М.Д.<sup>2</sup>,  
Кеслер А.Г.<sup>2</sup>, Суворов А.В.<sup>3</sup>*

## **КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ ПРОЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА МЕТОДОМ СПВ НА СТАДИИ ДОРАБОТКИ БЛОКОВ**

*<sup>1</sup>АО «Атомредметзолото»,  
109004, г. Москва, Большой Дровяной пер., д. 22,  
<sup>2</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
<sup>3</sup>АО «Хиагда», 671543, Респ. Бурятия, г. Чита,  
e-mail: MDNoskov@mephi.ru*

Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) осуществляется с помощью системы технологических скважин. Через нагнетательные скважины в содержащий урановые минералы продуктивный горизонт подается сернокислотный раствор. Обогащенный растворенным ураном продуктивный раствор извлекается на поверхность через откачные скважины.

Как правило, извлечение урана в различных областях технологических блоков происходит неравномерно. Это может быть связано с неоднородностью распределения урановых минералов в рудном теле, особенностями геологического и гидрогеологического строения пласта, нарушением схемы вскрытия, дисбалансом между объемами нагнетаемых и откачиваемых растворов и т.д. Все эти факторы могут приводить к формированию на стадии доработки блока слабопроработанных областей рудного тела (останцев). Для определения расположения останцев в продуктивном горизонте целесообразно использовать комплексный метод, включающий в себя математическое моделирование и контрольное бурение.

Моделирование проводится с помощью специализированного программного обеспечения, описывающего процесс сернокислотного СПВ. Расчеты выполняются на основе геолого-математической и геотехнологической модели эксплуатационных блоков. В результате расчётов определяется текущее состояние продуктивного горизонта и устанавливается расположение останцев. Результаты моделирования заверяются с помощью контрольных скважин и прямого определения остаточного урана в рудах на месте их залегания методом каротажа мгновенных нейтронов деления (КНД-М). Предложения по интенсификации извлечения урана из останцев оцениваются с помощью проведения многовариантных прогнозных расчетов доработки блоков.

Гуцул М.В., Сакирко Г.К., Носков М.Д., Истомин А.Д., Чеглоков А.А.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ**

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

Продуктивный горизонт пластовых инфильтрационных месторождений урана часто имеет сложную структуру. Он может включать в себя множество проницаемых и непроницаемых пропластков. Для обеспечения эффективной добычи урана необходимо проводить анализ структуры продуктивного горизонта, движения технологических растворов между скважинами и анализ технологических параметров. Для этого удобно использовать технологию виртуальной реальности.

В настоящей работе рассмотрены возможности применения технологии виртуальной реальности (VR) для анализа геологических и геотехнологических данных. Для представления информации в виртуальном пространстве используется виртуальная модель, которая включает трехмерную геолого-математическую модель залежи, а также технологические данные. Геолого-математическая модель включает данные о структуре проницаемых и непроницаемых пропластков продуктивного горизонта, полученные при геофизическом исследовании скважин, распределения исходного содержания урана. К технологическим данным относятся: координаты устья и забоя скважин; положения фильтров; контура эксплуатационных блоков, данные об установленных на скважинных насосных агрегатах, данные по концентрации урана, кислоты, данные по скорости движения технологических растворов и т.д.. При исследовании месторождения в VR пользователь попадает внутрь продуктивного горизонта, в проницаемый пропласток. У него есть несколько инструментов перемещения (полет, телепорт, ходьба, лифт), которые позволяют ему переместиться в интересующую его область. Присутствуют инструменты, позволяющие получать информацию по скважинам, просматривать контура рудного тела для различных значений изолиний (в виде поверхностей), создавать снимки виртуального окружения для дальнейшего анализа. Так же пользователь может осуществлять настройку отображения объектов виртуальной среды.

*Ежуров Д.О.<sup>1</sup>, Лавров А.С.<sup>1</sup>, Носков М.Д.<sup>2</sup>*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ СОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ**

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

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

В настоящей работе представлена математическая модель работы СНК, описывающая основные гидродинамические и физико-химические процессы, происходящие при сорбции урана из серноокислотных 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. Кинетика сорбции описывается во внутридиффузионном приближении при котором плотность потока урана между раствором и сорбентом лимитирована внутренней диффузией в зерне анионита. Предполагается, что поверхностный слой зерна анионита насыщен ураном до равновесного состояния. Плотность потока урана между раствором и сорбентом определяется разностью содержаний урана на поверхности и внутри зерен анионита. Равновесная концентрация на поверхности зерна связана с концентрацией в растворе изотермой сорбции.

Математическая модель работы СНК сформулирована в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных описывающих изменение во времени и пространстве концентрации урана в растворе и содержания урана в сорбенте.

*Ефремов А.А.<sup>1</sup>, Носков М.Д.<sup>2</sup>, Филипас А.А.<sup>1</sup>, Щипков А.А.<sup>2</sup>*

## **ВЫБОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

*<sup>1</sup>Томский политехнический университет,  
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,*

*<sup>2</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: alexyefremov@tpu.ru*

Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является экономически более эффективной по сравнению с иными способами. Важным технологическим элементом добычного комплекса предприятий, применяющих метод СПВ, являются насосные агрегаты (НА), состоящие из центробежных насосов и погружных электродвигателей (ПЭД). Определение адекватной вероятностной модели надежности (ВМН) для ПЭД, как наиболее уязвимого узла НА, позволит повысить рентабельность добычи урана.

В ходе данной работы было проведено исследование трех ВМН ПЭД: 1) модели надежности Вейбулла; 2) модели конкурирующих рисков, предполагающей, что отказы ПЭД происходят по одной из двух несовместных причин; 3) модели, основанной на предположении о том, что распределение наработки до отказа описывается двухкомпонентной смесью распределений Вейбулла (2СРВ).

Для исследования была использована выборка объема  $N = 688$  наработок ПЭД мощностью 5,5 кВт, введенных в эксплуатацию с 2010 г. по 2015 г., содержащая как наработки до отказа, так и значения наработок ПЭД, не отказавших к началу 2016 г. Таким образом, анализируемые данные являются многократно цензурированными справа (степень цензурирования  $a = 0,145$ ).

На основе предоставленных данных о наработках ПЭД были определены оценки максимального правдоподобия всех моделей. Использование информационных критериев и критериев согласия, а также анализ гистограммы распределения наработок позволило указать на модель 2СРВ как на наиболее адекватную из рассматриваемых. При этом данная ВМН позволила обнаружить наличие группы двигателей с низкими значениями наработки до отказа, что может свидетельствовать о невыявленных дефектах ПЭД, либо о более тяжелых условиях их эксплуатации.

*Жданова О.В.*

## **ПРЕИМУЩЕСТВА МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ**

*АО «Прорыв»,  
107140, г. Москва, ул. Малая Красносельская 2/8, корп. 7,  
e-mail: zh dov@pnproryv.ru*

При реализации крупномасштабных проектов, в которых участвует большое количество заинтересованных сторон, необходима специализированная информационная система для анализа большого массива данных и контроля проектных требований. В основе коммерческих разработок, которые доступны на российском рынке, заложены разные концепции, каждый программный продукт обладает своими функциональными возможностями и разной степенью зрелости в отношении их применимости в проектах. Требования к программным средствам для управления требованиями разнообразны, поскольку зависят от различных факторов, например: стоимость, лицензии, надежность поставщика, понятный интерфейс, возможность расширять функционал под индивидуальные потребности организации, внешние ограничения и др. В проекте «Прорыв» при внедрении информационных систем управления требованиями был проработан вопрос импортозамещения, и выбрана современная независимая от операционных систем сервера и клиента платформа. Архитектура систем спроектирована по модульному принципу, что позволяет развивать функционал систем под конкретно поставленные задачи и выполнять доработки без ущерба для текущего функционала.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Жданова О.В., Столяров О.Н. Создание модуля интеллектуального сравнения текстов требований // Информационные технологии в проектировании и производстве». 2022. № 4. С.50-54.
2. Жданова О.В., Столяров О.Н. Система управления требованиями как инструмент оценки хода выполнения проекта // Информационные технологии в проектировании и производстве». 2022. №3. С.17-20.
3. Жданова О.В., Столяров О.Н. Обеспечение качества данных при эксплуатации информационных систем управления требованиями в проектом направлении «Прорыв» // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2023. №3. С.48-51.
4. Жданова О.В., Столяров О.Н. Использование модульного принципа при создании и внедрении информационных систем управления требованиями (обзорная статья) // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2024. №1. С.30-36.

*Колотихин Е.И.<sup>1</sup>, Ефремов А.А.<sup>1</sup>, Филипас А.А.<sup>1</sup>, Щипков А.А.<sup>2</sup>*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

*<sup>1</sup>Томский политехнический университет,  
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,*

*<sup>2</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: eik20@tpu.ru*

Наиболее экономичным методом добычи урана является скважинное подземное выщелачивание (СПВ). Для повышения эффективности добычного комплекса урана методом СПВ используется система автоматического контроля и управления, работающая в режиме реального времени. Откачные скважины являются одним из ключевых элементов добычного комплекса. В них используют скважинные электроцентробежные насосные агрегаты (НА), состоящие из погружного электродвигателя и центробежного насоса.

В ходе эксплуатации НА необходимо контролировать эффективность их работы в сложившихся условиях. Текущую оценку режимов и условий работы НА можно производить на основе мониторинга параметров работы. Как правило, оценку производят с учетом заранее определенных граничных значений параметров, позволяющих произвести классификацию режимов работы. Определение численных значений граничных параметров является сложной задачей из-за неопределённости многих факторов, характеризующих работу НА и скважины. В данной работе рассматривается метод, позволяющий оценить режимы работы насосного оборудования на основе использования кластеризации параметров, таких как дебит скважины, динамический уровень раствора, ток и напряжение статора, частоту питающего напряжения. Кластеризация в двухмерном пространстве параметров позволит разделить НА на группы со сходными показателями режимов работы. Используя алгоритм кластеризации DBSCAN для значений различных пар параметров, были определены группы объектов. Интерпретация расположения кластеров в пространстве параметров позволяет оценить режимы работы ПЭД с точки зрения эффективности.

*Курасова Ю.Д., Кадыров К.К., Староверов В.И.,  
Лавров А.С., Поспелов И.В., Скляр Л.А.*

## **ВНЕДРЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

*АО «Далур», 641750, Курганская обл.,  
с. Уксянское, Лесная ул, д. 1,  
e-mail: info@dalur.ru*

Разработан и внедрен в производственный процесс добычи урана способом подземного выщелачивания комплексный продукт, состоящий из совокупности проектов системы «Умного полигона СПВ» и «Цифровых инструментов мониторинга безопасности производственных операций».

