



«ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ»

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвященная 80-летию НИЯУ МИФИ
12-16 декабря 2022 г.**

Материалы конференции

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Отраслевая научно-практическая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященная 80-летию НИЯУ МИФИ
12-16 декабря 2022 г.**

Материалы конференции

УДК 621.039
И 665

Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения: отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 80-летию НИЯУ МИФИ, 12-16 декабря 2022 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, 2022. – 76 с. – Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-136-8

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

Для студентов, аспирантов соответствующих специальностей и молодых ученых.

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

ISBN 978-5-93915-136-8

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2022

Уважаемые участники конференции!

Восемьдесят лет назад, в годы Великой Отечественной войны был создан Московский механический институт боеприпасов, от которого ведёт свою историю Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». Сегодня НИЯУ МИФИ занимает ведущие места в международных и национальных рейтингах университетов, ведёт передовые исследования в области ядерных, лазерных, плазменных и ускорительных технологий, радиофотоники, киберсистем, биомедицины и по многим другим направлениям. НИЯУ МИФИ имеет филиалы практически во всех регионах присутствия ГК «Росатом». В Сибирском федеральном округе достойным представителем НИЯУ МИФИ является Северский технологический институт.

Отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения» посвящена 80-летию университета. В рамках конференции будут обсуждаться актуальные проблемы развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации технологических процессов, моделирование и информатизация технологий и объектов в атомной отрасли.

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

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

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

М.Д. Носков

СО Д Е Р Ж А Н И Е

<i>Секция Материалы и технологии атомного энергопромышленного комплекса</i>	<i>10</i>
<i>Анкипович Е.И., Ожерельев О.А. ПРИМЕНЕНИЯ ЦИРКОНИЯ И ГАФНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....</i>	<i>11</i>
<i>Анпина А.С., Макасеев Ю.Н. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ УЛР АЭС</i>	<i>12</i>
<i>Болдышев Д.В., Буйновский А.С., Грачев Е.К., Муслимова А.В., Карташов Е.Ю., Зайцев Д.В., Грачева Д.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА «ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ» - КЛЮЧЕВОГО ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ</i>	<i>13</i>
<i>Бурков К.А., Буйновский А.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б. ПОДБОР УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БЫСТРО ФИЛЬРУЕМЫХ ОСАДКОВ КАРБОНАТОВ РЗЭ</i>	<i>14</i>
<i>Вартанов Е.И., Жиганов А.Н. ПОЛУЧЕНИЕ ГЕЛЬ-СФЕР В СРЕДЕ ПЕРФТОРОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.....</i>	<i>15</i>
<i>Веремейчик Е.С., Шишкина Н.И., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б. ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРА Na-КМЦ НА СВОЙСТВА ОСАЖДАЕМОГО ГИДРОКСИАПАТИТА</i>	<i>16</i>
<i>Голубева А.А., Богданова С.А. ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДОБАВОК</i>	<i>17</i>
<i>Грачев Е.К., Зайцев Д.В., Болдышев Д.В., Чуркин А.А., Грачева Д.К., Муслимова А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ РЗМ НА ПРОЦЕСС ИХ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ.....</i>	<i>18</i>
<i>Грачева Д.К., Грачев Е.К., Шачнева М.И., Кикенина И.К., Муслимова А.В., Молоков П.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ОТРАБОТАВШИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РЗМ.....</i>	<i>19</i>
<i>Гусев Р.Я., Кулагина Д.С., Молоков П.Б. Епифанов К.Ю., Мокина А.Н., Ожерельев О.А. ПРОИЗВОДСТВО ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА НА ТГОК ИЛЬМЕНИТ</i>	<i>21</i>

<i>Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Болдышев Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА С РЗМ.....</i>	<i>22</i>
<i>Камбалкина А.А. Богданова С.А. АНАЛИЗ ФТОРИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ С ВЫСОКИМ СОЛЕСОДЕРЖАНИЕМ.....</i>	<i>23</i>
<i>Кикенина И.К., Грачева Д.К., Шачнева М.И., Грачев Е.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАВЛЕНИЯ РЗМ-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ</i>	<i>24</i>
<i>Коба Е.В., Ткачук С.А., Макашеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПРИМЕСЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТА СТЭ.....</i>	<i>25</i>
<i>Косинова А.В., Грачева Д.К., Муслимова А.В. ОСНОВЫ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ.....</i>	<i>26</i>
<i>Кошельская А.С., Трепп А.И., Гузеев В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ФТОРИДА ВОДОРОДА ИЗ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ</i>	<i>27</i>
<i>Кошельская А.С., Гатиятуллин С.И. ПРОРЫВ. ЕСТЕСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</i>	<i>28</i>
<i>Кузнецова Г.И., Потатцева А.А., Богданова С.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ</i>	<i>29</i>
<i>Кулагина Д.С., Гусев Р.Я., Молоков П.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ УРАНА, НЕОДИМА И ПРАЗЕОДИМА .</i>	<i>30</i>
<i>Лебедкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ</i>	<i>31</i>
<i>Малинкина Т.А., Клименко Ю.Д., Агеева Л.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА.....</i>	<i>32</i>
<i>Огнева А.А., Молоков П.Б. СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГЕКСАФТОРИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ</i>	<i>33</i>

<i>Радько С. В., Агеева Л.Д., Шнайдер Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ МАРГАНЦА, КОБАЛЬТА, МЕДИ И СВИНЦА В АПТЕЧНОЙ РОМАШКЕ</i>	<i>34</i>
<i>Ренев В.О., Житков С.А., Макасеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ГАЗОВОГО ПОТОКА ФТОРА В ПРИАНОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ВЫХОД ФТОРА ПО ТОКУ... 35</i>	<i>35</i>
<i>Ткачук С.А., Степанов К.И., Нижегородов Д.С., Житков С.А., Макасеев Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ</i>	<i>36</i>
<i>Толмосова О.В. Буйновский А.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б. ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ИСП-АЭС НА ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ</i>	<i>37</i>
<i>Ушаков А.О., Жерин И.И., Муслимова А.В., Носков М.Д. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИ РОЗЕНА ДЛЯ ИЗОТЕРМ ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМЕ $UO_2(NO_3)_2 \cdot nH_2O$-HNO_3-ТБФ</i>	<i>38</i>
<i>Циплакова А.А., Мальцева А.С., Гузеева, Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА В ГИДРОКСИАППАТИТЕ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА</i>	<i>39</i>
<i>Чекинева Ю.А., Жиганов А.Н. РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА УРАНА ИЗ ГЕКСАГИДРАТА УРАНИЛНИТРАТА.....</i>	<i>40</i>
<i>Ченцов Ф.А., Молоков П.Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ</i>	<i>41</i>
<i>Чуркин А.А., Макасеев Ю.Н., Житков С.А. РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОГРАДИЕНТНОГО ГАЗОФАЗНОГО УПЛОТНЕНИЯ КОКСОВЫХ ЛАМЕЛЕЙ</i>	<i>42</i>
<i>Шачнева М.И., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Кикенина И. АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ</i>	<i>43</i>
<i>Шачнева М.И., Молоков П.Б. СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ</i>	<i>44</i>

<i>Шишкина Н.И., Веремейчик Е.С., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ОСАЖДЕНИИ</i>	<i>45</i>
<i>Шнайдер Н. А., Агеева Л. Д., Радько С. В. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХРОМА, ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ И ЦИНКА В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ МЕТОДОМ РЕНТГЕН-ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА.....</i>	<i>46</i>
<i>Шрайнер А.Э., Шамин В.И. РАЗРАБОТКА БЕЗАМАЛЬГАМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЛИТИЯ-7 ЭКСТРАКЦИОННЫМ СПОСОБОМ.....</i>	<i>47</i>
<i>Секция Оборудование и автоматизация ядерно-химической технологии</i>	<i>48</i>
<i>Дурнева А.А., Кетов А.С РАЗРАБОТКА СТЕРЕОКАМЕРЫ.....</i>	<i>49</i>
<i>Корсак К.С., Кошельская А.С., Огнева А.А., Зимин А.А., Карташов Е.Ю. ПРОТОТИП ЭКЗОСКЕЛЕТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА АЭС.....</i>	<i>50</i>
<i>Меренков В.К., Карташов Е.Ю. ПЕРЕРАБОТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ.....</i>	<i>51</i>
<i>Мерзляков К.А., Карташов Е.Ю. РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ РАКЕТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В АТМОСФЕРЕ.....</i>	<i>52</i>
<i>Рожков Д.А., Карташов Е.Ю. УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА</i>	<i>53</i>
<i>Рябов И. А., Иванов К. А., Евтюшкин М.Е., Якубов Я.О. ПРОГРАММНО - АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ЁМКОСТИ ХРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ КУРСА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»</i>	<i>54</i>
<i>Стрельников С.М., Иванов К.А., Бугрина В.С. СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</i>	<i>55</i>
<i>Сусакин В.А., Карташов Е.Ю., Панфилова М.В. МОДЕЛЬ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ БРЕСТ-ОД-300 ДЛЯ ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ.....</i>	<i>56</i>

Сусакин В.А., Гатиятуллин С.И. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЯДЕРНОГО ЦИКЛА.....	57
Шарапова С.И., Зарипова Л.Ф. УСТАНОВКА АФФИНАЖА ПРИРОДНОГО УРАНА	58
Эйрих К.А., Грачев Е.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТАБЛЕТОК СНУПТ.....	59
Секция Моделирование и информатизация технологий и объектов атомной отрасли	60
Адонин Н.Р., Носков М.Д., Щипков А.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ОТКАЧНЫХ СКВАЖИН.....	61
Бибко Д.В., Носков М.Д. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕКСТНОЙ РЕКЛАМЫ	62
Бибко Д.В., Носков М.Д. РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНТЕКСТНОЙ РЕКЛАМЫ	63
Бугрина В.С., Иванов К.А., Стрельников С.М. ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ГИДРИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ (РЗМ)	64
Евтюшкин М.Е., Иванов К. А., Якубов Я.О., Рябов И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AR В РАЗРАБОТКЕ UI/UX ДИЗАЙНА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КУРСА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ».....	65
Журавлев А.А., Брендаков В.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО АФФИНАЖА УРАНА.....	66
Ким В.В., Брендаков В.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ.....	67
Кропачев Е.В., Брендаков В.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА.....	68
Лобова А.С., Носков М.Д. ПЛАТФОРМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СТУДЕНТА	69

-
- Мелюшонок Н.С., Березин А.А., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Сербин А.В., Чеглоков А.А. СИСТЕМА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА 70*
- Останина И.М., Иванов К.А., Полякова А.С. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАШИННОГО ЗАЛА РЕАКТОРА РБМК1000..... 71*
- Савенко А.В., Иванов М.Л., Иванов К.А. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА..... 72*
- Сербин А.В., Гуцул М.В., Носков М.Д., Сакирко Г.К. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОБЛЕМАМИ 73*
- Сербин А.В., Гуцул М.В., Носков М.Д. ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К СИСТЕМЕ ПЛАН-ФАКТНОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ СЕТИ ИНТЕРНЕТ 74*
- Якубов Я.О., Иванов К.А., Евтюшкин М.Е., Рябов И.А. КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КУРСА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ» 75*

*Секция
Материалы и технологии атомного
энергопромышленного комплекса*

Анкипович Е.И., Ожерельев О.А.