Система «Умного полигона СПВ» позволила определять и поддерживать оптимальные гидродинамические параметры технологических скважин, минимизировать потери хим. реагентов, образования техногенных изменений, в части застойных зон и переотложений урана в контуре и за контуром блоков, эффективно, с сокращением срока эксплуатации блоков обрабатывать запасы урана.

Внедрение цифровых инструментов мониторинга безопасности направлены на предотвращение/снижение рисков возникновения аварийных ситуаций, снижения количества нарушений техники безопасности, повышения уровня производственной дисциплины, снижения стоимости производственных затрат.

*Лобова А.С., Носков М.Д.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ**

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

Федеральная программа «Профессионалитет» предполагает непосредственное участие опорного работодателя в разработке содержания и структуры интенсивных образовательных программ, ориентированных на потребности конкретных предприятий. Важнейшей частью образовательных программ являются профессиональные компетенции (совокупность знаний, умений, навыков и практического опыта) сформулированных в соответствии с требованиями работодателей к квалификации специалистов.

Целью данной работы является создание математической модели компетенций студентов, связывающей компетенции с показателями успешности освоения студентом общих и профессиональных дисциплин ФГОС СПО,

При достижении поставленной цели решены следующие задачи:

1. Математически форматирована структура основной образовательной программы. Определены множества компетенций и квалификаций специальности. При формировании матриц общих и профессиональных компетенций определен вес каждой дисциплины в показателе освоения компетенции для каждой квалификации.
2. Определены показатели компетентностно-ориентированного подхода к эффективности студента в рамках квалификации. При формировании вектора образовательных результатов студента предложена 4-х балльная система оценки дисциплины.
3. Построен алгоритм формирования рейтинга студентов квалификации. На первом этапе алгоритма формируется вектор освоения компетенций студентом. Далее строится матрица компетенций всех студентов квалификации. И в зависимости от величины оценки компетенций студента генерируется ранжированный список обучающихся.

Предложенная модель может быть использована для количественной оценки степени освоения профессиональных компетенций.

*Михалев А.В.<sup>1</sup>, Любарский А.В.<sup>2</sup>*

## **ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ КРИТЕРИЕВ РАННЕГО И ПОЗДНЕГО АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ**

*<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, стр.1*

*<sup>2</sup>АО «Атомэнергoproject, 105082, г. Москва, ул. Бакунинская, д.7с1  
e-mail: mikhalev.alexandr2017@yandex.ru*

Современные российские ФНП в части вероятностных целевых ориентиров радиационной безопасности не предусматривают применение дифференциального подхода при определении большого аварийного выброса (БАВ). Однако, разделение БАВ на ранний и поздний при моделировании аварийных последовательностей при выполнении ВАБ, может позволить повысить защиту населения при аварии на АЭС, характеризующуюся радиоактивным выбросом, за счет вероятностного прогнозирования развития аварии. При этом, следует однозначно и обоснованно определить количественный показатель, соответствующий безопасному (пороговому) уровню для энергоблока.

В данной работе для решения этой задачи предлагается определять целевой уровень вероятности реализации раннего и позднего БАВ на основе передовых исследований в области обеспечения радиационной безопасности человека, а именно, сформулированных целей по обеспечению здоровья, определяемых как предельно допустимый уровень риска смертности (существенного ухудшения состояния здоровья), вызванный техногенным объектом.

В результате анализа статистических данных о смертности населения по различным техногенным причинам и от онкологических заболеваний в разных странах [1], предлагается использовать в качестве целевого уровня реализации БАВ следующие усредненные значения:  $3E-07$  1/год (вероятность реализации раннего БАВ),  $2E-06$  1/год (вероятность реализации позднего БАВ).

Полученные результаты могут быть использованы при учете различных категорий выбросов при моделировании ВАБ уровня 2 и оценке мер по защите населения в случае аварий на АЭС.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. «Статистические данные ВОЗ» [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). –URL: <http://who.int/data/gho/publications/world-health-statistics> (дата обращения: 09.02.2024).

*Никитченко И.А., Воробьев Ю.Б., Аванов А.В.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СВАРНОГО ШВА КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР**

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, стр.1  
e-mail: universe@mpei.ac.ru*

При расчетах на прочность АЭС широко используются расчетные коды и комплексы. Во всех расчетных программах используются эмпирические модели и методы, что приводит к погрешностям и требует учета неопределенности этих параметров. В связи с увеличением срока эксплуатации реакторных установок ВВЭР до 60 лет, возможна некорректная оценка для вязкости разрушения. Таким образом, возможны существенные трудности при прогнозировании характеристик прочности, необходим новый адаптивный подход, позволяющий прогнозировать их значения.

Методика прогнозирования временных рядов с помощью нейросетей используется в различных областях науки. Кроме того, нейронные сети находят всё более широкое применение в ядерной энергетике.

В настоящем докладе проведен анализ зависимостей коэффициента радиационного охрупчивания металла сварного шва корпуса от химического состава для различных типов корпусов реакторов ВВЭР, приведенных в [1]. Затем проведена разработка программы для генерации данных, используемых для обучения и проверки нейросетевых моделей. При этом учитывались неопределенности образцов-свидетелей и значений флюенса. Была разработана нейросетевая модель в среде Matlab. Для разработки модели выбрана архитектура NARX [2], проведено исследование влияния структуры на результат прогноза. Показана возможность прогнозирования вязкости разрушения металла шва для реакторов ВВЭР.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ Р 59115.14-2021. Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчет на сопротивление хрупкому разрушению корпуса ВВЭР, – Введ. 2021 М.: Рос. институт стандартизации, 2021 - 61 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / 2-е изд., испр. – М.:2006.

*Савенко А.В., Иванов М.Л., Иванов К.А.*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ВКР С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

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

Подготовительный этап ВКР является важным и трудоемким этапом, требующим значительных усилий со стороны студентов и преподавателей. Цифровой двойник образовательного процесса может помочь автоматизировать и оптимизировать подготовительный этап ВКР.

Подготовительный этап ВКР состоит из следующих шагов:

- 1) выбор руководителя;
- 2) выбор темы выпускной квалификационной работы;
- 3) утверждение руководителя;
- 4) утверждение темы выпускной квалификационной работы.

Предлагаемый подход заключается в использовании цифрового двойника образовательного процесса для автоматизации подготовительного этапа ВКР следующим образом:

- 1) студент сдает входной контроль, который оценивает его знания, навыки и компетенции;
- 2) на основе результатов входного контроля и освоенных компетенций в процессе обучения, цифровой двойник анализирует данные и предлагает студенту список наиболее подходящих тем ВКР из банка тем.

Преимущества подхода:

- 1) индивидуальный подход к выбору темы ВКР;
- 2) сокращение времени на поиск и согласование темы ВКР;
- 3) повышение качества ВКР;
- 4) уменьшение нагрузки на преподавателей по согласованию и руководству ВКР.

Предлагаемый подход сокращает сроки подготовительного этапа, повышает качество ВКР, уменьшает нагрузку на преподавателей и улучшает образовательный процесс в целом

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Павличева Е.Н. Применение интеллектуальных цифровых двойников вузов при формировании индивидуальных траекторий обучения // Культура: теория и практика. 2023. 8 с.

*Сербин А.В., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д.,  
Сакирко Г.К., Чеглоков А.А.*

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

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

Использование информационных систем для производственного планирования и контроля способствует успешному управлению предприятием. В настоящее время на рынке существует большое количество систем класса ERP (enterprise resource planning), предназначенных для учета, планирования и контроля деятельности предприятия. Однако готовые решения ERP-систем, не всегда возможно эффективно интегрировать в уже существующую информационную экосистему управления предприятием. В связи с этим в некоторых случаях целесообразна разработка и внедрение собственной специализированной информационной системы.

В работе представлено описание информационной системы производственного планирования и контроля геотехнологического предприятия. Информационная система разработана на языке программирования C++. Она представляет собой комплекс из четырёх клиентских программ, взаимодействующих с базой технологических данных предприятия. Программа «Сбор данных» предназначена для внесения плановых и фактических значений технологических, экономических показателей и данных по запасам химических реагентов предприятия. Визуализация данных и выявление отклонений плановых и фактических показателей осуществляется с помощью программы «Представление и анализ данных». Программа «Карточка проблемы» предназначена для регистрации проблем, связанных с отклонением плановых и фактических показателей, и определения возможных путей решения. Контроль за жизненным циклом решения проблем предприятия осуществляется с помощью программы «Панель управления проблем».

Применение программного комплекса способствует повышению эффективности управления работой предприятия путем оперативного доступа плановым и фактическим показателям, своевременного выявления отклонений плановых и фактических показателей, фиксации проблем, связанных с отклонениями, и управления процессом их решения.

*Стрельников С.М.<sup>1,2</sup>, Иванов К.А.<sup>1</sup>, Бугрина В.С.<sup>1,2</sup>*

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ CODESYS V3.5**

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

*<sup>2</sup>АО «Сибирский химический комбинат», 636039,*

*г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1*

*e-mail: saimonst97@mail.ru, KAivanov@mephi.ru*

С начала эксплуатации фторных электролизеров проводятся постоянные исследования факторов, влияющих их производительность, и совершенствование технологии получения фтора. Автоматизация процесса электролиза позволяет управлять такими параметрами, как напряжение в электролизере, ток, протекающий через электролит, температура и концентрация HF в электролите, а так же регулировать их в пределах заданных значений. Разработка алгоритмов управления позволит оптимизировать процесс, обеспечив максимально возможную производительность при заданных входных параметрах. Снижение энергопотребления и увеличение объема получаемого фтора за счет оптимизации параметров является одним из важных факторов повышения эффективности, обеспечивая стабильные и целевые характеристики продукции посредством точного управления параметрами процесса.

В связи с этим использование среды программирования CODESYS V3.5, поддерживающей каждый из пяти языков, описанных в стандарте МЭК 61131-3 (IL, ST, LD, FBD, SFC), является актуальным решением. В CODESYS V3.5 был реализован алгоритм управления основными указанными параметрами процесса электролиза. Благодаря данной среде, основанной на базе открытых продуктов, алгоритм управления интегрирован в автоматизированный измерительный комплекс лабораторного стенда на базе одноплатного компьютера типа Raspberry Pi.

Результатом проведенных исследований является разработка алгоритмов управления в среде программирования CODESYS V3.5 на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi. В дальнейшем планируется создание опытной установки с последующим внедрением данных алгоритмов управления.

Суцакин В.А.<sup>1</sup>, Правосуд С.С.<sup>1,2</sup>, Якубов Я.О.<sup>1</sup>, Маслаков Д. С.<sup>1</sup>

## РАСШИРЕННАЯ МНОГОТОЧЕЧНАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ВВЭР-1200

<sup>1</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

<sup>2</sup>АНО ДПО «Техническая академия Росатома», г. Обнинск,  
Калужская обл. Ул. Курчатова. 21

E-mail: [sspravosud@mephi.ru](mailto:sspravosud@mephi.ru), [ssepravosud@rosatom.ru](mailto:ssepravosud@rosatom.ru)

Распространенные модели точечной динамики реактора не способны описать пространственные явления, возникающие в аксиальном направлении активной зоны. Тем не менее, наличием подобных процессов нельзя пренебрегать, так как они непосредственно влияют на аксиальный офсет мощности реактора и, как следствие, на ксеноновые колебания в реакторе. В целях поддержания ядерной безопасности появляется необходимость в разработке многоточечной модели динамики реактора, на основе которой будет возможно синтезировать органы автоматического регулирования мощности, способные сохранять значение аксиального офсета в пределах нормы.

В данной работе в среде моделирования MATLAB с использованием блока s-function 2-го уровня была разработана и предложена многоточечная модель динамики реактора ВВЭР-1200. Модель включает в себя серию нейтронно-физических (многоточечная кинетика) [1] и теплогидравлических (модель Р. Манна) [2,3] узлов в аксиальном направлении.

При помощи моделирования режима следования за нагрузкой было исследовано поведение аксиального офсета реактора в сравнении с многофункциональным тренажером.

### ЛИТЕРАТУРА

1. P.F. Wang, Y. Liu, B.T. Jiang, J.S. Wan, F.Y. Zhao. Nodal dynamics modeling of AP1000 reactor for control system design and simulation. *Annals of Nuclear Energy* 62 (2013) 208 – 223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anucene.2013.05.036>
2. Правосуд С.С., Маслаков Д.С., Якубов Я.О., Овчеренко А.А. Верификация модели динамики ядерного реактора ВВЭР-1200, состоящей из одного топливного узла, примыкающего к двум узлам теплоносителя. *Глобальная Ядерная Безопасность*. 2023;48(3):82-95. <https://doi.org/10.26583/gns-2023-03-08>. EDN: YBZMTK
3. B. Puchalski, T. A. Rutkowski, K. Duzinkiewicz. Nodal models of Pressurized Water Reactor core for control purposes – A comparison study. *Nuclear Engineering and Design* 322 (2017), 444-463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.07.005>

Якубов Я.О.<sup>1</sup>, Правосуд С.С.<sup>1,2</sup>, Сусакин В.А.<sup>1</sup>

## ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ДВУХТОЧЕЧНОЙ МОДЕЛИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЭР – 1200

<sup>1</sup>Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,

<sup>2</sup>АНО ДПО «Техническая академия Росатома», г. Обнинск,  
Калужская обл., ул. Курчатова. 21

e-mail: [sspravosud@mephi.ru](mailto:sspravosud@mephi.ru), [Yarik.tomsk@yandex.ru](mailto:Yarik.tomsk@yandex.ru)

Ядерные энергетические установки (ЯЭУ), в современном мире, должны обладать повышенными показателями качества и быстродействием. Для это необходимо рассматривать более точные модели динамики, например, двухточечную модель, в которой активная зона ядерного реактора рассматривается не как одна усредненная точка, а разделяется на две зоны - верхнюю и нижнюю [1]. Такой подход позволяет более точно определить влияние органов регулирования системы управления и защиты, учесть различное энерговыделение в активной зоне и исследовать поведение аксиального офсета. Так же важной задачей является исследование продвинутых алгоритмов управления минимизирующих отклонения, и таким вариантом может быть линейно-квадратичный регулятор (LQR), который основан на определении весовых коэффициентов квадратичного функционала оптимальности процесса управления [2].

В данной работе выполнено моделирование двухточечной модели динамики ядерного реактора ВВЭР – 1200 с применением линейно-квадратичного регулятора, который при различных переходных процессах продемонстрировал хорошую производительность в сравнении с экспериментальными данными.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Seyed Mohammad Hossein Mousakazemi Control of a pressurized light-water nuclear reactor two-point kinetics model with the performance index-oriented PSO. Nuclear Engineering and Technology (53), 2021, pp. 2556-2563 <https://doi.org/10.1016/j.net.2021.02.018>.
2. K. K. Abdulraheem, S. A. Korolev. Robust optimal-integral sliding mode control for a pressurized water nuclear reactor in load following mode of operation, Annals of Nuclear Energy, Volume 158,2021,108288,ISSN 0306-4549

*Susakin V.A.<sup>1</sup>, Pravosud S.S.<sup>1,2</sup>, Kineva T.A.<sup>1</sup>*

## **MOLTEN SALT REACTOR KINETICS: AN OVERVIEW**

*<sup>1</sup>Seversk Technological Institute of NRNU “MEPhI”,  
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,  
<sup>2</sup>Russia, Obninsk (Kaluga region), Rosatom Technical Academy  
E-mail: [sspravosud@mephi.ru](mailto:sspravosud@mephi.ru), [spravosud@rosatom.ru](mailto:spravosud@rosatom.ru)*

The Molten Salt Reactor (MSR) is one of the IAEA Generation IV concepts of perspective nuclear reactors. A reactor of this type is currently under construction at the Mining and Chemical Combine (Zheleznogorsk, Russia) which determines the relevance of research in the field of molten salt reactors.

The paper considers a type of the reactor that contains a liquid salt fuel that also serves as a coolant for the reactor core. The mentioned solution is contained in the primary loop where it circulates through the core directly to the heat exchanger. The difference between the model of point kinetics of the MSR and the models of solid fuel light water reactors due to the presence of circulating fuel is considered. The main difference is the concentration of the delayed neutrons precursors since the circulated fuel emits neutrons both in the reactor core and outside it which significantly affects the heat release. It is noted that the density of fission neutrons affects transient processes more significantly in MSR compared to reactors of other types. Another difference is the amount of reactivity required to maintain the steady state, and for Molten Salt Reactors it is higher than zero and can vary for different types of fuel [1].

Point kinetics studies for MSR are essential in terms of nuclear safety due to its contribution in the development of the power control systems based on point dynamics models [2].

### REFERENCES

1. Singh, V., Wheeler, A. M., Lish, M. R., Chvála, O., & Upadhyaya, B. R. (2018). Nonlinear dynamic model of Molten-Salt Reactor Experiment – Validation and operational analysis. *Annals of Nuclear Energy*, 113, 177–193. doi:10.1016/j.anucene.2017.10.047
2. Pradhan, S. K., Acharya, D., & Das, D. K. (2022). Internal model control based proportional-integral controller with class topper optimization for power control of molten salt breeder reactor core. *Annals of Nuclear Energy*, 165, 108675. doi:10.1016/j.anucene.2021.108675

*Zhdanova O.V.*

## **SPECIFIC FEATURES OF REQUIREMENT MANAGEMENT TOOLS WHILE IMPLEMENTING LARGE-SCALE PROJECTS**

*Joint Stock Company PRORYV*

*1, Dollezhal' Square, Moscow, the Russian Federation, 107140,  
e-mail: zh dov@pnproryv.ru*

The construction of complex engineering facilities is an important task of the 21<sup>st</sup> century, especially if we take into account the constant growth in scale and complexity of project management methods, short deadlines for project implementation, growing risks, and increasing complexity of the scientific and technical problems. All these factors require from IT tools a high performance, and the ability to adapt quickly and expand its functionality.

The presence of a large number of software products with different sets of functionalities and the constant expansion of the market for IT solutions makes it difficult for any organization involved in large-scale projects to choose a requirements management tool. Tools for managing requirements help keeping specifications consistent, up-to-date and accessible. The choice of a tool is influenced by the size of the organization and the project, the budget, the level of maturity of the requirements management process in a particular organization, the needs of stakeholders. External factors beyond the control of the organization (e.g., regulatory legal acts of the country, availability of the tool in a particular country) may impose restrictions as well.

The experience of the Proryv project has proven that even in the conditions of restrictions it is possible to select and implement a tool that will not only satisfy the key requirements that are put forward in the world, but also have a number of advantages.

### REFERENCES

1. ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering.
2. Beatty J. et al. Requirements Management Tool Evaluation Report / Joy Beatty, Megan Jackson Stowe, Amanda Cardenas, David Reinhardt, Jonathan Bartlet, INCOSE. – 2016. – 28 p.
3. M. Hoffman et al, Requirements for Requirements Management Tools / Matthias Hoffmann, Nikolaus Kühn, Matthias Weber, Margot Bittner // International 21 Conference on Requirements Engineering. – Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press. – 2004. – pp. 301-308.
4. Parker H. 15 of the Best Requirements Management Tools / Haillie Parker, February 13, 2024. URL: <https://clickup.com/blog/requirements-management-tools>.

*Секция  
Социальные и экономические проблемы  
инновационного развития атомной отрасли*

---

*Арендаренко Г.О., Вотякова И.В.*

## **ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ В ГК РОСАТОМ**

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

Основной ценностью любого современного общества являются его люди, из-за чего возникает потребность постоянного наращивания человеческого капитала и концепция непрерывного обучения.

Чтобы оставаться конкурентоспособными, сохранять и увеличивать своё присутствие на ранке предприятия ядерной отрасли также адаптируют данную концепцию, интегрируя в свои рабочие процессы программы подготовки и переподготовки персонала. Данный процесс является одной из важнейших мер по обеспечению необходимой компетентности различных категорий персонала и одним из важных видов работ, в рамках общей системы управления по обеспечению безопасности и улучшению организационной деятельности и работы персонала атомной отрасли.

Система обучения и развития работников атомной отрасли выстроена по трем основным векторам: управленческому, экспертному и проектному. Управленческий вектор нацелен на развитие руководителей, способных выполнить стратегические цели Госкорпорации «Росатом»; экспертный и проектный - на повышение профессиональной квалификации работников в области их специализации или в сфере специальных интересов Госкорпорации.

Для поддержания и повышения профессионального уровня рабочего персонала СХК принимает активное участие в программах повышения квалификации, проводимых ГК Росатом, равно как и реализует собственные проекты по данному направлению. В результате осуществляется непрерывное дополнительное профессиональное образование работников.