ПРИМЕНЕНИЯ ЦИРКОНИЯ И ГАФНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

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

Цирконий и гафний являются важными элементами, применяемыми в различных областях техники. Одним из них является атомная промышленность. В атомной энергетике данные металлы применяют благодаря физико-механическим свойствам, химической стойкости и резко отличающимся друг от друга и большинства тугоплавких металлов сечением захвата тепловых нейтронов (0,18 и 105 барн). Наиболее ценными ядерными свойствами циркония и гафния являются: у первого малое поперечное сечение захвата тепловых нейтронов ($= 0,18$ барн), которое намного меньше, чем у других металлов, таких как железо ($\kappa = 2,53$ барн), никель ($= 4,60$ барн), медь ($= 3,69$ барн) и у второго большое поперечное сечение захвата тепловых нейтронов. Также присутствие неустойчивых изотопов ^{178}Nf и ^{180}Nf способствует тому, что эффективность гафния мало изменяется на протяжении всей работы реактора. Благодаря этим свойствам сплавы циркония используются как основной материал оболочек тепловыделяющих элементов кипящих и водяных энергетических реакторов. В процессе эксплуатации ядерного реактора на поверхности деталей тепловыделяющей сборки, изготовленных из сплавов циркония, в теплоносителе возникает плотная защитная пленка оксида циркония - защитный барьер на пути проникновения кислорода и водорода в сплав. Для органов регулирования ядерных реакторов предпочтительным материалом становится гафний. Сплавы гафния с танталом и с ниобием считаются перспективными для высокотемпературных химических реакторов. АО «Чепецкий механический завод» ТК «ТВЭЛ» ГК Росатом главный поставщик циркония для АЭС до 2022 года закупал импортный цирконовый концентрат. В рамках Дорожной карты развития в РФ высокотехнологической области реализуется проект «Туганский ГОК-создание производства на базе титан-циркониевых россыпей Туганского месторождения» с участием ООО «Объединённые урановые предприятия» Уранового холдинга «АРМЗ» горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом» и АО «ТГОК «Ильменит».

Антина А.С., Макасеев Ю.Н.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ УЛР АЭС

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

Устройство локализации расплава (УЛР) – конструкция, которая предназначена для локализации расплава активной зоны ядерного реактора и которая, в случае радиационной аварии, обеспечивает прием, размещение и охлаждение данного расплава. УЛР весь период эксплуатации АЭС находится в режиме ожидания и располагается в шахте (подреакторном пространстве), необслуживаемой в процессе функционирования реакторного блока.

В период эксплуатации станции вокруг корпуса УЛР в подреакторном пространстве возможно формирование коррозионно-активной среды, которая будет воздействовать на стальной корпус УЛР, и способствовать образованию как точечной, так и сквозной коррозии металла, нарушающей теплопроводящую способность поверхности корпуса. Нанесение защитного ЛКП на УЛР (пассивная защита) ухудшает теплопередачу корпуса и является источником дебриса во время чрезвычайной ситуации на АЭС, забивая фильтры циркуляционных насосов.

Таким образом, в качестве альтернативы была выбрана для дальнейших исследований активная защита от коррозии (электрохимическая защита) конструкционных материалов УЛР, а именно – протекторная защита цинком, алюминием или магнием.

Выбранная тема является актуальной с точки зрения повышения радиационной безопасности и снижения радиоэкологического риска.

Данная работа посвящена теоретическому изучению основ протекторного способа защиты от коррозии, рассмотрению весового метода коррозионных испытаний протекторной защиты для оценки скорости коррозии и устойчивости конструкционных материалов УЛР в специально созданных условиях.

*Болдышев Д.В., Буйновский А.С., Грачев Е.К., Муслимова А.В.,
Карташов Е.Ю., Зайцев Д.В., Грачева Д.К.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА «ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ» - КЛЮЧЕВОГО ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Анализируя темп научно-технического прогресса во всем мире, наблюдается увеличение с каждым годом потребления материалов на основе редкоземельных элементов, применимых во многих отраслях, а как следствие, и объемы их производства, что в свою очередь влечет за собой ряд проблем. Эти проблемы нуждаются в разработке нового подхода к магнитным материалам на всех стадиях их изготовления, эксплуатации, и переработки. В наше время ни одна страна в мире не имеет отлаженной технологии отработавших магнитных материалов и возврата их в цикл потребления, с минимальными потерями по магнитным характеристикам.

В следствии выше сказанного, требуется разработка рентабельной технологии рециклирования, которая позволит получить высококачественные магнитные материалы. В технологии рециклирования, для переработки сплавов NdFeB и SmCo широко используются методы «hydrogen decrepitation» (HD или водородное диспергирование). Опираясь на рассмотренные технологии рециклирования зарубежных авторов и исследований процессов водородного диспергирования сплавов с довольно высоким процентным содержанием РЗМ, был предложен новый механизм водородного диспергирования сплавов. Суть данного механизма заключается в предварительном изотермическом отжиге (термообработке) в вакууме для получения активированной поверхности. Исследуемый процесс водородного диспергирования проводился при невысоких температурах и давлениях.

Подробнее о всей технологии, включающая в себя теоретические и экспериментальные исследования, будут представлены авторами доклада на конференции.

Бурков К.А., Буйновский А.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б.

ПОДБОР УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БЫСТРО ФИЛЬРУЕМЫХ ОСАДКОВ КАРБОНАТОВ РЗЭ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kirill.burkov80@gmail.com*

Практически во всех технологиях, в которых РЗЭ получают в виде оксидных концентратов, одной из последних стадий их переработки является карбонатное осаждение из различных со следующей сушкой, в частности технология получения карбонатов индивидуальных редкоземельных элементов с регулируемой формой и размером частиц, может быть использовано при производстве катализаторов, индивидуальных редкоземельных оксидов, полировальных порошков и др. [1].

Перед сушкой и прокалкой есть стадия фильтрации, поэтому нужно, чтобы получались быстро и хорошо фильтруемые осадки. По литературным данным были изучены основные факторы, влияющие на форму осадка карбонатов, а так же рассмотрены, какие формы частиц могут получаться, и какие из них являются наиболее предпочтительными.

Для проведения экспериментов на основании источников [2] выбрали следующие условия: азотнокислый раствор суммы РЗЭ, насыщенный раствор карбонат аммония, на первой стадии подачей раствора соли угольной кислоты рН пульпы карбонатов РЗЭ устанавливают в интервале 4,1-5,5. На второй стадии подачей раствора соли лантана или церия рН пульпы устанавливают в интервале 3,7-4,5. На третьей стадии подачей раствора соли угольной кислоты рН пульпы устанавливают в интервале 6,5-7,0. После достижения заданного значения рН пульпу агитируют под мешалкой в течение 20-25 мин на первой стадии и в течение 20-30 мин на второй и третьей стадиях. После этого выключают мешалку и оставляют пульпу в течение 20-30 мин для созревания осадка карбонатов. Для других двух экспериментов условия будут изменяться и более подробно будут изложены в докладе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Е.Н., Михайличенко А.И., Карманников В.П., Физико-химические основы и технология получения редкоземельных полирующих порошков// Цветные металлы. -1991. – № 11. – С. 49-51.
2. Патент РФ №2693176 опубл. 01.07.2019 г.

Вартанов Е.И., Жиганов А.Н.

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕЛЬ-СФЕР В СРЕДЕ ПЕРФТОРОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

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

Одним из актуальных вопросов, использования ядерного топлива для выработки тепловой энергии на быстрых нейтронах, стал вопрос разработки метода получения ядерного топлива, имеющего преимущества перед традиционными методами таблетирования и механической сфероидизации порошков делящихся материалов.

Отсюда становятся актуальными Метод Золь-Гель процессов.

В докладе рассмотрен метод получения микросфер осаждением гелей и их возможных модификаций. Как следствие раскрыта суть процесса.

Исследован процесс получения гель-сфер в среде перфторорганических жидкостей. Основным аппаратом является колонка гелирования. Представлено описание проведения процесса, показана схема лабораторной установки.

Сформулирован вывод о проделанной работе.

Доклад написан на 6 листах, в тексте приведена 1 схема лабораторной установки.

Ключевые слова: гель-сферы, перфторорганические жидкости, дисперсная среда, колонна гелирования, уранилнитрат, мочеви́на, ГМТА, двуокись урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокотемпературное ядерное топливо. М., Атомиздат, 1978, с.96. Авт.: Котельников Р.Б., Башлыков С.Н., Каштанов А.И., Меньшикова Т.С.
2. "Методы и аппаратура для получения микросферического ядерного топлива". Научный отчет предприятия п/я В-8699, МБ I4/85с Рук. Филиппов Е.А., Лобас О.П., 1982.

Веремейчик Е.С., Шишкина Н.И., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРА Na-КМЦ НА СВОЙСТВА ОСАЖДАЕМОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

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

В современном мире все больше факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье человека. В связи с этим возрастает необходимость в создании новых лекарственных препаратов и медицинских изделий.

Гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГА) - основная неорганическая составляющая костной ткани. Благодаря высокой биосовместимости и биоактивности, его широко применяют в медицине. Однако применение чистого ГА сильно ограничено из-за его низких прочностных характеристик. На данный момент, поиск и создание органоинеральных композитов (ОМК) с хорошей биосовместимостью и биоактивностью, а также высокими связующими и прочностными характеристиками является актуальной задачей.

Для создания биосовместимых ОКМ в качестве органической компоненты, помимо коллагена, используются природные (хитозан, карбоксиметиллюлоза и др.) и синтетические (например, полиэтилен) полимеры, т.к. они обладают высокой биосовместимостью, пластичностью, способностью к адгезии и установления связей с хрящевой тканью.

Задачами исследования являются изучение влияния Na-КМЦ $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3 - \text{x}(\text{OCH}_2\text{COOH})_x]_n$, $\text{x} = 0,08 - 1,5$) на формообразование частиц ГА в ходе его осаждения из водного раствора; изучение условий синтеза и физико-химических свойств полученных ОКМ [1].

В настоящий момент изучены вязкость, плотность и оптическая плотность растворов ГА в присутствии глицерина и полимера различной концентрации. Результаты исследования показали, что введение в композиты глицерина увеличивает вязкость Na-КМЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров Н.А., Ежова Ж.А., Коваль Е.М. Образование наноразмерных биокompозитов $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ /полисахарид (карбоксиметилцеллюлоза, хитозан) в условиях соосаждения из водных растворов. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т.7. Вып. 4. С.653–664.

Голубева А.А., Богданова С.А.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДОБАВОК

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

Потенциометрическое определение фторидов в природных и питьевых типах вод основано на измерении концентрации ионов фтора на фоне буферного раствора, состоящего из лимонной кислоты, соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и сульфата натрия. Для повышения точности и правильности потенциометрического определения концентрации иона используют различные методы добавок:

- метод добавки к анализируемой пробе стандартного раствора;
- метод добавки к стандартному раствору анализируемой пробы;
- метод добавки к анализируемой пробе стандартного раствора с разбавлением (уменьшением содержания определяемого иона);
- метод двойной добавки.

Цель данной работы – проведение сравнительного анализа различных методов добавок и выбор методики расчета, позволяющей адекватно оценивать содержание фторид-ионов в различных объектах с минимальной погрешностью.