Нами рассмотрены результаты работы по развитию кадрового потенциала атомной отрасли, накоплению человеческого капитала региона средствами доступного профессионального образования.

*Волчкова И.В., Вотякова И.В.*

## **ИННОВАЦИИ И ЗАНЯТОСТЬ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ: ПЕРЕСМОТР РОЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА**

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

В современном мире инновации играют важную роль в развитии ядерной энергетики, привнося новые технологии в производственный процесс. Однако вместе с инновациями возникают новые вызовы для рынка труда. Развитие технологий и внедрение инновационных решений обуславливает необходимость переосмысления роли человеческого потенциала, требуя от работников актуальных знаний, компетенций и навыков для работы с новым оборудованием и технологиями. Пересмотр роли человеческого капитала в ядерной энергетике также связан с акцентом на инновационное мышление и способность адаптации к быстро меняющимся условиям работы. С учетом изменений в требованиях к рабочей силе необходимо непрерывно совершенствовать образовательные технологии и систему профессиональной подготовки [1, 2]. Технологический прогресс в области ядерной энергетики требует умения работать с высокотехнологичным оборудованием, что подчеркивает важность профессионального обучения и переподготовки персонала. Кроме того, человеческий фактор остается ключевым аспектом в обеспечении безопасности в ядерной энергетике. Вместе с технологическими инновациями необходимо уделять особое внимание обучению персонала и развитию культуры безопасности.

Таким образом, современная ядерная энергетика стоит перед двойным вызовом, состоящим в необходимости инновационного развития и адаптации рабочей силы к новым требованиям. Инновации играют ключевую роль в повышении эффективности отрасли, однако вместе с этим они предъявляют новые требования к рынку труда и развитию человеческого потенциала.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Волчкова И.В., Суханова Е.А., Грузных С.Н. Развитие человеческого потенциала как актуальный контекст трансформации системы образования России // Научно-педагогическое обозрение. 2023. № 6 (52). С. 122–133.
2. Волчкова И.В., Смышляева Л.Г. Развитие человеческого потенциала в системе высшего образования: приоритеты и механизмы // В сборнике: Наука и образование. Материалы II Международной научно-практической конференции. Томск, 2022. С. 7–10.

*Волчкова И.В., Вотякова И.В.*

## **ОБУЧЕНИЕ И ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ БЫСТРО МЕНЯЮЩЕГОСЯ РЫНКА ТРУДА**

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

Сегодня атомная энергетика является важным элементом в обеспечении энергетической стабильности и устойчивого развития России. Ускорение технологического развития энергетического сектора создает новые вызовы и возможности для этой отрасли. Одним из важных аспектов является обеспечение необходимой квалифицированной рабочей силы через обучение и переподготовку кадров.

Быстрое технологическое развитие требует непрерывного обновления знаний и навыков сотрудников для работы с новым оборудованием и технологиями. Поэтому разработка гибких образовательных программ, в том числе на основе микроквалификаций [1], становится в настоящее время актуальной задачей. Технологический прогресс в области ядерной энергетики требует умения работать с высокотехнологичным оборудованием, что подчеркивает важность профессионального обучения и переподготовки персонала. При этом для развития универсальных навыков необходимо применение междисциплинарного подхода в образовательном процессе.

Не менее важным является сотрудничество между учебными заведениями и предприятиями в разработке содержания образовательных программ, отвечающих потребностям современной ядерной промышленности. Такой подход способствует не только формированию учебных материалов, обеспечивающих студентам необходимые знания и навыки, но и развитию профессиональной сети, обмену опытом и передаче практических знаний от опытных специалистов к новому поколению работников атомной промышленности.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Суханова Е.А., Смышляева Л.Г., Ларионова А.В., Климова Т.А., Абрамова М.О., Грузных С.Н., Дмитриева Л.В., Волчкова И.В., Степанов С.А. Трансформация практики ДПО в российских университетах: переход к сопровождению развития потенциала человека // Научно-методические рекомендации / Томск, 2023.

*Гаман Л.А.*

## **АКАДЕМИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

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

В современном обществе неуклонно нарастают и усложняются процессы социальной мобильности. Люди сталкиваются с новыми факторами, напрямую влияющими на социальную мобильность. В значительной степени они обусловлены широким распространением информационных технологий (сотовой связи, спутникового телевидения, Интернета), внедрением программного обеспечения во все сферы жизни («софтверизация»), становлением цифровой экономики. К числу последствий информатизации всех сфер общества относятся изменение структуры занятости населения, «умирание» старых и появление новых профессий, экологические проблемы, появление незнакомых ранее человеку возможностей и рисков.

Одна из распространенных в настоящее время форм социальной мобильности связана с образованием и научной деятельностью. Данная тема вызывает интерес исследователей. Она затрагивается в работах таких авторов, как Шеллер М., Л.В. Дериглазова, Рязанцев С.В., Черныш М.Ф., другие. Для восполнения демографического потенциала России грамотными, квалифицированными кадрами, интегрированными в российскую действительность, важной является образовательная и научная миграция. Ярким ее примером является международная академическая мобильность студентов и ученых, которая подразумевает временное пребывание в другой стране на определенный период обучения или стажировки. Международная академическая мобильность призвана обеспечивать взаимовыгодное сотрудничество между странами. Как отмечают исследователи, непосредственная коммуникация студентов и ученых способствует формированию, а затем продвижению положительного образа страны, выполняя роль «мягкой силы». Академическая мобильность выступает фактором конкурентоспособности на международном рынке образовательных услуг. Не последнюю роль играет также поиск и привлечение в экономическую сферу талантливых людей. Таким образом, академическая мобильность студентов и ученых является важным фактором укрепления конкурентоспособности страны, способствует укреплению международных связей.

*Данилова М.Н., Уфимцева Е.В., Подопригора Ю.В.*

## **ВОПРОСЫ ПРЕИМУЩЕСТВА РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МКД**

*Томский государственный архитектурно-строительный  
университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,  
e-mail: mar\_n\_d@mail.ru*

Реализуя экологическую (зеленую) политику, РФ заинтересована в энергосбережении и росте энергетической эффективности, а соответственно и в том, чтобы число многоквартирных домов с высоким классом энергетической эффективности постоянно увеличивалось [1].

Государство создаёт условия для стимулирования данного процесса. Одним из основных направлений указанной поддержки является льгота по налогу на имущество для вновь вводимых объектов, имеющих высокий уровень энергетической эффективности. Исключения составляют нежилые здания. Интересно предложение общероссийского народного фронта в области сокращения процентной ставки по ипотеке примерно на 1 п. п. в отношении приобретения энергоэффективного жилья с одной стороны, а также ограничения применения на территории страны льготных программ в сфере кредитования на новостройки классом ниже В, с другой стороны.

Авторами отмечается, что процесс повышения класса энергоэффективности МКД наилучшим образом отражается на аспектах качества условий проживания в таком объекте. Так, наличие самых современных элементов светодиодного освещения, качественной теплоизоляции, высокой герметичности фасада и ограждающих конструкций, энергосберегающего оборудования, приборов учета, индивидуальных тепловых пунктов с погодным регулированием являются фундаментом для комфортных условий для проживания собственников в МКД с высоким классом энергоэффективности.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кривошеин Ю.О., Цветков Н.А., Толстых А.В., Хуторной А.Н., Колесникова А.В., Петрова А.В. Эффективная солнечная система горячего водоснабжения для северных территорий [Электронный ресурс] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – Томск, Изд-во ТТГАСУ, 2020. – Том 22 (6). – С. 119–131. URL: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2020-22-6-119-131> (дата обращения: 16.04.2024).

*Жабина А.М., Гаман Л.А.*

## **ДЕЙСТВИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ НА ХИМКОМБИНАТЕ «МАЯК» И ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,  
e-mail: azhabina929@gmail.com*

История России второй половины XX в. отмечена рядом крупных радиационных аварий. Это прежде всего аварии на химическом комбинате «Маяк» и Чернобыльской АЭС, которые привели к многочисленным человеческим жертвам, разрушениям, загрязнению обширных территорий. Масштабы аварий потребовали проведения мер по ликвидации их последствий. Целью данной работы является освещение действий по ликвидации последствий аварий на химкомбинате «Маяк» и Чернобыльской АЭС в их сравнении. Данная проблема привлекает внимание исследователей, среди которых В.А. Седнёв, А. Овсяник, С.И. Воронов, др. Актуальность данной работы определяется необходимостью изучения действий ликвидаторов с целью углубленного понимания этих трагических событий. Авария на химкомбинате «Маяк» произошла 29 сентября 1957 г. Были загрязнены более 20 тыс. кв. км. территорий Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областей. Действия по ликвидации последствий аварии проводились одновременно: возводились промышленные объекты, строились тоннели, мосты, дамбы и т.д. Привлекался труд волонтеров. Этот опыт позднее был учтен при ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Однако обстановка секретности препятствовала комплексному преодолению последствий аварии. На Чернобыльской АЭС авария произошла 26 апреля 1986 г. Правительство разработало меры по ликвидации аварии, но первоначально также действовало в обстановке секретности, что привело к дополнительным жертвам. Утром 27 апреля было принято решение об эвакуации населения почти 30 тыс. города, в том числе 14.5 тыс. детей. Спустя 5 суток было решено эвакуировать населенные пункты в 30 км. зоне вокруг ЧАЭС. В историю вошел героический труд ликвидаторов катастрофы. Большую помощь оказывали волонтеры. В 1990-е гг. в России начинает разрабатываться законодательство по защите прав ликвидаторов и лиц, пострадавших от радиационных аварий. Опыт действий ликвидаторов является ценным ресурсом и должен учитываться при разработке мер защиты населения от радиационной опасности.

*Искужин Б.Э., Курсанова Е.С.*

## **О СЕПАРАТИЗМЕ КАК ПРОБЛЕМЕ В СОВРЕМЕННОМ МНОГОНАЦИОНАЛЬНОМ МИРЕ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: AtomicStudent@yandex.ru, iskuzhin04@bk.ru,  
zavkir@mail.ru*

Актуальность данной проблемы связана с увеличением числа сепаратистских выступлений, как на территории России, так и в регионах зарубежных стран. Тема сепаратизма присутствует в новом законодательстве России, что подчеркивает значимость данной темы для современной общественно – политической ситуации. Так, в 2008 году был принят федеральный закон № 433 – ФЗ «О внесении изменений в Уголовный кодекс РФ», согласно которому появилась статья в УК о наказании за публичные призывы к нарушению целостности страны.