В исследованиях использовали отечественный твердоконтактный фторидселективный электрод (“Вольта-3000”, г. Санкт-Петербург). В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный электрод марки ЭВЛ–1М1.3. ЭДС. гальванической цепи измеряли с помощью портативного рН-метра (АО «Аквилон»). Время установления равновесного потенциала 3–5 мин.

Для оценивания характеристик погрешности использовали образцы проб без добавки, с добавками аттестованной смеси фторид-иона и разбавленные пробы. Отмечено, что в случае МСД результаты расчетов корректны при условии, что в процессе анализа ионная сила раствора и крутизна электродной функции сохраняются постоянными, а изменением объема можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия. Ч.1. С.-Пб.: АНО НПО “Мир и семья”, 2002. – 964 с.
2. Марьянов Б.М., Поздняков Е.В.// ЖАХ, 2006, Т.61, №6, С.587-591.

*Грачев Е.К., Зайцев Д.В., Болдышев Д.В., Чуркин А.А., Грачева Д.К.,
Муслимова А.В.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ РЗМ НА ПРОЦЕСС ИХ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ

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

В производстве высококоэрцитивных магнитных материалов на основе РЗМ по технологии «порошковой металлургии» практически все процессы влияют на конечные магнитные свойства готовых магнитов. Одним из данных процессов технологии «порошковой металлургии» является процесс твердофазного легирования, основанный на смешении порошков гидридов сплава Nd₂Fe₁₄B с порошками гидридов сплавов и лигатур, с повышенным содержанием РЗМ (Nd-Co, Dy-Fe и др.).

Измельчение данных сплавов и лигатур проводится методом «hydrogen decrepitation». Однако, данные сплавы, как и сплавы Nd₂Fe₁₄B должны поглотить наибольшее количество водорода. Это обусловлено тем, что во время объединенного процесса «десорбция-спекание» смеси порошков после твердофазного легирования при десорбции водорода образуют количество дефектов кристаллической решетки, количество которых прямо пропорционально количеству поглощенного водородом сплава. Данные дефекты способствуют наилучшему распределению в смеси сплавов, которыми проводится процесс твердофазного легирования, ввиду встраивания редкоземельных металлов из сплавов с повышенным содержанием РЗМ в дефекты сплава Nd₂Fe₁₄B, что напрямую отражается на увеличении магнитных характеристик.

Поэтому требуется добиться наивысшего поглощения водорода сплавами. Для РЗМ наивысшее количество водорода поглощается при комнатных температурах и низком давлении водорода в системе. Однако, процесс адсорбции водорода при данных условиях проходит в течении двух часов, что является негативной особенностью с технологической точки зрения. Однако, после вакуумной термообработки данных сплавов при определенных режимах процесса, адсорбция водорода происходит мгновенно. В докладе авторами будут подробно рассмотрено влияние термообработки на сплавы с повышенным содержанием РЗМ и представлены оптимальные режимы данного процесса.

*Грачева Д.К., Грачев Е.К., Шачнева М.И., Кикенина И.К.,
Муслимова А.В., Молоков П.Б.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТВЕРДОФАЗНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ОТРАБОТАВШИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РЗМ

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

Развитие современной промышленности невозможно без использования концентрированных источников магнитной энергии – постоянных магнитов. Из постоянных магнитов на основе РЗМ магниты, изготовленные из сплавов системы NdFeB, по ряду важнейших показателей являются наиболее перспективными.

Перед проведением процессов водородной декрипитации, одного из ключевых процессов технологии порошковой металлургии производства магнитов, следует провести аналитический контроль используемых сплавов на основе РЗМ. Аналитический контроль проводится для последующего процесса твердофазного легирования, потому что только при правильном соотношении элементов в сплавах будут повышаться эксплуатационные характеристики магнитов. Твердофазное легирование – это добавление специальных легирующих добавок в виде порошков в состав некондиционных магнитных сплавов с целью повышения их качества и корректирования магнитных свойств. Так же перед проведением процессов следует изучить морфологию сплава, убедиться в качестве поверхности лигатуры.

Объектом исследования являются образцы исходных сплавов (РЗМ)Fe-Co, (РЗМ)Fe-Co прошедших термообработку и их гидриды, а также образцы сплавов NdFeB, извлеченных из жестких дисков.

В ходе исследования сплава (РЗМ)Fe-Co на атомно-эмиссионном спектрометре, были получены данные о достаточном содержании Pr, Dy и Tb в составе сплава, что делает его подходящим для проведения процесса твердофазного легирования.

Легирование гидрида сплава NdFeB проводилось на основе сплава (РЗМ)Fe-Co.

В докладе авторами будут представлены подробные результаты с приведением снимков морфологии исследуемых сплавов, таблиц с количественным и качественным составом исследуемых сплавов, и выводы проведенного исследования.

Гусев Р.Я., Кулагина Д.С., Молоков П.Б.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ГРАДУИРОВКИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ УРАН, НЕОДИМ, ПРАЗЕОДИМ С РАЗЛИЧНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ

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

Учёт и контроль количества ядерных делящихся материалов, в число которых входят U и Pu, требует их точного определения на разных участках технологических схем предприятий ЯТЦ. Так, в работе [1] для определения концентрации U, Th, Pu используется внутренняя стандартизация и пробоподготовка. В промышленных же технологических схемах рН растворов варьируется и, не зная кислотность раствора, определить концентрации элементов в нём стандартными градуировочными методами будет невозможно.

Преимущество метода многокомпонентной градуировки в том, что можно фиксировать концентрации сразу нескольких элементов в растворах практически на любом участке технологической схемы в режиме онлайн. Кислотность раствора и наложение спектров поглощения друг на друга учитываются в многомерной градуировке, построенной с помощью хемометрического алгоритма PLS. В работе [2] обосновывается применение данного алгоритма для анализа растворов с сильным перекрыванием спектров.

Метод может быть усовершенствован интервальной обработкой спектральных данных, которая разбивает спектр на части, каждая из которых отвечает за изменение концентрации того или иного элемента. Для проверки такой обработки были исследованы на спектрофотометре 16 растворов, содержащих U, Pr, Nd с концентрациями от 1 до 10 г/л и HNO₃ от 0,2 до 3 моль/л. В работе показано, что интервальная обработка существенно снижает погрешность анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина, С. А. Спектрофотометрический метод прецизионного определения элементов ядерного топливного цикла / С. А. Никитина, Т. Д. Гоголева, С. Н. Воронина // Радиохимия. – 2012. – Т. 54. – № 5. – С. 385-395.
2. Железнова, Т. Ю. Спектрофотометрический анализ катализаторов с применением хемометрического алгоритма PLS / Т. Ю. Железнова, И. В. Власова, А. В. Шилова // Аналитика и контроль. – 2015. – Т. 19. – № 4. – С. 363-372. – DOI 10.15826/analitika.2015.19.4.004.

Епифанов К.Ю., Мокина А.Н., Ожерельев О.А.

ПРОИЗВОДСТВО ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА НА ТГОК ИЛЬМЕНИТ

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

Целью работы является описание схемы получения циркона на Туганском горно-обогатительном комбинате «Ильменит». Предприятие является важнейшей ступенью для полной производственной цепочки получения циркония на основе собственного цирконового концентрата.

Доклад привлекает внимание к необходимости получения российского циркония для атомной промышленности. Для успешного функционирования ТК ТВЭЛ ГК Росатом требуется необходимое количество ядерно-чистого циркония, который производится из цирконового концентрата на ОАО «Чепецкий механический завод». ТГОК «Ильменит» в Томской области планирует обеспечить ЧМЗ цирконовым концентратом, что позволит решить проблему импортозамещения и станет экономически выгодным шагом [1].

Кроме ядерных нужд цирконовый концентрат перерабатывается для получения ZrO_2 , обладающего слабой теплопроводностью и малым коэффициентом расширения и идущим на изготовление кислотно- и огнеупорных тиглей с температурой плавления около $3000^{\circ}C$. Из циркона могут быть извлечены различные редкие элементы и уран, которые концентрируются в нём как примеси [2].

В докладе подробно обсуждаются схема получения цирконового концентрата КЦП-63 и КЦП-45, с содержанием оксидов циркония и гафния 66.2% и произведённого промышленным способом на Туганском горно-обогатительном комбинате «Ильменит», а также возможность его дальнейшего использования в безводной фторидной технологии.

Знакомство с работой технологической цепочки состоящей из 27 стадий происходило во время двухмесячной стажировки ТГОК «Ильменит».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанов А.А., Ахмаджин Н.Ю. Туганское месторождение – первенец разработки титанциркониевых россыпей России. // Горный журнал. – 2021. – № 10 (64). – С. 54–64.
2. Циркон// Энциклопедия Mineralpro.ru - все о драгоценных камнях и минералах. – URL: <https://mineralpro.ru/minerals/zircon/#use>

Зайцев Д.В., Грачев Е.К., Болдышев Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА С РЗМ

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

Реакции между водородом и редкоземельными металлами (далее – РЗМ) давно используются в электронике и энергетике. Это направление особенно популярно развивается в магнитной промышленности, поскольку потребление постоянных магнитов на основе РЗМ растет ежегодно.

Одним из способов получения порошков сплавов РЗМ является метод водородного диспергирования (гидрирования), свободный от недостатков механического измельчения, одностадийный и дешевый.

Целью нашей работы является изучение системы «РЗМ – водород» с физико-химической точки зрения, исследование зависимости скорости взаимодействия водорода с металлом от давления и температуры, а также анализ модели поверхностных процессов, протекающих в системе «РЗМ – водород».

Установлено, что лучшие показатели хемосорбции для систем «РЗМ – водород» наблюдаются при температурах, близких к комнатным. При термообработке металла образуются узлы хемосорбции – дефекты поверхности сплава. Вблизи этих узлов хемосорбции происходит диссоциация водородных молекул на атомы. Так как атомы водорода в отличие от молекул имеют большую энергию, на них не действует энергия давления и температуры, и атом водорода проникает к узлу хемосорбции только со своей собственной энергией. Именно поэтому имеет место предположение, что величина поглощения водорода выше при комнатной температуре и низком давлении.

Так, в докладе авторы представят данные об особенностях взаимодействия РЗМ с водородом, наилучшие показатели процесса гидридного диспергирования, а также возможность применения полученных данных для улучшения технологического процесса получения порошков РЗМ методом гидрирования.

Камбалина А.А. Богданова С.А.

АНАЛИЗ ФТОРИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ С ВЫСОКИМ СОЛЕСОДЕРЖАНИЕМ

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

Источниками поступления фторидов в природные воды являются выщелачивание различных фторсодержащих минералов (апатит, турмалин), а также вулканические выбросы и атмосферные осадки. При этом в природных водах фтор находится преимущественно в виде фторид-иона F^- и комплексных анионов $[AlF_6]^{3-}$, $[FeF_4]^-$, $[FeF_5]^{2-}$, $[FeF_6]^{3-}$, $[CrF_6]^{3-}$, $[TiF_6]^{2-}$ и др.

Концентрация фторид-ионов в зависимости от минерализации воды колеблется от 0,01 до 50 - 100 мг/дм³. Выщелачиванию фторидов из пород способствуют сульфаты, поэтому для вод с высокой концентрацией сульфатов характерны более высокие концентрации фторидов. Так концентрация их в поверхностных водах ниже 1 мг/дм³, а в подземных водах может достигать 10 мг/дм³.

Высокое солесодержание природных вод приводит к следующим проблемам при анализе фторидов с фтор-селективным электродом: низкая скорость установки равновесного потенциала, изменение характеристик электрода при работе с растворами разных концентраций, понижение чувствительности метода.

Цель данной работы – определение оптимальных условий работы фторид-селективного электрода для анализа природных вод с высоким солесодержанием.

Для определения фторид-ионов использовали электродную систему, состоящую из фторид-селективного электрода «Вольта» и вспомогательного хлорид-серебряного электрода «ЭВЛ-1МЗ». Измерение э.д.с. проводили на портативном иономере «Аквилон» с точностью $\pm 0,1$ мВ при температуре окружающей среды 22-24 °С. Для расчета концентраций использовали метод прямой потенциометрии.

В результате исследований нами определен оптимальный состав буферного раствора, применяемого для стабилизации ионной силы и снижения влияния ионного состава анализируемой воды на результаты измерений. В состав буферного раствора входят: комплексообразователь (0,01 М трилон Б), 0,01 М лимонная кислота и 1М сульфат натрия.

Кукенина И.К., Грачева Д.К., Шачнева М.И., Грачев Е.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАВЛЕНИЯ РЗМ-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

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

Существует значительное количество отходов отработанных материалов, содержащих редкоземельные металлы (РЗМ). Данные материалы плохо поддаются переработке методом HD и HDDR из-за появления на их поверхности оксидных плёнок и железной окалины, которые мешают проникновению водорода внутрь РЗМ. В настоящее время эффективным способом удаления оксидной плёнки с поверхности РЗМ-содержащих материалов, например, NdFeB, является метод химического травления металлов. Однако, возникает вопрос о влиянии травления на структуру РЗМ и на процесс последующего гидрирования этих материалов.

При кислотном травлении РЗМ происходит водородное охрупчивание материала из-за сильной коррозионной активности HNO_3 , поэтому, для замедления этого процесса используется этиловый спирт (C_2H_5OH). Также он используется как реактив для промывки металла после травления, для полного очищения материала от раствора - травителя.

Раствор для травления сплавов редкоземельных металлов, содержащий азотную кислоту, этиловый спирт и щавелевую кислоту ($HOOC - COOH$) в определённых пропорциях (мас.%), отличается мягким травящим действием на металл, он не даёт грубого растравливания и препятствует окислению фаз.

Концентрация кислоты и соотношение компонентов в растворе – травителе влияет на скорость и степень гидрирования.

В данном докладе, авторами будет рассмотрено исследование процесса травления РЗМ-содержащих материалов методом химического травления металлов и его влияние на структуру РЗМ. Также будет выявлена зависимость влияния травления на процесс гидрирования.

Коба Е.В., Ткачук С.А., Макашеев Ю.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПРИМЕСЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТА СТЭ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kobaekaterina71@gmail.com*

Объектом исследований в данной работе является электролит (KF·2HF), используемый для получения фтора. Из-за высокой активности электролита, а также выделяющихся в процессе электролиза фтора и фтороводорода, конструкционные материалы электролизера подвергаются коррозии. Вследствие чего электролит загрязняется металлическими примесями.

Примеси отрицательно влияют на процесс электролиза, поэтому появляется необходимость очистки электролита от них. На данный момент очистка электролита является актуальной проблемой. Основными примесями в электролите являются Fe, Mg, Ni и Cu. Для разработки подходящего метода очистки необходимо выяснить, в каком виде выделяются примеси, что и является целью данной работы.

В качестве проб использовали отработавший электролит и катодный осадок, выделившийся в процессе электролиза. После отстаивания отработавшего электролита образуется темный осадок, поэтому пробоотбор проводили с осадочной и надосадочной частей электролита. Вещественный состав примесей исследовали с помощью дифрактометра ARLX'TRA и качественного метода анализа.

Установлено, что примеси выпадают в осадок в виде солей (K_{0,25}FeF₃, K((Mg_{0,425}Cu_{0,575})F₃), KNiF₃), кроме того в надосадочной части электролита содержались частицы металлического железа, а также его оксиды, что может быть связано с наличием влаги в электролите. В состав катодного осадка входила металлическая медь.

Катодный осадок дополнительно анализировали химическим методом путем проведения качественных реакций на наличие металлической меди. Так, в результате обработки осадка азотной кислотой выделялся бурый газ, а при взаимодействии полученного раствора с аммиаком образовался растворимый аммиачно-медный комплекс [Cu(NH₃)₄]²⁺ яркого сине-голубого цвета.

Полученные результаты позволяют продолжить разработку методов очистки электролита от продуктов коррозии с возвратом регенерированного электролита в производство.

Косинова А.В., Грачева Д.К., Муслимова А.В.

ОСНОВЫ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИБУТИЛФОСФАТОМ

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

Экстракция - сложный физико-химический процесс извлечения ценного компонента из водных растворов, протекающий в многокомпонентных двухфазных системах. В настоящее время экстракционные методы стали основными в схемах разделения редкоземельных элементов [1].

В промышленном масштабе для разделения редкоземельных элементов преимущественно используют фосфорорганические экстрагенты, например, трибутилфосфат (ТБФ). Такое разделение основано на закономерном изменении значений коэффициентов распределения в ряду лантаноидов, связанном с эффектом «лантаноидного сжатия» [2]. Экстракционное разделение редкоземельных элементов трибутилфосфатом осложнено зависимостью коэффициента распределения редкоземельных элементов от концентрации, состава и кислотности водной фазы.

ТБФ, как правило, используют в виде растворов, так как при использовании чистого трибутилфосфата вязкость очень велика (3,39 спз при 25 °С [3]) и разделение фаз значительно затрудняется; применяют его растворы в различных инертных растворителях, например, в синтине. При этом снижается коэффициент распределения, но одновременно увеличивается селективность.

ТБФ в достаточной степени извлекает редкоземельные элементы из нитратных растворов. Введение нитрат-ионов в водный раствор увеличивает активность одноименных нитрат-ионов и, таким образом, повышает переход экстрагируемого вещества в органическую фазу.

В данной работе будет более широко рассмотрен процесс экстракционного разделения редкоземельных элементов трибутиловым эфиром фосфорной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов А.А. и др. Экстракционное получение азотнокислого раствора лантана марки «А» // Химическая технология. 2021. Т. 22. №. 4. С. 176-182.
2. Баюшкин И.М. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 360 с.
3. Николотова З.И., Карташова Н.А. Справочник по экстракции. Т.1. – М.: Атомиздат, 1976. – 600 с.

Кошельская А.С., Трещ А.И., Гузеев В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ФТОРИДА ВОДОРОДА ИЗ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

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

Атомная энергетика занимает ключевое место по потреблению фтора. В промышленности он используется для производства гексафторида урана, который используется для разделения изотопов урана.

Фтор получают электролизом расплава смеси фторида калия и безводного фторида водорода – $KF:nHF$. При производстве безводного фторида водорода дополнительно образуется азеотропная смесь с содержанием фторида водорода 38,9% (плавиковая кислота), которая не разделяется ректификацией. Кроме этого при производстве диоксида урана гидролизом гексафторида урана образуется плавиковая кислота, которая имеет ограниченный спрос.

Основным сырьем для производства безводного HF является плавиковый шпат – CaF_2 , запасы которого с каждым годом уменьшаются. В связи извлечение безводного фторида водорода из азеотропной смеси является актуальной задачей.

В качестве конкурентного метода разделения азеотропной смеси $HF:H_2O$ выбрана экстракция с применением перфторсоединений в качестве экстрагента. Известно [1], что перфторсоединения способны поглощать большие объемы газов поэтому, было высказано предположение, что перфтораны могут экстрагировать HF из азеотропа, вследствие низкой энергии межмолекулярных взаимодействий, которая обуславливает их способность растворять большие объемы газов.

Предлагаемый метод выделения безводного HF является новым и требует проведения большого объема экспериментов. На первом этапе были проведены пробные эксперименты и получены положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурин Г.Г., Юматов В.Д. Новое в химии полифторароматических соединений / Фед. агентство по образованию, Новосиб. гос. пед. ун-т. - Новосибирск: НГПУ, 2006. - 218 с.

Кошельская А.С., Гатиятуллин С.И.

ПРОРЫВ. ЕСТЕСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

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

Во времена новых технологий важно задумываться о будущем, а именно о получении энергии для потребностей общества, в этом нам не обойтись без атомной энергетики. Пока природные источники энергии истощаются, атомная энергия с каждым годом набирает все большие обороты. Ее преимущество состоит в том, что она требует существенно меньших количеств исходного сырья и земельных площадей, нежели ее аналоги.

Первым подходом к созданию атомной энергии является создание реакторов типа БН-600 или БН-800. Достоинством этих реакторов служит большая степень выгорания топлива, то есть большой срок кампании.

Вторым инновационным подходом служит создание и промышленную реализацию замкнутого ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах, реализация проекта «Прорыв». В перспективах реализации выделяется технология естественной безопасности, а именно исключение аварий на АЭС и на предприятиях ядерного топливного цикла, требующих эвакуации. Технология работает на теплоносителе - свинец, который в отличие от натрия не воспламенит при контакте с водой и воздухом. В технологии предусмотрена переработка отработанного ядерного топлива с целью возврата невыгоревшего U 235, почти всей массы U 238, а также изотопов с энергетического плутония.

Подведем общий итог рассуждениям, проект «Прорыв» Госкорпорации «Росатом» - это будущее атомной энергетики. Перспектива этого проекта заключается в Естественной безопасности и «бесконечном» использовании своего же переработанного топлива. Уверен, после реализации и успешного ввода в эксплуатацию, станет вопрос о повсеместном использовании данной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. О проекте Прорыв: 2012-2022. – Режим доступа: <https://proryv2020.ru> – Загл.с экрана.

Кузнецова Г.И., Потатцева А.А., Богданова С.А.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: galina-kuznetsova-2000@mail.ru, potaptsevaanna@yandex.ru,
zvetoc@mail.ru.*

Хроматография – один из самых современных методов разделения и анализа многокомпонентных смесей на содержание токсичных и биогенных ионов в природных, питьевых, сточных водах, а также технологических растворах на производстве. [1].

Ионная хроматография – это разновидность высокоэффективной жидкостной хроматографии, сочетающая ионообменное разделение ионов и кондуктометрическое детектирование. Важные преимущества метода – высокая точность, чувствительность, возможность определения малых количеств веществ, сравнительная простота аппаратного оформления и возможность автоматизации, экспрессность, гибкость изменения условий разделения.

Достоинства ионной хроматографии привлекли к ней внимание в тепловой и атомной энергетике как к универсальному методу решения проблемы определения микроконцентраций ионных примесей в водных средах [1]. Речь идет прежде всего о содержании в них примесей коррозионно-агрессивных хлорид-, фторид- и сульфат-ионов. В этом случае аналитическое определение перечисленных анионов классическими методами (потенциометрия, фотометрия и т.д.) связано с большими трудностями и требует разработки специальных методик определения каждого из анионов.

Целью данной работы является изучение физико-химических основ определения анионов (Cl^- , F^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) методом высокоэффективной ионной хроматографии (ВЭЖХ) в следующих объектах анализа: воды питьевые и природные, в том числе поверхностные и подземные источники водоснабжения.