Изучению проблемы сепаратизма посвящено немало работ. Такие авторы, как Лысак А.В., Сараф М.Я., Тишков В.А. и др. освещают основные причины сепаратизма, их связанность с историей и геополитикой, возможные решения данной проблемы.

Сепаратизм – это территориальное политическое движение, цель которого – отделить от государства часть его пространства и создать свое независимое государство. Под сепаратизмом понимают и политические программы, и действия по достижению независимости.

Важнейшая черта любого государства – его суверенитет, то есть верховенство публичной власти на своей территории и независимость во внешнеполитических отношениях. Принцип неотчуждаемости государственной территории означает, что никакая часть пространства страны не может быть отчуждена, передана другому государству или объявлена независимой, кроме как вследствие собственного свободного решения самого государства.

В качестве основных причин сепаратизма, исследователи выделяют следующие факторы: экономико-географические факторы, этнические факторы, внешнеполитические факторы.

Нерешенные проблемы ведут к национальным разногласиям, которые перерастают в столкновения и политические противоборства. Этим пользуются внешние политические силы, чтобы посеять анархию в стране. Главная задача – не допустить разжигание межнациональной розни.

*Кикенина И.К., Ретунская Т.Н.*

## **ОСОБЕННОСТИ РЕЧЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ ИНТРОВЕРТИРОВАННОГО И ЭКСТРАВЕРТИРОВАННОГО ТИПОВ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ**

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

Основной связью человека с окружающим его социумом является речевая деятельность. В период своего обучения студенты, помимо общения, часто сталкиваются с необходимостью публичного выступления. В то время как одним публичные выступления даются легко, другим - с определенными трудностями в этой сфере. Изучение особенностей речевого поведения интровертированного и экстравертированного типов личности позволяет понять источники и последствия этих различий, а также эффективно развить навыки публичного выступления.

Двухфакторная модель Г. Айзенка позволяет с помощью показателей экстраверсии-интроверсии и нейротизма оценить направленность личности на внутренний или внешний мир, а также выявить уровень эмоциональной тревожности. Типы личности, выявляемые при помощи модели Айзенка, коррелируют с типами темперамента. С помощью метода наблюдения и изучения данной модели можно рассмотреть особенности речевого поведения личности студентов.

Знание своих речевых особенностей дает возможность развивать навыки вербального общения. Во время обучения в вузе происходит становление и развитие языковой личности студентов, будущих специалистов. В данном исследовании представлены результаты изучения особенностей речевого поведения интровертированного и экстравертированного типов личности студентов, методы успешной вербальной коммуникации.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Коренева А.В.* Учет индивидуальных особенностей студентов в процессе развития речевой деятельности // Вестник ТГУ. – 2009. – №9(77). – С. 269–275.
2. *Лоскутова А.С.* Типы личности студентов и специфические для них характеристики речевой деятельности // Вестник РУДН, серия Психология и педагогика. – 2011. – №1. – С. 88–91.

*Курсанова Е.С.*

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ И ПЕРЕХОД НА НАЦИОНАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ**

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

Высшее образование в России находится в состоянии перманентно осуществляемых преобразований уже на протяжении более двух десятилетий. При этом стоит подчеркнуть, что одной из важных целей реформ, начало которых относится к 2000г., было обеспечение конкурентной способности российского образования в условиях вхождения России в глобальное образовательное пространство с его рыночными механизмами. Как показывают исследования российских ученых российское образование действительно достигло определенных успехов в этом направлении. В то же время следует подчеркнуть, что уже с начала реформ учеными высказывались предостережения, что использование развитыми странами преимуществ глобализации и ее механизмов может привести к преобладанию ценностей, сложившихся внутри западной культуры и противоречащих традиционным российским ценностям, что приведет к разрушению национальной российской культуры и присущей ей системы ценностей, которые не утрачены народом и которые на протяжении столетий позволяли этому народу выжить. Эти опасения подтвердились возникновением негативных тенденций в сознании подростков и молодежи последних десятилетий [1].

В этой связи отправленный в общество и научно-педагогическому сообществу президентом В.В. Путиным послы о необходимости создавать национальную модель образования при всей пока еще неопределенности ее, несет в себе важную мысль — российское образование должно готовить специалистов прежде всего для национальной экономики, способствовать становлению их как граждан своей страны, патриота своего государства, носителя ценностей национальной и мировой культуры.

Следовательно, можно констатировать, что началась корректировка проводящейся в России реформы образования, направленная на сохранение социокультурной идентичности.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *О.И. Курсанов, Е.С. Курсанова «Гуманитарные науки в инженерно-техническом вузе и проблема воспитания» // Высшее образование в России 2012. № 8-9. С.104-110.*

Луценко А.В.

## КЛЮЧЕВОЙ РЕСУРСНЫЙ ФАКТОР НАЧАЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ США В XIX ВЕКЕ

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

Начальный период развития индустриального общества характеризуется обострением потребности в трех видах ресурсов, необходимых для формирования крупного фабричного производства: природном сырье, сельскохозяйственной продукции и рабочей силе. Первый ресурс приносит практически чистый доход (за вычетом средств на эксплуатацию), а последние два приходится уже специально производить, что увеличивает общую сумму издержек на функционирование хозяйственной системы.

С момента провозглашения независимости США осуществляли производство сельскохозяйственной продукции с предельно низкими издержками, максимально используя свой главный природный ресурс – пригодные для обработки земли. Так, первые 13 штатов располагались в субтропиках, а их экономика базировалась на плантационном рабстве, что гарантировало землевладельцам сверхдоходы даже с учетом необходимости ввоза «черного дерева» из Африки. С расширением территории в 1830-х – 1840-х годах эта форма организации хозяйства распространилась на земли нынешнего Среднего Запада. Низкая квалификация рабов-негров компенсировалась за счет «импорта» взрослых обученных работников из Европы, которых вначале привлекли месторождения золота в Калифорнии, а затем инициированный президентом Линкольном закон о гомстедах, дававший любому человеку, достигшему 21 года и являющемуся главой семьи, право претендовать не только на гражданство США, но и на 160 акров (65 гектаров) бесхозной земли, включая населенные индейцами территории Дикого Запада.

Таким образом, в XIX веке были заложены основы для устойчивого роста национальных капиталов США: на высокоплодородных землях, *бесплатно* отнятых у коренного населения, был организован *бесплатный* труд рабов, которых затем сменили иммигранты, чья профессиональная подготовка и даже переезд из Европы *тоже ничего не стоили* ни «большому бизнесу», ни государственным структурам США, – *и все эти сугубо нулевые издержки гарантировали запредельно интенсивный рост общей массы американских капиталов в течение всего XIX столетия.*

*Колпаков К.И., Вотякова И.В.*

## **КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАСЛИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫМИ КАДРАМИ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ КВАЛИФИКАЦИИ**

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

Проблема кадрового потенциала в отраслях связана с нехваткой квалифицированных специалистов и недостатком уровня их квалификации, что создает трудности для компаний в поиске нужных сотрудников и снижает конкурентоспособность отрасли. Кадровый голод технических специальностей в России обусловлен несколькими факторами: проблема устаревания кадрового потенциала в технических сферах из-за нехватки обновления знаний и навыков среди уже работающих специалистов; высокая оценка опыта на рынке труда. Таким образом, кадровый голод в технических специальностях в России сегодня остается актуальной проблемой, требующей комплексного подхода.

Решение проблемы предполагает постоянное обучение и повышение квалификации сотрудников. Это может осуществляться через внутренние образовательные программы, тренинги, а также взаимодействие с внешними образовательными учреждениями и консультантами. Способы повышения квалификации специалистов включают обучение новым технологиям, развитие мягких навыков (коммуникативные, управленческие и др.) и применение современных методик работы. Обучение молодых специалистов необходимо для обеспечения отрасли квалифицированными кадрами в будущем.

Можно ли сделать человека без высшего образования квалифицированным специалистом? Да, можно. Существуют альтернативные способы обучения (профессиональное обучение, сертификационные программы, онлайн-курсы и другие), позволяющие людям без высшего образования стать квалифицированными специалистами.

Таким образом, важность обучения и повышения квалификации для успешного развития отрасли является неотъемлемым условием для ее функционирования, что требует должного внимания и ресурсов.

*Огнева А.А., Ретунская Т.Н.*

## **ИДЕНТИЧНОСТЬ КАК ФАКТОР СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ**

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

Проблема идентичности возникла в рамках гуманистической парадигмы, которая акцентирует внимание на свободе, ответственности и осмысленности жизни. Идентичность определяется как внутренняя непрерывность самопереживания индивида, внутреннее равенство с собой, интеграция переживаний тождественности с собой и с социальными группами. Э. Эриксон выделяет три основных аспекта идентичности: чувство идентичности, процесс формирования идентичности и идентичность как результат.

Кризисы идентичности могут быть вызваны разными причинами, такими как изменение тела, потеря памяти, осознание временности, страх смерти, неверные образы самости и разочарование в моральных нормах. То есть кризис идентичности возникает, когда «Я» отвергает самость. Преодоление кризисов требует частичного отрицания своей самости и формирования новой идентичности, основанной на круге близких людей. Нарушения идентичности связаны с трудностями социально-психологической адаптации, уязвимостью перед стрессовыми событиями и развитием психических патологий. Согласно К. Ясперсу, идентичность - это один из четырёх формальных аспектов самосознания. Она включает в себя чувство деятельности, осознание социального единства и собственной идентичности от остального мира.

Идентичность играет важную роль в социальной адаптации, поскольку осознание своей социальной принадлежности и принадлежности к определенным группам помогает человеку успешно адаптироваться в обществе, находить свое место, устанавливать социальные связи и интегрироваться в различные группы.

*Огнева А.А., Воробьева Е.С., Якубова М.И.*

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА БОРА В РОССИИ**

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

На сегодняшний день рынок трифторида бора ( $\text{BF}_3$ ) в России носит локальный характер. Ключевыми импортерами трифторида бора в мире являются США, Китай и Германия. Однако, спрос на  $\text{BF}_3$  в России растет в связи с его активным применением в таких отраслях как: химическая промышленность, катализ органического синтеза, производство полупроводников, стекла и электроники, задействован в нефтепереработке, фармацевтике и научно-исследовательских целях. Основным поставщиком  $\text{BF}_3$  в Россию на данный момент является КНР. Однако покупатель сталкивается с рядом рисков: высокие цены; низкие концентрации целевого продукта, недотягивающие до стандарта и непригодные для использования в микроэлектронике; нестабильность взаимоотношений с другими странами, санкции на химическую продукцию; чрезмерно большие объемы производства, не исключающие риск бракованной партии; примесные содержания из-за неизвестной технологии получения, либо нет достоверных документов об исходном сырье.