В исследованиях использовали жидкостной хроматограф «Стайер М» (компания «Аквилон») с кондуктометрическим детектором.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гурский В.С. Новые методические подходы и инструментальные решения для обеспечения ионохроматографического анализа водных сред в ядерной энергетике// Автореф. дисс. на соискание уч.степ. д-ра техн. наук. С-ПбГУ, 2013, 37 с.

Кулагина Д.С., Гусев Р.Я., Молоков П.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ УРАНА, НЕОДИМА И ПРАЗЕОДИМА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: williams240613@gmail.com*

Задача определения содержания лантаноидов и актиноидов в растворе является важной для предприятий, работающих с ядерным топливом, соответственно и при гидрометаллургической переработке отработавшего ядерного топлива. Определять состав раствора можно с помощью спектрофотометрического анализа. При определении количества U, Nd и Pr в азотнокислых растворах важно обращать внимание на концентрацию азотной кислоты, так как спектры поглощения элементов меняются. Изменение спектров поглощения происходит при изменении концентрации и, соответственно, с изменением природы частиц. Соответственно с ростом кислотности коэффициент экстинкции также возрастает.

Концентрация азотной кислоты оказывает сильное влияние на спектры поглощения, это связано с образованием комплексных соединений с нитрат ионом, которые имеют другие спектральные характеристики. Так на примере плутония, при изменении кислотности спектры меняют свое положение, потому что они обладают различными электронными свойствами. Следовательно, форма и амплитуда спектров Pu(IV) зависят не только от концентрации Pu, но и от концентрации HNO₃. Соответственно, невозможно количественно определить концентрации Pu(IV) в растворах неизвестной кислотности с помощью визуального анализа с применением закона Бера-Ламберта[1].

Так как положение спектров меняется, то при анализе необходимо это учесть. Контроль влияния кислотности на форму спектра проводится с помощью многокомпонентной градуировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plutonium(IV) quantification in acidic process solutions using partial least-squares regression applied to UV–Vis spectrophotometry / Guillaume Bailly, Didier Maloubier, Guillaume Legay - Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary 2022.

Лебежкина М.Е., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

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

Часто в послеоперационном периоде у пациентов возникают инфекционные осложнения, приводящие к дополнительным манипуляциям. Инфекционные осложнения можно подавить доставкой лекарственных средств напрямую в очаг, например антибактериальных веществ с использованием остеопластических материалов.

В качестве одного из таких материалов можно выделить гидроксиапатит (ГА), обладающий антибактериальными свойствами. Гидроксиапатит - это неорганический матрикс, являющийся основным компонентом ($\approx 70\%$) костной системы человека и обладающий регенеративными свойствами.

Усилить антибактериальные свойства ГА можно внедрением в его структуру ионов Cu^{2+} , Ag^+ , Au^+ . Из литературных источников известно, что наиболее сильным бактерицидным действием в этом ряду обладает серебро, меньшим – медь и золото.

Благодаря относительной низкой себестоимости и экологической безопасности Cu^{2+} обладают высоким потенциалом для применения в качестве антимикробного агента.

Кроме того, медь является важным микроэлементом для жизнедеятельности человека. Большое количество меди содержится в печени, сердце, почках и в скелетных мышцах. Она способствует образованию коллагена, всасыванию железа и образованию энергии. Оптимальное количество меди 2 мг/сут, предельно допустимая концентрация меди в организме человека 10 мг/сут.

Цель экспериментальной работы: сравнить материалы, полученные двумя способами: синтезированный методом осаждения из растворов и пропитать классический ГА коллоидным раствором меди.

Малинкина Т.А., Клименко Ю.Д., Агеева Л.Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: yuliaklim1207@mail.ru*

В связи с влиянием на окружающую среду хозяйственной деятельности человека при анализе природных материалов в последние годы особое значение приобрело экологическое направление. Рост степени загрязнения канцерогенными веществами окружающей среды и, как следствие, рост числа заболеваний среди населения определяют необходимость контроля содержания этих веществ в воде, в почве, в пищевых продуктах. Одним из видов канцерогенных веществ являются тяжелые металлы [1].

Метод определения тяжелых металлов в воде основан на измерении интенсивности рентгеновского флуоресцентного характеристического излучения определяемых элементов при экспонировании подготовленных проб воды образцов для анализа. Флуоресцентное излучение возбуждается первичным излучением рентгеновской трубки. Массовые элементы на фильтре определяются с помощью предварительно построенных градуировочных характеристик, представляющих собой экспериментальную зависимость массы элемента на фильтре от аналитического сигнала [2].

Подготовка к измерениям включает в себя приготовление ряда градуировочных растворов, вспомогательных растворов, создание и проверку градуировки, пробоподготовку и калибровку перистальтического насоса. Метод подготовки пробы для измерения заключается в разложении проб питьевой воды, упаривании и растворении влажных солей, осаждении металлов при определённом рН в виде пирролидиндитиокарбаматных комплексов на парафинизированный фильтр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. - М.: Мир, 1987. -286 с.
2. Насос перистальтический: паспорт и руководство по эксплуатации ООО НПО «Спектрон». – Санкт-Петербург, 2014. – 4 с.

Огнева А.А., Молоков П.Б.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГЕКСАФТОРИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

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

Гексафторид вольфрама по свойствам – токсичный, едкий, бесцветный газ с плотностью около 13 г/дм^3 , что в 11 раз тяжелее воздуха. WF_6 , один из самых плотных известных газов при стандартных условиях. Данный газ нашел свое применение в микроэлектронике при осуществлении синтеза теллуридных стекол. В полупроводниковой промышленности, с его помощью формируются вольфрамовые пленки в процессе химического осаждения из паровой фазы. Для микроэлектроники требуется высокая степень чистоты WF_6 – 99,9999 % мас. Данные требования приняты в качестве стандарта. В нем ограничено содержание следующих газовых примесей: O_2 , Ar, N_2 , CO_2 , CF_4 , HF, SiF_4 , SF_6 , CO на уровне от 1 до 50 ppmv, а также примеси фторидов металлов.

Проведя патентный анализ способов синтеза WF_6 , рассмотрено несколько технологий получения гексафторида вольфрама в промышленности, по которым получается газ, обладающий присущими свойствами для применения в микроэлектронике. Способ прямого фторирования W и очистка позволяет избавиться от примесей, образующих труднолетучие фториды и получить содержание продукта не менее 99 % мас. Для получения высокочистого гексафторида вольфрама с содержанием основного компонента от 99,9 % мас. и выше предлагается использовать ректификационно-сорбционную очистку.

Другой способ синтеза основан на переработке отходов торированного вольфрама, фторированием $\text{W}(\text{ThO}_2)$ элементарным фтором. Процесс происходит в одну стадию. При использовании элементарного фтора для получения высших фторидов тугоплавких металлов не всегда имеет место прямая зависимость скорости процесса от дисперсности порошка. Проблемой является разработка методов анализа. Анализ на содержание перечисленных выше примесей можно провести с использованием методов газовой хроматографии и ИК-Фурье спектроскопии, рассмотрению которых будет посвящена следующая работа.

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

ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ МАРГАНЦА, КОБАЛЬТА, МЕДИ И СВИНЦА В АПТЕЧНОЙ РОМАШКЕ

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

Рентгенофлуоресцентный анализ широко используется для определения тяжелых металлов в составе лекарственных растений. С помощью РФА можно одновременно определить содержание в образце макро- и микроэлементов. Преимуществами этого метода являются высокая воспроизводимость результатов измерений и недеструктивная пробоподготовка. В связи с этим, время подготовки анализируемых образцов и величины погрешностей в РФА много меньше, чем в других аналитических методах.

Лечебные свойства растений связаны с содержанием в них биологически активных веществ. Кроме того, растения являются источниками биологически значимых элементов, которые накапливаются в них своеобразно. Поэтому они применяются в медицине в качестве профилактических и лечебных средств. Несмотря на то, что среди тяжелых металлов есть элементы, необходимые для жизнедеятельности растений, в большинстве случаев они оказывают негативное влияние на них. Более того, среди поллютантов, которые оказывают негативное влияние на организм человека, тяжелые металлы занимают второе место. Способность растений накапливать тяжелые металлы ведет к необходимости исследования уровня концентрации элементов в сравнении с допустимыми значениями.

Данная работа посвящена изучению процесса подготовки пробы к анализу и дальнейшему исследованию минерализованного образца аптечной ромашки методом РФА на спектрокане SPECTROSCAN МАКС.

В результате исследования проведена пробоподготовка исследуемого образца, калибровка металлов в воде, приготовлены и проверены стандартные образцы, выполнена минерализация пробы и анализ ее с помощью спектроскопического метода на содержание марганца, кобальта, меди и свинца. Полученные результаты позволят сделать выводы об обоснованном использовании лекарственных растений, в частности аптечной ромашки, в медицинских целях.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ГАЗОВОГО ПОТОКА ФТОРА В ПРИАНОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ВЫХОД ФТОРА ПО ТОКУ

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

Фтор является одним из самых активных неметаллов, он имеет большое значение для химической технологии и ядерной промышленности. При производстве фтора используют среднетемпературный электролиз дигидрофторида калия.

Объектом исследований в данной работе является толщина газового потока фтора в прианодном пространстве и ее влияние на выход фтора по току. Одним из важнейших факторов, влияющих на толщину газового потока фтора, является плотность тока, при увеличении которой увеличивается и толщина газового слоя, что может привести к снижению выхода фтора по току. Это связано с тем, что толщина газового потока фтора выходит за пределы анодного пространства газоразделительного колокола, что приводит к взаимодействию части фтора с водородом с образованием фтороводорода.

В ходе данной работы был произведен теоретический расчет толщины газового потока фтора, проанализированы графики зависимости толщины газового потока от скорости подъема пузырьков фтора при средней анодной плотности тока от 0,1 до 0,4 А/см², а также проведен эксперимент, в котором были определены скорости подъема пузырьков в расплавленном электролите.

Эксперимент был проведен на электрохимической ячейке с угольным анодом и стальным катодом; при выполнении эксперимента использовали электролит (KF·2HF) с концентрацией фтороводорода 40,2% мас. и температурой 82-95 °С. Из полученных экспериментальных данных рассчитали значения скорости образования и подъема пузырьков фтора.

Результаты проведенной работы позволяют применить в первом приближении значения, полученные экспериментально на лабораторном электролизере, к промышленному электролизеру.

*Ткачук С.А., Степанов К.И., Нижегородов Д.С., Житков С.А.,
Макашеев Ю.Н.*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Актуальность данной работы связана с проблемой уменьшения электросопротивления анодной цепи СТЭ. Конструкция анода включает в себя токоподводящую шину, медный шток и коксовую пластину. В процессе эксплуатации поверхность контактов корродирует, что приводит к возрастанию электросопротивления цепи, росту напряжения и энергозатрат.

Целью данной работы является подбор материалов, устойчивых в агрессивной среде электролита и отработка технологии сборки анодной цепи, обеспечивающих продолжительный межремонтный пробег среднетемпературного электролизера.

С целью уменьшения электросопротивления анодной цепи в процессе работы исследовали гальваническое омеднение угольных порошков, омеднение поверхности анодной пластины со стороны контактной пары, уменьшение пористости коксовой пластины различными методами, применение угле-ткани в качестве армирующего материала.