Развитие производства трифторида бора в России имеет ряд преимуществ: технология получения  $\text{BF}_3$  основана на реакции тетрафторбората натрия с оксидом бора и концентрированной серной кислотой с дальнейшей очисткой от примесей путем многостадийного процесса сорбции. На выходе из каскада U-образных колонн получается газ чистотой  $> 99\%$ , что является значимым показателем для его дальнейшего применения в различных отраслях. Помимо этого, будет обеспечена персональная доставка до потребителя.

В работе были рассмотрены экономические аспекты производства трифторида бора, в частности проанализированы ключевые затраты производства  $\text{BF}_3$ , произведен расчет себестоимости одного баллона  $\text{BF}_3$ , проведена оценка конкурентоспособности с точки зрения целесообразности развития производства трифторида бора на территории России.

*Ретунская Т.Н.*

## **ПСИХОЛОГИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ЛИЧНОСТИ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: rvp070851@mail.ru*

Происходящие изменения современной реальности и их последствия для социального мира и жизни отдельного человека становятся вызовами современной психологии, требуя пересмотра традиционных устоявшихся представлений, теоретических концепций и объяснительных моделей.

Если в XX веке психология была сфокусирована на проблеме устойчивости, то в XXI веке она уже сосредоточена на проблеме изменений как абсолюта.

Само понятие «изменение» поменяло свой смысл и перестало быть антитезой устойчивости. Напротив, в современной науке утверждается представление об имманентной связи между сохранением и изменением, благодаря которому и обеспечивается устойчивое существование биологических и социальных систем.

На протяжении большей части XX века психологи пытались найти суть личности в стабильных и неизменных структурах, установках, типах и чертах характера. Но мы все больше и больше начали осознавать, что не только меняется мир, но и мы меняемся. Личность не есть раз и навсегда сформированный продукт, а есть процесс становления, о чем еще в середине прошлого века заявил Гордон Олпорт, американский психолог.

Курт Левин, американский психолог считал важнейшими для психологии вопросы динамики, используя понятия «психологическое напряжение», «психологическая сила» и «текучесть», обеспечивающие «равновесие в движении».

Общие закономерности динамики Левина находят подтверждение в современных исследованиях личности и потенциала ее изменчивости в работах И. Пригожина как «философия нестабильности»; Д.А. Леонтьева «природа личности как широкий диапазон возможностей»; «изменяющаяся личность в изменяющемся мире» А.Г. Асмолова.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Асмолов А.Г. Психология современности: вызовы неопределенности, сложности и разнообразия // Психологические исследования. 2015. Т. 8, №40.

*Подопригора Ю.В., Уфимцева Е.В., Данилова М.Н.*

## **РАЗВИТИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

*Томский государственный архитектурно-строительный  
университет  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,  
e-mail: y.v.p@rambler.ru*

Во всем мире наблюдается активное движение по экологизации строительного сектора. Одним из важных достижений для перехода к устойчивой модели экономики РФ является принятие национального «зеленого» стандарта для жилых многоквартирных зданий, который был разработан ДОМ.РФ при участии Минстроя. Стандарт включает несколько критериев, ключевым из которых является энергоэффективность.

Эффективное развитие экоэкономики возможно только на базе экоинноваций [1]. Энергоэффективные технологии сфокусированы на создании здоровой и благополучной среды в жилых комплексах. Проверить, относится ли дом к «зеленым» можно на сайте информационной системы жилищного строительства Минстроя.

В настоящее время больше всего строится «зеленого» жилья в Москве, Московской, Свердловской, Тюменской областях и Санкт-Петербурге такими застройщиками, как ПИК, ГК Самолет и ДОНСТРОЙ.

Сегодня 50% участников российского строительного сектора, согласно опросу, используют «зеленые» технологии [2]. Зеленое строительство снижает энергопотребление здания на 30%, выбросы углекислого газа – на 35%. Эксплуатационные расходы «зеленых» зданий значительно ниже. Одним из экономических стимулов развития «зеленого» строительства является зеленая ипотека.

Таким образом, «зеленые» стандарты открывают огромные возможности в энергоэффективное будущее при правильном сопровождении.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Современные жилые комплексы университетского города в контексте экоэкономики / А. М. Елисеев, Ю. В. Подопригора, Е. В. Уфимцева, Т. В. Захарова // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2019. – № 45. – С. 282-295. – DOI 10.17223/19988648/45/19. – EDN VZVXXJ.
2. Зеленое строительство тормозит спрос. – URL: <https://дом.пф/медиа/сми/зеленое-строительство-тормозит-спрос/> (дата обращения: 19.04.2024).

Сапунов А.Р., Ретунская Т.Н.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ СТУДЕНТОВ В СТИ НИЯУ МИФИ

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

Процесс получения образования на любом этапе представляет собой серьезное испытание для обучающегося. Однако само по себе обучение развивает, в основном, так называемые *hard skills* – «жесткие навыки», которые являют собой предметные прикладные знания. Вместе с ними человек может приобретать и «гибкие навыки» – *soft skills*. Последние являются «сквозными», т.е. не связанными с конкретной дисциплиной; их наличие позволяет успешно работать в команде, обеспечивать высокую производительность труда, получать удовлетворение от работы, быть коммуникабельным, способным к решению нестандартных задач.

Обобщая, можно сказать, что *soft skills* позволяют качественно взаимодействовать с окружающим миром вокруг и решать возникающие проблемы и задачи. Приобретение этих навыков сегодня является едва ли не более ценным, чем получение непосредственно предметных знаний. Однако, зачастую, в ВУЗах (как и в школах) им практически не уделяется внимания. Как следствие, выпускники могут иметь значительный кругозор в профессиональной сфере, но, например, не могут решать элементарные задачи при работе в команде. В этой связи становится актуальным говорить о *профессиональной адаптации* студентов – процессе, при котором в ходе обучения в учебном заведении уделяется значительное внимание гибким навыкам, в результате чего выпускник учреждения получает те качества, которые могут быть даже более ценны, чем *hard skills*, особенно в свете того, что в современной действительности знания могут устаревать очень быстро.

Настоящая работа состоит из анализа текущих навыков, умений и настроя к учебе у студентов СТИ НИЯУ МИФИ и возможных предложений по улучшению образовательного процесса ради конкретной цели – адаптации учащихся и получении ими надпредметных знаний, понимания которых порой так сильно не хватает персоналу и руководству самого разного уровня. Кроме того, работа призвана продемонстрировать важность гибких навыков в сегодняшнем переменчивом мире, когда за один день целая профессия или отрасль может уйти с рынка, оставив лишь строчку в истории.

*Сарапова С.Ю., Гаман Л.А.*

## **УПРАВЛЕНИЕ ТАЛАНТАМИ КАК СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ОРГАНИЗАЦИИ**

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

В настоящее время происходят глубокие изменения в понимании роли человеческого ресурса в развитии организации, в поддержании ее конкурентоспособности. Все более утверждается понимание того, что именно сотрудники являются ее наиболее ценным капиталом. В этой связи все более востребованы новые технологии управления персоналом, одной из которых является управление талантами. Если сотрудники не понимают свою значимость, не вовлечены в производственные процессы, если у них нет стимула постоянно развиваться, а в компании нет соответствующей корпоративной культуры, то в условиях современного общества предприятие неизбежно становится неконкурентоспособным. Актуальность данной работы определяется необходимостью изучения управления талантами как эффективной стратегии развития человеческого капитала в организации. Данная тема привлекала и продолжает привлекать внимание исследователей, среди которых Д. Уоткинс, М. Армстронг, М.В. Полевая, Ю.Г. Одегов, другие. Как показывают авторы, основной движущей силой развития талантливых работников в организации является их желание исследовать, учиться, развивать и применять свои способности. При работе с такими сотрудниками необходимо привлекать их к творческим проектам, а также создавать условия для развития их способностей. В этой связи вызывает интерес исследование одной из крупнейших в мире консалтинговых компаний McKinsey & Company – «Война за таланты», которое проводилось в 1996-2000 гг., результаты которого были опубликованы в 2001 г. Согласно результатам исследования, были выделены основные принципы успешного привлечения талантов, как конкурентного преимущества организации. К их числу относятся: «применение установки на таланты»; «применение привлекательных предложений при найме»; «пересмотр стратегии найма»; «обеспечение непрерывного развития персонала»; «дифференцирование и вдохновение сотрудников компании». Для привлечения талантов особое значение имеет корпоративная культура организации, которая способствует или наоборот сдерживает развитие талантов. Некоторые методы управления талантами успешно применяются в «Росатоме».

*Семенычева А.Н., Бурмистрова А.А., Вотякова И.В.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

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

Производство электроэнергии осуществляется различными способами, например использование ископаемых топлив (нефть, уголь, природный газ), ядерной энергии (уран, плутоний), возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, гидроэнергия, геотермальная энергия, биомасса, морская) и других технологий. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного источника зависит от множества факторов, включая доступность ресурсов, экономическую эффективность, экологическую устойчивость и технологическую готовность.

Инвестиции в возобновляемые источники энергии способствуют созданию новых рынков и возможностей для бизнеса, что способствует экономическому развитию и росту.

Развитие отрасли возобновляемой энергетики способствует увеличению конкуренции на энергетическом рынке, что может привести к снижению цен на энергию для потребителей.

Использование возобновляемых источников энергии способствует сокращению затрат на импорт ископаемых топлив, что улучшает торговый баланс страны.

Создание рабочих мест в сфере возобновляемой энергетики способствует увеличению доходов населения и снижению уровня безработицы.

Переход к использованию возобновляемых источников энергии способствует снижению зависимости от колебаний цен на нефть и газ, что повышает стабильность экономики.

Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, имеют огромный потенциал для сокращения выбросов парниковых газов и снижения зависимости от ископаемых топлив.

Эффективность возобновляемых источников энергии постоянно растет благодаря технологическому прогрессу, что делает их более доступными и конкурентоспособными по сравнению с традиционными источниками.

*Смирнова Т.Л.*

## **ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

*Томский государственный архитектурно-строительный  
университет  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,  
e-mail: ctl2023@mail.ru*

Роль ядерной энергетики в формировании низкого уровня выбросов загрязняющих веществ имеет важное значение для повышения инвестиционной привлекательности коммерческих проектов, устойчивого и долгосрочного развития национальной экономики. Приоритетными регионами реализации инвестиционных проектов в ядерной энергетике являются Азия, Африка и Латинская Америка, с растущим спросом на электроэнергию [1].

Инвестиционные проекты ГК «Росатом» направлены на реализацию программы создания надежной и безопасной промышленной инфраструктуры, привлечение кредитных ресурсов, финансирование продления жизненного цикла АЭС и строительства новых энергоблоков. Сложностью реализации таких проектов для инвестора является поиск первоначальных ресурсов, подбор квалифицированных специалистов, государственный контроль стандартов технологической безопасности, экологические платежи и увеличение затрат на инфраструктуру [2].

Базовыми составляющими эффективности инвестиционных проектов в ядерной энергетике являются экологическая, ресурсная, бюджетная и социальная [3]. Возможности участия частных компаний в инвестиционных проектах в ядерной энергетике ограничены из-за государственной политики по передаче ядерных технологий, недостаточного развития страхования рисков, высокой волатильности валютного рынка. В сегменте долгосрочных инвестиций в ядерной энергетике активно конкурируют за реализацию бизнес-проектов такие компании, как японская ТЕРСО, южнокорейская КЕРСО, французская AREVA, канадская BWXT и американские Westinghouse, Uranium Energy Corp, используя инновационные технологии.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Итоги деятельности ГК Росатом [Электронный ресурс]. – <https://report.rosatom.ru> (дата обращения: 15.04.2023).
2. Смирнова Т.Л. Тенденции бюджетного финансирования инфраструктуры в России // Экономические отношения. – 2019. – Т.9. – №3. – С.2093-2106.
3. Progress by innovation. Annual report 2023 [Электронный ресурс]. – <https://www.unido.org> (дата обращения: 15.04.2023).

*Смирнова Т.Л.*

## **РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет*

*634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,  
e-mail: ctl2023@mail.ru*

Социальная инфраструктура в ядерной энергетике реализует цели устойчивого развития, которые отражены в программном документе ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития и на период до 2030 года» [1]. Развитие социальной инфраструктуры в национальном проекте ядерной энергетики учитывает принципы экологической безопасности, эффективности воспроизводства профессиональных компетенций специалистов, создания стабильных и качественных рабочих мест, координации интересов заинтересованных сторон на основе бюджетных ограничений. Социальная инфраструктура в ядерной энергетике – это институциональное партнерство, которое объединяет на законодательном уровне наемных работников, профсоюзы, вендеров ядерных технологий, международные организации, государственные органы власти, образовательные центры для реализации базовых стандартов социальных гарантий.

Программы качественного образования востребованы в странах, которые активно создают энергетику будущего на базе инновационных технологий топливного цикла [2]. К ним относятся Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Египет, Турция, Бангладеш, Индия, Китай, Вьетнам. Развитие социальной инфраструктуры в ядерной энергетике обеспечивает снижение уровня конфликта интересов стейкхолдеров, сокращение издержек на вовлечение и адаптацию молодых специалистов, сертификацию и поддержку ключевых компетенций персонала, разделение зоны ответственности и перераспределение рисков между экспертными сообществами.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития и на период до 2030 года // Организация объединенных наций [Электронный ресурс]. – <https://www.un.org> (дата обращения: 15.04.2023).
2. *Smirnova T.L.* The globalization process and labor force in national economy: challenges and strategic responses // Profmarket: education. language. Success: сборник трудов конференции. – Севастополь, 2018. – С.290-294.

*Сусакин В.А., Луценко А.В.*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ УНИВЕРСИТЕТОВ ЦАРСКОЙ РОССИИ: ПАТРИОТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,  
e-mail: bvp8eebk@gmail.com*

Одним из важнейших аспектов современного образования в сложившейся в настоящее время геополитической ситуации является патриотическое воспитание учащихся. В качестве примера данная работа рассматривает неопределимый вклад университетов периода Царской России в помощь пострадавшим от военных действий.

Начало патриотической работе с молодежью в Томске было положено в 1876 году, когда семьям славян Боснии и Герцеговины, пострадавшим от турок, были посланы денежные средства, собранные «всем миром». Вплоть до начала Первой Мировой войны православным Балканского полуострова, боровшимся за веру и отечество, томичи регулярно посылали благотворительные пожертвования. В период Первой Мировой Войны студентами было организовано множество культурных мероприятий, благотворительных спектаклей и концертов, средства с которых отправляли на фронт, в общества помощи раненым, а также семьям, кормильцы которых погибли в боях. Всего в помощь семьям фронтовиков было собрано 78 тысяч рублей. Большой вклад в организацию и проведение сбора всех этих средств внесли студенты Томского университета, Технологического института, учащиеся томских гимназий, народных и реальных училищ. Также осуществлялась регулярная отправка из Томска посылок для фронтовиков с новым бельем, портянками, мылом, чаем, сахаром, табаком, спичками и «прочими вещами» – и все это делалось при активном участии студентов и школьников.

Подобный уровень добровольной благотворительной деятельности свидетельствует о высоких показателях патриотического воспитания в царской России. Опыт данного исторического периода может быть полезен и в наше время, когда особенно остро стоит вопрос организации волонтерской деятельности, направленной на поддержку социально незащищенных групп населения, не исключая семьи участников СВО.

*Ульман М.В., Вотякова И.В.*

## **ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ НА ЭКОНОМИКУ РФ**

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

Развитие космоса - одно из важнейших для России сфер. Данное направление необходимо для нашей страны. И поэтому, сейчас в неё вкладываются приличные средства.

Восточный является стратегически важным объектом для России, так как обеспечивает технологический суверенитет в космической сфере, позволяет расширять научные возможности государства и улучшать социально-экономическую обстановку в Амурской области. А также в подтверждение этой мысли излагается история развития космодрома Восточный, как избавление зависимости России от космодрома Байконур, который находится на территории Казахстана и арендуется Россией до 2050 года.

Космонавтика, являясь основным продуктом мирового научно-технического прогресса, сама стала мощным двигателем этого процесса, непрерывно передавая другим областям мирового хозяйства неоценимый по значению и беспрецедентный по объему поток новых материалов, технологий и научных разработок, внося значительный вклад в обеспечение устойчивого развития человечества.

В настоящее время создание комплекса «Космодром Восточный» соответствует национальным приоритетам и стратегическим целям Российской Федерации. Создание космодрома даёт инновационный, современный рост экономики Дальнего Востока.

*Ульман М.В., Вотякова И.В.*

## **РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ**

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

Одной из возможностей для России укрепить позиции на быстрорастущем высокотехнологичном рынке космических услуг является использование космической ядерной энергетики и электроракетных двигательных установок (ЭРДУ). Россия была и остается мировым лидером в области космической ядерной энергетики.

Космическая ядерная энергетика может позволить обеспечить всепогодное, круглосуточное, оперативное, высокодетальное, радиолокационное наблюдение обширных районов земной поверхности, в том числе и в коммерческих целях.

В докладе рассмотрены результаты концептуальных разработок по возможности использования ядерных энергетических установок и ЯЭРДУ субмегаваттного и мегаваттного классов в перспективных космических аппаратах и комплексах нового поколения, способных более эффективно решить широкий спектр энергоемких задач в освоении околоземного космоса и межпланетных миссиях.

Технический комплекс для подготовки космических аппаратов с транспортно-энергетическим модулем на основе ядерной электродвигательной установки мегаваттного класса построят на космодроме Восточный в 2030 году, стоимость его создания оценивается в 13,2 миллиарда рублей.

В настоящее время технический комплекс позволит готовить к запуску спутники на основе транспортно-энергетических модулей с ядерной энергетической установкой мегаваттного класса.

*Уфимцева Е.В., Данилова М.Н., Подопригора Ю.В.*

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕТА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*Томский государственный архитектурно-строительный  
университет*

*634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,  
e-mail: Ufimtseva80@mail.ru*

Информационная инфраструктура фундаментально основана на информационных или цифровых технологиях, которые в свою очередь находятся в фокусе развития цифровой экономики.

Организация учета твердых коммунальных отходов (ТКО), мониторинг и контроль всех участников процесса обращения с ТКО являются проблемным полем, поскольку тенденция к увеличению объема образования отходов наблюдается почти повсеместно.

Подчеркнем, что уменьшение объема отходов, отправляемых на захоронение и создание инфраструктуры 100% переработки отходов, являются задачами, поставленными Правительством РФ, для отрасли ТКО к 2030 г.

В этой связи цифровизация способствует решению обозначенных проблем и поставленных задач Правительством РФ, т. к. внедрение автоматизированных информационных систем сбора данных видится как комплексное цифровое решение в отрасли обращения с ТКО.

В настоящее время на рынке цифровых услуг представлены предложения, которые позволяют вывести контроль за отходами на качественно новый уровень. Как пример обозначим комплексную автоматизированную систему управления «Управление отходами», разработанную российской компанией «Большая Тройка», при этом имеют место АСУ и других разработчиков.

Автоматизированные системы управления позволяют вести учет отходов на объектах инфраструктуры, понимать и реально оценивать объемы накопленного мусора и т.д. Данная статистическая информация отрасли обращения с отходами, объединенная в единую базу, предоставит возможность создания информационного ресурса, который имеет важное значение в принятии управленческих решений для всех участников отрасли ТКО.

*Якубов Я.О., Воробьева Е.С.*

## **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГК «РОСАТОМ». ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

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

С ускоренными темпами развития информационных систем и модернизации производственного оборудования для предприятий госкорпораций возникает необходимость не только создавать и внедрять передовые разработки, но и обеспечить надежность и безопасность их применения. В условиях санкций, когда рыночные отношения с другими странами представляют собой средство для манипуляции и могут повлечь за собой производственные риски, приоритет отдается отечественному производителю. Процесс импортозамещения является выгодным в долгосрочной перспективе, в краткосрочной же возможны снижение темпов развития предприятия и финансовые потери.

ГК «Росатом» включает в себя около 300 предприятий и каждое имеет особые требования к информационной, ядерной и радиационной безопасности, а также различный уровень цифровизации. Для решения данной проблемы в декабре 2019 года был запущен четырехлетний проект «Перевод Единой отраслевой системы электронного документооборота (ЕОСДО) на импортонезависимое программное обеспечение», который был успешно завершён в декабре 2023 года. Одновременно с этим в 2021 году завершился проект по внедрению типового автоматизированного рабочего места сотрудника, которое включает себя отечественные продукты, такие как: операционную систему; офисный пакет; браузер; средства защиты информации. 30 мая 2022 года Генеральный директор ГК «Росатом» издал приказ «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности информационной инфраструктуры ГК «Росатом» и о внесении изменений в отдельные локальные нормативные акты ГК «Росатом»», который обязует предприятия ГК завершить процесс импортозамещения к 31 декабря 2023 года.