Отдельное внимание уделялось пористости коксовой пластины т.к. во время электролиза электролит попадает через поры к поверхности контакта, разрушая ее приводит к повышению электросопротивления. С целью уменьшения пористости применялась повторная пропитка образца коксовой пластины пеком в вакууме при температуре 200°C. Угле-ткань применялась как армирующий материал, защищающий анод от среды электролита препятствуя контакту угольной пластины с электролитом. Анод из угле-ткани рассматривается как альтернатива коксовой пластине благодаря коррозионной стойкости, электропроводности и легкости изготовления.

В докладе будут представлены методики изготовления образцов, результаты испытаний и выводы.

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

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ИСП-АЭС НА ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

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

Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) – метод анализа, основанный на одновременной регистрации излучения атомных и ионных спектральных линий элементов.

Часто результаты измерения концентраций нужны не столько сами по себе, а для проведения различных расчетов по этим результатам: например, мы рассматриваем процесс экстракционного разделения РЗЭ, и для расчетов нам нужно знать коэффициент разделения двух элементов.

Коэффициент распределения – отношение концентраций в органической и водной фазах.

Коэффициент разделения – отношение коэффициентов распределения элементов, в случае, когда возможна экстракция двух или нескольких элементов.

В случае определения всех четырех концентраций, для двух элементов в органической и водной фазах, с одной и той же погрешностью на конечном результате это не скажется.

Однако, существует проблема: концентрация органической фазы определяется не напрямую, а расчётно, через результат анализа состава реэкстрактов. Так как эти реэкстракты более разведенные, чем рафинаты, то у растворов получаются разные разбавления, и разная погрешность, причем у органической фазы погрешность будет определяться погрешностью разбавления реэкстракта с учетом объемных соотношений фаз на реэкстракции.

Следовательно, необходимо определить возможную погрешность определения коэффициентов распределения и разделения.

Ушаков А.О.^{1,2}, Жерин И.И.¹, Муслимова А.В.², Носков М.Д.²

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИ РОЗЕНА ДЛЯ ИЗОТЕРМ ЭКСТРАКЦИИ В СИСТЕМЕ $UO_2(NO_3)_2$ - HNO_3 -ТБФ

¹Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: su96.su96.su96@mail.ru

Использование подходящей адекватной модели для построения изотерм экстракции позволит рассчитать параметры, оказывающие непосредственное влияние на эффективность экстракции.

В настоящей работе проведено построение изотерм экстракции урана с использованием экспериментальных данных о равновесных значениях концентрации урана, концентрациях азотной кислоты, температуры процесса [1] и изотерм на основе модели А.М. Розена [2], представленной в виде системы уравнений (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{2} \left(L_0 - \frac{\sqrt{1 + 8FL_0} - 1}{4F} \right) \\ F = \frac{f_U}{(1 + f_H)^2} \\ f_U = \tilde{k}_U x_U (2x_U + x_{HNO_3})^2 \\ \tilde{k}_U = e^{4,8-5,77(x_{HNO_3} + 2x_U)^{0,5} + 4,17(x_{HNO_3} + 2x_U) - 0,712(x_{HNO_3} + 2x_U)^{1,5}} \\ f_H = 0,2x_{HNO_3} (2x_U + x_{HNO_3}) \end{array} \right. \quad (1)$$

где x_{HNO_3} – содержание кислоты в водной фазе, моль/л; x_U – содержание урана в водной фазе, моль/л; y – содержание урана в органической фазе, моль/л; L_0 – начальная концентрация экстрагента, моль/л.

Проведен сравнительный анализ построенных изотерм, показавший отклонение рассчитанных данных от экспериментальных для диапазона концентраций урана в водной фазе от 0 до 0,77 моль/л при концентрации азотной кислоты в 0,10 моль/л и в диапазоне от 0 до 0,63 моль/л при концентрации кислоты в 1,00 моль/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буров Ю. В., Дорда Ф. А., Росликов Н. В. Таблица равновесных концентраций / СХК. – Инв. № 27/2431, б.г., – 60 с.
2. Розен А. М. Термодинамика экстракционных равновесий уранилнитрата // Атомная энергия. – 1957. – Т. 2, № 5. – С. 445–458.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА В ГИДРОКСИАПАТИТЕ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА

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

Использование гидроксиапатита в составе ранозаживляющих гелей и мазей, а также в составе костнозамещающих цементов диктует необходимость введения в их состав антисептика, обладающего широким спектром действия. Известно, что коллоидное серебро обладает широким спектром антимикробного и антибактериального действия, низкой аллергенностью, отсутствием резистивности микробов и вирусов [1], что делает вопрос получения композитов на основе гидроксиапатита (ГА) с коллоидным серебром чрезвычайно актуальным.

Для получения вышеназванных материалов синтезировали гидроксиапатит осаждением из растворов по реакции:



Было проведено две серии экспериментов. В первой серии в исходный раствор дихлорида кальция приливали раствор коллоидного серебра в соотношении 30:1 до 6:1. Во второй серии в исходные растворы дополнительно вводили затравку из гидроксиапатита. Последовательность титрования, использование затравки, и веществ, увеличивающих вязкость растворов, способствуют формированию микрокристаллического гидроксиапатита [2].

Осаждение осуществляли одновременным капельным приливанием осадителя – гидрофосфата натрия и регулятора pH среды – гидроксида натрия.

Рентгенофазовым методом был исследован синтезированный ГА и установлено, что в его составе присутствует серебро в форме оксидов.

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. Гузеева Т.И., Гузеев В.В., Леонова Л.А., Лелюк О.А., Крикуненко А.С., Шатохина Ю.В. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКА ГИДРОКСИАПАТИТА В ХОДЕ ЖИДКОФАЗНОГО СИНТЕЗА // Известие Томского политехнического университета. – 2009. — Т. 315. – № 3. – С. 47–50.

Чекинева Ю.А., Жиганов А.Н.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА УРАНА ИЗ ГЕКСАГИДРАТА УРАНИЛНИТРАТА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: d30031998@mail.ru*

Уран — основное топливо для получения энергии деления ядер, для производства топлива используют различные его соединения. Одним из способов получения топлива является получение триоксида урана путем термического разложения гексагидрата уранилнитрата и его дальнейшее восстановление до UO_2 .

Гексагидрат уранилнитрат поступает на операцию концентрирования в выпарной аппарат с выносной греющей камерой. Упаренный раствор поступает в денитратор кипящего слоя. Денитрацию проводят в вертикальной трубе, выполненной из нержавеющей стали. Аппарат оборудован внешними и внутренними электронагревателями для подвода большего количества тепла при обезвоживании УНГ. Кипящий слой предварительно создается из частиц триоксида урана, а готовый продукт удаляется непрерывно (с постоянной скоростью) через дно аппарата. Далее раствор триоксид урана собирается в дозаторе и отправляется на сушку, которую проводят в барабанной вращающейся печи, где происходит медленный нагрев для разложения. В процессе работы вращающаяся печь циклично опускает вниз перемешиваемое вещество, обдавая массу горячими газами. Порошок диоксида урана, выходящий из реактора, падает через дозатор в герметичный бункер.

Диоксид урана после измельчения до тонкого порошка легко использовать для приготовления топливных таблеток с помощью соответствующего процесса спекания. Спеченные таблетки UO_2 в настоящее время являются основным ядерным топливом для тепловых энергетических реакторов LWR, HWR и т.д.

Ченцов Ф.А., Молоков П.Б.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

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

Для создания эффективного технологического процесса необходимо учитывать множество факторов начиная с природы реагирующих веществ и заканчивая материалом изготовления аппарата. Однако прежде чем приступить к созданию какого-либо производства нужно определить и учесть состав сырья. В данной работе в качестве исходного вещества, требующего исследования, были использованы стеклокристаллические материалы (ситаллы).

Ситаллы – это стеклокристаллические материалы, состоящие из одной или нескольких кристаллических фаз, равномерно распределенных в стекловидной фазе. Сложность работы с ними обусловлена их высокой твёрдостью и неоднородностью. В связи с этим существует необходимость пересмотра и оптимизации технологии исследования. Целью данной работы являлось определение точного состава исходных ситаллов.

В первую очередь был произведён анализ исходного сырья на электронном микроскопе (СЭМ) для определения его качественного состава. Данная стадия, в свою очередь, необходима для определения схемы дальнейшей переработки сырья.

Далее материал измельчают и переводят в раствор используя метод фторирования с помощью плавиковой кислоты с дальнейшей сульфатизацией и выщелачиванием.

Полученный раствор исследуют с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6000.

В докладе будут рассмотрены методы исследования и представлены конечные результаты.

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

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМОГРАДИЕНТНОГО ГАЗОФАЗНОГО УПЛОТНЕНИЯ КОКСОВЫХ ЛАМЕЛЕЙ

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

Фтор является одним из важных агентов в современной ядерной и химической технологий. С прошлого столетия с помощью фтора осуществляется процесс разделения изотопов урана, используемый для изготовления ядерного горючего.

Непрерывно растущая сеть атомных электростанций требует из года в год все большего количества элементарного фтора. Увеличение производства фтора на базе имеющегося оборудования и снижение себестоимости получаемого фтора является актуальной задачей современной атомной промышленности.

Одной из основных проблем фторного производства является низкий ресурс коксовых пластин, которые используются в качестве анода при процессе электролиза, а также их высокая пористость которая способствует постепенному накоплению фторуглеродной пленки на поверхности, что уменьшает вероятность взаимодействия фтороводорода с угольным анодом.

В связи с этим остро встает вопрос об увеличении прочностных характеристик и уменьшении пористости.

Одним из способов решения является термоградиентное газофазное уплотнение структуры пироуглеродом. Данный метод одностадийный и достаточно быстрый, а также позволяет за один цикл уплотнения получить высокую плотность материалов, обеспечивая их высокие прочностные характеристики вследствие высокого сродства углеродных волокон в осаждающейся на них углеродной матрице.

Суть метода заключается в том, что при резистивном нагреве в охлаждаемой камере и в потоке газа по радиусу заготовки устанавливается градиент температуры, вследствие чего при протекании газа через установку, он разлагается, а выделившийся углерод оседает по всей поверхности заготовки тем самым уплотняя её.

Целью данной работы является разработка установки для процесса термоградиентного газофазного уплотнения структуры коксовых ламелей пироуглеродом, а также проведение сравнительных экспериментов.

Шачнева М.И., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Кикенина И.К.

АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

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

В современном мире большое внимание уделяется переработке материалов на основе редкоземельных металлов (РЗМ), в связи с их широким применением во многих отраслях промышленности и энергетики. Одними из таких материалов являются магниты типа NdFeB. Магнитные материалы (ММ) после переработки должны обладать качественным составом и магнитными характеристиками, требуемыми рынком. Для получения таких параметров переработанных магнитов необходимо внедрять новую технологию рециклирования, так как в настоящее время ни при одном из известных в мире методов переработки не сохраняются нужные магнитные свойства. Технология рециклирования окажет положительное влияние на улучшение экономики страны, снижение ее зависимости от импорта РЗМ из Китая, развитие промышленности и увеличение внутреннего спроса на ММ.

Научной группой Северского Технологического Института были проведены разработка и исследование новой технологии рециклирования ММ, оценка ее преимуществ и анализ влияния методики на экономическую составляющую России.