В данной работе был проведен анализ рынка продукции отечественного производителя, внедряемой в ГК «Росатом», выполнен усредненный расчет финансовых затрат импортозамещения.

*Якубова М.И., Воробьева Е.С., Огнева А.А.*

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА**

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

В настоящее время высокочистый трифторид азота (ТФА) играет важную роль на мировом рынке, в связи с его широким применением в полупроводниковой промышленности. Также данный газ находит применение при производстве солнечных батарей и ракетного топлива. Текущий мировой объем производства оценивается в 1,2-1,6 млн. тонн. Среднегодовой темп роста мирового рынка ТФА по прогнозам с 2024 по 2031 года составит 1,6%, что обусловлено увеличением спроса на электронику, а также расширением солнечной энергетики.

Основным требованием, предъявляемым к ТФА для применения его в микроэлектронике, является чистота продукта. Поэтому для достижения высокой чистоты газа применяются различные методы глубокой очистки, а затем проводится аналитическое определение примесей, что значительно затрудняет его производство с точки зрения распределения затрат и ресурсов. Помимо этого, ТФА является ядовитым газом, способным вызывать парниковый эффект. Таким образом, производители должны соблюдать строгие меры безопасности при обращении, хранении и утилизации, что также значительно повышает эксплуатационные расходы.

В мире существуют различные технологии производства ТФА, однако в России в настоящее время нет промышленного производства высокочистого газа, применяемого в микроэлектронике. Поставщики ТФА играют заметную роль на мировом рынке в условиях малочисленности производителей. Наибольшее число независимых поставщиков находится в США, где газ больше всего производится и потребляется.

В данной работе проведен анализ экономической целесообразности внедрения отечественного производства высокочистого ТФА, определена себестоимость продукта. А также выполнены расчет себестоимости единицы продукции и сравнительная оценка необходимых затрат и ресурсов в сравнении с приобретением уже готового продукта у производителей на мировом в рынке.

*Секция  
Проекты будущего*

---

Волчков А.С.<sup>1</sup>, Волчкова И.В.<sup>2</sup>

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАНЯТОСТИ В ЯДЕРНОЙ ОТРАСЛИ

<sup>1</sup> МБОУ «Северская гимназия»,

636037, г. Северск, Томской обл., ул. Калинина, 88

<sup>2</sup> Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,

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

e-mail: volchkovairina@bk.ru

Внедрение цифровых технологий и автоматизация процессов в ядерной отрасли становятся неотъемлемой частью ее развития. Эти изменения не только повлияли на структуру рабочих мест, но и предъявили новые требования к квалификации персонала.

Цифровизация и автоматизация привели к значительному увеличению производительности и повышению уровня безопасности в ядерной энергетике. Однако это также привело к повышению спроса на специалистов, обладающих компетенциями и навыками обслуживания современных технологий.

Для сохранения конкурентоспособности на рынке труда в ядерной отрасли становится важным развитие цифровых навыков работников, их постоянное обучение и адаптация к новым требованиям.

Одновременно с вызовами, цифровая трансформация открывает и новые перспективы для развития профессиональных компетенций. Выпускники, обладающие цифровыми навыками, могут стать востребованными специалистами на рынке труда в ядерной отрасли. Однако сопряженные с цифровизацией изменения в требованиях к персоналу обуславливают необходимость адаптации образовательных программ и системы профессиональной подготовки. Важно, чтобы образовательные учреждения и предприятия ядерной отрасли активно сотрудничали для обеспечения соответствия образования потребностям рынка труда в условиях цифровой трансформации.

Таким образом, цифровизация и автоматизация в ядерной отрасли представляют собой не только вызовы, но и возможности для развития профессиональных компетенций и роста занятости. Успешное внедрение цифровых технологий требует гибкости и адаптивности как со стороны предприятий и образовательных учреждений, так и со стороны работников.

*Истомина П.А.*

## **ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЗАПОРОЖСКОЙ АЭС В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА**

*МБОУ Лицей при ТПУ,  
634028, Томская обл., г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4,  
e-mail: vertigro06@mail.ru*

В настоящее время, в районе размещения Запорожской АЭС (ЗАЭС) сложилась потенциально опасная ситуация, сопряженная с возникновением аварийного выброса радиоактивных веществ в атмосферу. В связи с этим, прогнозная оценка радиационной обстановки в районе размещения ЗАЭС является актуальной.

Прогнозная оценка радиационной обстановки в районе размещения ЗАЭС в результате гипотетического аварийного выброса проводилась с помощью геоинформационного экспертно-моделирующего комплекса «АРИА» [1]. В ходе работ над проектом была создана цифровая модель местности; моделировалась ситуация выброса радионуклидов в газо-аэрозольной форме при разрушении одного из энергоблоков. Было предположено, что с выбросом в атмосферу поступает 10% суммарной активности радионуклидов, находящихся в реакторе энергоблока. Радионуклидный состав и активность выброса были заданы с учетом характеристик радионуклидов, образующихся в реакторе ВВЭР-1000. Расчет радиационной обстановки проводился для восьми основных румбов. Результаты прогнозных расчетов представлены в виде изолиний мощности эквивалентной дозы

Анализ прогнозных значений мощности дозы в контрольных точках ЦММ показывает, что в г. Запорожье пороговые значения мощности дозы могут быть превышены на два порядка, в г. Марганец и г. Никополь – на четыре порядка, в г. Энергодар – на шесть порядков. Согласно шкале ИЧЭС, при данном гипотетическом выбросе на ЗАЭС, ситуации следует присвоить седьмой уровень опасности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М.Д. Носков, А.Д. Истомин, Н.Ю. Истомина, А.А. Чеглоков. Геоинформационный экспертно-моделирующий комплекс «АРИА» для оценки последствий выбросов радиоактивных веществ в атмосферу // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613014 от 14.04.2011.

*Истомина П.А., Баранова С.А.*

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ПАРАМЕТРОМ МЕТОДОМ ОЦЕНКИ ФУНКЦИЙ**

*МБОУ Лицей при ТПУ,  
634028, Томская обл., г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4,  
e-mail: vertigro06@mail.ru*

Математические задачи с параметром встречаются в заданиях на олимпиадах, ЕГЭ и вступительных экзаменах в высшие учебные заведения. Умение решать данные задачи является залогом получения высокого балла при прохождении испытаний. В большинстве случаев, единственным возможным способом решения задач с параметром оказывается метод оценки функций. К сожалению, данный материал мало изучается в школьной программе и не встречается в школьных учебниках. Таким образом, изучение способов решения задач с параметром методом оценки функции является актуальным.

В ходе работы над проектом были рассмотрены наиболее часто встречающиеся типы задач; изучены алгоритмы решения некоторых задач с параметром с помощью метода оценки функций; самостоятельно составлены и решены задачи подобного типа; разработано методическое пособие.

Задачи с параметрами, содержащие уравнения и/или неравенства, могут относиться к одному из пяти видов: показательным, логарифмическим, квадратным и тригонометрическим. Для каждого типа есть свои характерные способы решения, основанные на свойствах функций. Метод оценки функций применяется для решения задач, где функции, стоящие в левой и правой части выражения, могут быть равны друг другу только в определенной точке, причем одна из них принимает в этой точке наименьшее значение, а другая — наибольшее. Представленный в работе алгоритм решения задач методом оценки функций предполагает выполнение следующих действий:

1. Представление исходного уравнения или неравенства к виду  $f(x) = g(x)$  или  $f(x) > g(x)$ ;
2. Выполнение анализа функций  $f(x)$  и  $g(x)$ ;
3. Определение мажоранты  $M$  – такого числа из области определения функций, что  $f(x) \leq M$  и  $g(x) \geq M$ ;
4. Переход к системе уравнений 
$$\begin{cases} f(x) = M \\ g(x) = M \end{cases}$$
5. Решение системы уравнений.

*Сабаяев А.Д.<sup>1</sup>, Белоусов Р.Д.<sup>1</sup>, Борисов Д.А.<sup>2</sup>*

## **РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАДАРНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ARDUINO**

<sup>1</sup>*МБОУ «СОШ №87»,*

*636019, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 14*

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

*e-mail: borisov22222@gmail.com*

В данное время радары применяются во всех областях современной жизни. В мире технологий и общей доступности важно понимать о структуре работы радарных систем.

Микроконтроллеры – это микросхемы, созданные для управления устройствами. Нормальный микроконтроллер комбинирует в себе функционал процессора и периферийных устройств, ОЗУ, ПЗУ, вспомогательные цепи.

Arduino — это аппаратная и программная части. Аппаратная часть включает плату со встроенными микроконтроллерами и модули. Программная часть включает среду Arduino IDE, язык программирования. Программирование осуществляется на базе языка программирования C++ и называется Arduino C.

Ультразвуковой датчик — это датчик, использующей ультразвуковые волны для определения расстояния до объекта.

Сервопривод – механизм, устанавливающий свой вал в заданном положении, перемещать его в соответствии с сигналом управления.

Разработанная программа на arduino вращает сервопривод по часовой стрелке и против и управляет работой и съёмом данных с ультразвукового датчика. На компьютере программа принимает данные с платы и преобразовывает их в графический вид, рисуется линия в поле зрения радара. Линия перекрашивается в зависимости от расстояния до объекта.

В заключение, разработана программа управления радарной системой и визуальное отображение, что позволяет лучше разобраться в работе подобных систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *All Arduino, Arduino* [Электронный ресурс]/ статья от 13.05.2020 — Режим доступа: <https://all-arduino.ru/> (дата обращения: 01.05.2024).
2. Большая российская энциклопедия, Микропроцессор [Электронный ресурс] / *А.И. Грушин, Ермолович Александр Владленович, Пройдаков Эдуард Михайлович*; статья от 16.11.2022, обновлена от 5.05.2023 — Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/mikroprotessor-a92454/> (дата обращения: 01.05.2024).

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО  
РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Всероссийская научно-практическая конференция,  
посвящённая 65-летию Северского технологического института*

13-17 мая 2024 г.

Материалы конференции

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

Компьютерное макетирование и набор текста:  
М.И. Якубова

ISBN 978-5-93915-143-6