Новая технология рециклирования отличается своей простотой, так как не требует проведения промышленных этапов при высоких температурах, в отличие от других технологий все процессы проводятся при более низких температурах и имеют измененную очередность. Одним из важных этапов процесса является ручная разборка ММ из конечных продуктов, так как осуществляется при небольших экономических процессах. Помимо этого, преимущество нашей методики по сравнению с другими заключается в снятии гальванического покрытия до процесса водородного диспергирования, что позволяет на выходе получать материал с высокими магнитными свойствами. Также наша технология является «зеленой» технологией и наносит минимальный ущерб экологии.

В докладе авторами будут результаты анализа экономической эффективности технологических процессов и технологии рециклирования магнитных материалов в России.

Шачнева М.И., Молоков П.Б.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ТРИФТОРИДА АЗОТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

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

Трифторид азота (NF_3) – бесцветный токсичный газ, нерастворимый в воде, вызывающий коррозию металлов и обладающий характерным слегка затхлым запахом. При нормальных условиях является инертным газом, а при повышенной температуре является сильным окислителем, сравнимым со фтором.

В современном мире трифторид азота находит применение в микроэлектронике, в качестве фторирующего агента в органических синтезах. Трифторид азота с чистотой 99,999% применяют в качестве реакционного газа в процессах плазмохимического травления при производстве мощных микропроцессоров и для очистки CVD-реакторов. Газ с меньшей чистотой (99,9%) применяют для очистки камер парофазного осаждения и при производстве панельных дисплеев.

Одним из главных требований, предъявляемых к трифториду азота, для его применения в микроэлектронике является чистота продукта. Основными компонентами, загрязняющим трифторид азота, являются фтороводород (HF), тетрафторэтан (CF_4), азот (N_2), углекислый газ (CO_2), их количество должно быть сведено к минимуму. Для обеспечения требуемого низкого уровня содержания примесей в конечном продукте необходимо тщательно выбирать способы получения трифторида азота.

В настоящее время известно несколько методов синтеза трифторида азота, однако, можно выделить две основные технологии, применяемые в промышленности, для производства данного газа. Это способы получения электролизом расплава кислых фторидов аммония и прямое фторирование аммиака в расплаве кислого фторида аммония. Данные методы синтеза позволяют на выходе получить трифторид азота с необходимыми свойствами и минимальным содержанием в нем примесей, требуемых на рынке.

В докладе авторами будут представлены результаты анализа свойств и методов синтеза трифторида азота для его дальнейшего применения в микроэлектронике.

Шишкина Н.И., Веремейчик Е.С., Зеличенко Е.А., Чубенко Я.Б.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ОСАЖДЕНИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: natashalezhnins861@gmail.com*

В настоящее время многие люди разных возрастов страдают различного рода нарушениями функций опорно-двигательной системы из-за различных негативных факторов. Ввиду этого появляется необходимость создания новых композиционных материалов на основе фосфатов кальция с армирующим веществом, в качестве которого может выступать полимер.

В качестве армирующего полимера выступает альгинат натрия (АН), который имеет высокую биосовместимость и является доступным и малозатратным сырьем. Его используют в тканевой инженерии, включая регенерацию кожных тканей, хрящей, костей, поджелудочной железы, печени, а также в инкапсуляции клеток для контролируемого высвобождения лекарств.

Биологическая совместимость, уникальная биоактивность, структурное и химическое подобие костной ткани человека позволяют синтетическому гидроксиапатиту ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, ГА) – аналогу неорганической компоненты костного материала – находить широкое применение в современной медицине и материаловедении [1].

Целью эксперимента являются исследование влияния альгината натрия на состав и структуру конечного продукта в процессе осаждения. Предварительные исследования показали, что введение полимера позволяет оптимизировать процесс, исключая стадию выдержки в маточном растворе.

В настоящее время изучены влияние добавок на физико-химические свойства растворов ГА в присутствии полимера и глицерина. В результате исследования было выявлено, что присутствие глицерина в композите увеличивает вязкость АН.

ЛИТЕРАТУРА

1.Торопков Н.Е. Технология получения кальциевых фосфатов медицинского назначения // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 1282.

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

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХРОМА, ЖЕЛЕЗА, НИКЕЛЯ И ЦИНКА В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ МЕТОДОМ РЕНТГЕН-ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

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

Актуальность использования лекарственных растений значительно выросла в последние несколько лет. Данное явление обусловлено появлением и распространением новых простудных заболеваний и патологий. В связи с высокой загруженностью иммунная система человека слабеет, поэтому становится все сложнее поддерживать состояние здоровья на прежнем уровне. Однако лекарственные растения способны аккумулировать тяжелые металлы, к числу которых относятся хром, железо, никель и цинк. В результате при превышении норм содержания данных металлов в веществе растения, используемые при лечении, могут оказывать токсичное действие на организм человека и навредить ему еще больше.

Для предотвращения возникновения подобных ситуаций необходимо знать и уметь оценивать нормы содержания. В данной работе были проанализированы цветки липы трех различных торговых марок на соответствие требованиям фармакопеи.

Наиболее оптимальным и эффективным методом является определение металлов методом рентген-флуоресцентного анализа. Данный способ позволяет определять огромный спектр элементов в одном образце, анализировать жидкие и порошковые пробы довольно быстро и экономически выгодно.

В результате была изучена методика рентген-флуоресцентного анализа, проведены градуировка спектрометра «Spectroscan Макс», калибровка прибора, минерализация исследуемых проб липы с неизвестным содержанием металлов и последующие их качественный и количественный анализ.

Шрайнер А.Э., Шамин В.И.

РАЗРАБОТКА БЕЗАМАЛЬГАМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЛИТИЯ-7 ЭКСТРАКЦИОННЫМ СПОСОБОМ

*АО «Сибирский химический комбинат»,
г. Северск, Томская обл., ул. Курчатова, д.1.
e-mail: shk@atomsib.ru*

В настоящее время в мировой промышленной практике обогащение лития-7 осуществляется по амальгамному способу, основанному на реакции обмена изотопов между растворами соединений лития и литиево-ртутной амальгамой, что наносит значительный вред экологии.

Стоит также отметить, что ГК «Росатом» планирует создать исследовательский жидко-солевой реактор (ИЖСР) в г. Железногорск к 2031 г., в связи с этим требуется наращивание мощностей по производству лития, обогащенного по изотопу ${}^7\text{Li}$. Данный изотоп лития используется в реакторах ЖСР как компонент теплоносителя в виде соли FLiBe .

Альтернативой ртутно-амальгамному методу является экологически приемлемая, менее энергоемкая экстракционная технология обогащения лития-7. Она снизит экологические риски оборота ртути. В основе данной технологии лежит противоточное движение экстрагента краун-эфира бензо-15-краун-5 (Б15К5) в органическом растворителе (спирт-теломер-3) и водного раствора соли лития (нитрата) с использованием каскада центробежных экстракторов [1].

В мировой практике отмечают экстракционный способ как единственный перспективный метод, который на текущий момент способен заменить существующую ртутно-амальгамную технологию.

В настоящее время на АО «СХК» проводится НИОКР, в рамках которого планируется определить оптимальные параметры экстракционного разделения на каскаде центробежных экстракторов, провести динамические испытания на единичном разделительном элементе и на лабораторном каскаде. Полученные в ходе НИОКР результаты послужат основой для разработки ТЗ на проектирование промышленной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин С.В., Бочкарев А.В., Цивадзе А.Ю. Расчёт изотопных эффектов лития в экстракционных системах с бензо-15-краун-5 и его производными // Журнал неорганической химии, 2019, том 64, № 7, с. 769-773.

*Секция
Оборудование и автоматизация ядерно-химической
технологии*

Дурнева А.А., Кетов А.С

РАЗРАБОТКА СТЕРЕОКАМЕРЫ

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

Безопасность и комфорт общественного транспорта – важнейшая часть городской инфраструктуры, которой каждый день пользуется большинство жителей. Особое место в городском транспорте занимает трамвай. Любое дорожное происшествие может нанести серьезный ущерб людям, отдельным участкам движения, транспортным средствам, что за собой повлечет потери от аварий любых видов и любой тяжести последствий.

В 2019 году компания «АО Когнитив» решила реализовать проект по созданию беспилотного трамвая для российских и зарубежных рынков. Интеллектуальная система управления «Cognitive Tram Pilot» будет выполнять роль активного помощника водителю в опасных ситуациях, когда он не реагирует на них должным образом.

В связи с проблемой возможности покупки видеокамеры и отсутствием на рынке РФ, для системы «Cognitive Tram Pilot», которая оснащена видеокамерами для анализа дорожной обстановки. В рамках импортозамещения была поставлена задача – разработать электронную часть отечественной камеры высокого разрешения и плату десериалайзера для синхронизации.

Для решения данной проблемы был выполнен ряд задач:

1. Написание технического задания;
2. Подбор компонентов, соответствующих техническому заданию;
3. Разработка библиотек компонентов в программе Altium Designer;
4. Разработка аналоговых и цифровых электронных схем на основе современной компонентной базы;
5. Поиск аналогов для компонентов;
6. Трассировка печатных плат;
7. Разработка конструкторской документации;
8. Сборка и первичный запуск электронных устройств.

В результате была реализована видеокамера, которая ставится в систему «Cognitive Tram Pilot» на трамваи в Санкт-Петербурге. Система оснащена двумя видеокамерами для анализа дорожной обстановки. Обнаружения опасности как для транспортных средств, так и для пешеходов.

*Корсак К.С., Кошельская А.С., Огнева А.А., Зимин А.А.,
Карташов Е.Ю.*

ПРОТОТИП ЭКЗОСКЕЛЕТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА АЭС

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

На текущий год количество ядерных и радиационно опасных отходов составляет значительный объем, в то время как о способах его утилизации стали задумываться недавно. Процесс вывода из эксплуатации ядерно-опасных объектов напрямую зависит от технического оснащения, что обеспечивает возможность проведение работ по демонтажу помещений и дезактивации ядерного промышленного оборудования. В связи с этим нами была выдвинута идея разработки одного из технических образцов, прототипа экзоскелета для строителей и обслуживающего персонала АЭС, который по своим техническим характеристикам превосходил бы имеющиеся на рынке.

Отличительными характеристиками нашей модели стали контроль за состоянием здоровья человека и проверка технического состояния экзоскелета, с помощью установленных датчиков, для своевременной подачи сигнала о неисправности и минимизация риска для здоровья сотрудника. Каркас создан из прочного сплава вольфрам-титан, что обеспечивает прочность экзоскелета и защищает его от гамма-излучения. Конструкция оснащена поршнями для регулировки параметров костюма в зависимости от строения и особенностей человека. Сборка происходит с помощью бесшляпочных винтовых соединений с установкой защитных отверстий, что позволяет исправить небольшие неполадки на месте работы и обеспечивает легкодоступность замены деталей.

Необходимость наличия экзоскелета на производстве обусловлена минимизацией рисков для жизни и здоровья сотрудников, а также понижением утомляемости. По нашим расчетам КПД работ при использовании экзоскелета станет в 7,5 раз выше, чем у среднестатистического сотрудника за тот же период времени. Сроки работ значительно сокращаются, что обеспечивает увеличение темпов развития атомной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарев В.М. Нормативные требования к качеству строительных и монтажных работ. – С. Петербург: 2014. -79 с.

Меренков В.К., Карташов Е.Ю.

ПЕРЕРАБОТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

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

В настоящее время на атомных предприятиях при их функционировании и производстве образуется достаточно большое количество радиоактивных отходов (РАО), которые, если их не утилизировать, могут пагубно влиять на окружающую среду. Среднегодовое образование РАО в России составляет около, 2 млн. м³ твердых и 1,7 млн. м³ жидких РАО.

Анализ существующих способов переработки показывает большое количество технологических процессов – цементирование, ионный обмен, остекловывание и т.д. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки как в экономическом, так и в технологическом плане. Одним из наиболее перспективным методом очистки является переработка жидких радиоактивных отходов природными сорбентами. Этот метод заключается в том, что ЖРО подвергают предварительной фильтрации на фильтре, изготовленного из сипрона и гранулированного полипропилена, которые обладают способностью отделять масла, нефтепродукты и альфа-радионуклиды. После чего насадочную жидкость подвергают последовательной механической фильтрации на песчаном и угольном фильтре, с образованием фильтрата, который затем подвергается глубокому обессоливанию обратным осмосом, но при этом после первой стадии дезактивированный раствор подвергают ионоселективной сорбции, а затем корректировке рН на известняковом фильтре. Кроме того, на второй стадии глубокого обессоливания промежуточный концентрат подвергают доконцентрированию обратным осмосом. Эти технологические переделы достаточно просты по сравнению с другими методами переработки и экономически наиболее целесообразны.

Исходя из этого, был выбран именно этот метод переработки РАО с использованием природных сорбентов как наиболее перспективный метод очистки ЖРО.

Мерзляков К.А., Карташов Е.Ю.

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ РАКЕТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В АТМОСФЕРЕ

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

Мониторинг радиоактивного загрязнения окружающей среды является одним из важнейших аспектов безопасной эксплуатации объектов ядерной промышленности. Самой сложной, для наблюдения за радионуклидами, и одновременно самой важной частью среди геосфер является атмосфера. Существует множество вариантов оценки радиационной опасности воздушных масс, начиная от традиционных, например, пропускание огромного объема газа через аспираторы, заканчивая более современными с использованием БПЛА и летающих лабораторий. У всех способов есть свои преимущества, но всех их объединяет высокая стоимость и зависимость от большого количества обслуживающего персонала.

Предлагаемое решение заключается в создание автономного блока датчиков и механизмов (фермы), с последующей загрузкой на ракетоноситель малой мощности. Ферма состоит из модулей: бортовой самописец с датчиками GY-BMP280-3.3 для определения высоты, давления и температуры, акселерометр MPU6050 для определения вращения и ускорения по осям, сцинтилляционный детектор, волокнистые фильтры. Ракетоноситель представляет собой корпус ракеты с модельным ракетным двигателем. После запуска и подъема на определенную высоту, устройство выбрасывает парашют и плавно спускается, измеряя данные воздуха, получая первичную информацию, после приземления полезной нагрузки результаты обрабатываются в лаборатории. Текущий способ позволяет более точно отслеживать радионуклиды, за счет передвижения вместе с ними с помощью ветра, сократить расходы на обслуживающий персонал до минимума, снизить стоимость детектирования, снять ограничение подъема, в сравнении с БПЛА, повысить мобильность системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елохин А.П., Лабашев Д.А. Методы радиационного контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды с помощью беспилотных радиоуправляемых средств и особенности их пилотирования // Глобальная ядерная безопасность. 2014.

Рожков Д.А., Карташов Е.Ю.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

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

Вследствие ограниченности запасов углеводородов, в настоящее время развиваются альтернативные источники энергии, в том числе атомная энергетика. Основным источником топлива в атомных реакторах является диоксид урана, который, в виде тепловыделяющих элементов и сборках используется в реакторах для получения энергии. Для его производства используется сухая, фторидная технология, одной из переделов которой является получение гексафторида урана.

Гексафторид урана (UF_6) – это бесцветное кристаллическое вещество, которое возгоняется при $56,5^\circ C$ при атмосферном давлении. Гексафторид урана не существует в виде жидкой фазы, за исключением тех случаев, когда он находится под давлением выше атмосферного.

В рассматриваемой технологии получения UF_6 используется пламенный реактор, где методом высокотемпературного прямого фторирования оксидов урана, в факеле фтора, при температуре $900-1100^\circ C$, получается газовая смесь из, примерно, 45 % UF_6 , 40 % O_2 , 15 % F_2 , 15 % HF и других примесей.

Далее, для выделения UF_6 из газовой смеси используют метод поверхностной десублимации. Полученную парогазовую смесь, пропускают через фильтр для очистки от пыли и твердых частиц, направляют в десублиматор, где она охлаждается и в виде твердой фазы оседает на стенках аппарата. Затем, после съема кристаллов и порошка UF_6 затаривается в транспортные емкости и направляется в них на разделительные производства, для дальнейшего переработки и получения диоксида урана в виде таблеток, из которого и изготавливаются тепловыделяющие элементы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, А. А. Оборудование для десублимации UF_6 на предприятиях по обогащению изотопов урана : учебное пособие / Томск : ТПУ, 2019. — 10 с.
- Тананаев, И. Г. Уран : учебное пособие / Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 39 с.

Рябов И. А., Иванов К. А., Евтюшкин М.Е., Якубов Я.О.

**ПРОГРАММНО - АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ЁМКОСТИ ХРАНЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ КУРСА
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,
e-mail: mrkri1@mail.ru*

Автоматизация технологических процессов является важным этапом создания технологичного производства. Для этого нужно понимание в области теории автоматического управления (ТАУ), построении математических и физических моделей объектов управления (ОУ). В этой связи создание современных программно - аппаратных комплексов для лабораторий является актуальной потребностью современного инженерного образования.

Целью данной работы является создание многофункционального стенда для проведения лабораторных работ с легкозаменяемыми условиями задач в области автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Задачами являются: определение концепции проектирования; определение комплектующих; монтаж оборудования и тестирование. Концепция программно – аппаратного моделирования позволяет изменять конфигурацию стенда под различные задачи, не меняя его технического обеспечения, а только программного. Оборудование выбирается из проводимых расчетов, и на их основе его можно купить или сделать самому. Монтаж производится технического обеспечения будет производится на DIN рейку. Последним этапом является тестирование установки, включающие в себя настройку и испытание оборудования с заданными параметрами работы.

Программно – аппаратный комплекс лабораторной установки позволит существенно поднять уровень подготовки студентов по направлению АСУ ТП и качественно обрабатывать информацию, полученную со стенда, для дальнейших работ.

Стрельников С.М., Иванов К.А., Бугрина В.С.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65.,
e-mail: saimonst97@mail.ru, KAivanov@mephi.ru, vbugrina@mail.ru*

Процесс получения научного знания в современных условиях связан с получением и обработкой большого массива информации. Работа с этим массивом информации без использования средств автоматизации неэкономична. В этой связи, появляется потребность в программно-аппаратном комплексе (ПАК) на базе доступных и открытых решений.

На текущий момент на площадках СТИ НИЯУ МИФИ и АО «СХК» ведутся научно-исследовательские работы по широкому спектру вопросов от рециклирования редкоземельных металлов (РЗМ) до исследования плотного топлива на модуле МФР (модуль фабрикации и рефабрикации).

В рамках данного обзора были сформулированы следующие задачи:

Обзор доступных и открытых решений ПАК. С учётом специфики задач автоматизации научно-исследовательских работ, проводимых на площадках СТИ НИЯУ МИФИ и АО «СХК».

Интеграция открытого ПО для задач автоматизации в рамках научно-исследовательских работ, проводимых на площадках СТИ НИЯУ МИФИ и АО «СХК».

Формулирование требований на устройства связи с объектом (УСО) для автоматизации научных исследований.

Результатом проведённых исследований является перечень доступных ПАК с формализованными критериями выбора наиболее подходящей для целей автоматизации научно-исследовательских работ, проводимых на площадках СТИ НИЯУ МИФИ и АО «СХК».

Сусакин В.А., Карташов Е.Ю., Панфилова М.В.

МОДЕЛЬ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ БРЕСТ-ОД-300 ДЛЯ ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

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

Современная ядерная промышленность ставит одной из своих главных целей достижение закрытого ядерного топливного цикла, подразумевающего переработку отработавшего ядерного топлива с целью его повторного использования. Дать начало решению этой проблемы должен проект «Прорыв», созданный на базе Сибирского Химического Комбината. В его рамках намечена постройка первого в своем роде инновационного реактора БРЕСТ-ОД-300.

Энергоблок использует свинцовый теплоноситель, который обладает рядом полезных свойств: высокой температурой кипения, низкой собственной радиоактивностью и не воспламеняется при контакте с кислородом, в отличие от того же натрия. Данные особенности позволяют сохранить преимущества реактора в отношении собственной безопасности, из чего следует удешевление его производства. [1]

Целью данного проекта является создание рабочей модели реакторной установки БРЕСТ-300, главной задачей которой является наглядная демонстрация внутреннего устройства реактора, механизмов загрузки ядерного топлива, обеспечения работы его системами безопасности. При этом студенты будут лучше понимать устройство систем всего энергоблока и происходящие в нем процессы.

Создание модели реализуется посредством технологии 3д-печати, что позволяет произвести нужные детали с необходимой точностью и легкостью. Основные участки конструкции смоделированы с использованием инструментов программного обеспечения «Компас-3D», что также позволяет ускорить процесс проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгунов Ю.Г., Лемехов В.В., Смирнов В.С., Чернецов Н.Г. Технические решения и этапы разработки реакторной установки БРЕСТ-ОД-300 / Ю.Г. Драгунов, В.В. Лемехов, В.С. Смирнов, Н.Г. Чернецов // Атомная энергия. – 2012. – Т.113. – С. 58-64.

Сусакин В. А., Гатиятуллин С.И.

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЯДЕРНОГО ЦИКЛА

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

Одной из главных задач современной ядерной промышленности является достижение замкнутого ядерного цикла. С этой целью в рамках проекта “Прорыв” на базе Сибирского Химического Комбината реализуется постройка опытно-демонстрационного энергетического комплекса в составе энергоблока с реактором БРЕСТ-ОД-300 со свинцовым теплоносителем.

Помимо реактора с расчетной мощностью 300 МВт существует проект с расчетной мощностью 1200 МВт - БРЕСТ-1200, который может стать базовым инновационным энергоблоком для развития крупномасштабной ядерной энергетики. Данный реактор характеризуется высокой естественной безопасностью, которая в первую очередь обусловлена высококипящим и радиационно стойким свинцовым теплоносителем. Данный теплоноситель не возгорается при контакте с водой или воздухом и в целом является химически нейтральным. Помимо этого, энергоблок обладает низкой реактивностью, что исключает резкий разгон реактора при выводе из строя органов регулирования. Эти решения позволяют сильно уменьшить стоимость установки, так как пропадает необходимость ряда инженерных систем безопасности. Таким образом, стоимость постройки и эксплуатации реакторов БРЕСТ не будет превышать таковую у легководных реакторов.

Преимущества состоят в высокой плотности, которая обеспечивает повышенную воспроизводимость топлива и его топливоёмкость, теплопроводности, отвечающей за надежность и температурную стойкость, и в меньшем выходе агрессивных продуктов деления из таблеток нитрида в сравнении с оксидным топливом.

Это является хорошим показателем безопасности данных производств.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Конструкционные материалы для перспективных атомных энергетических установок с теплоносителем – свинец или сплав свинец - ВИСМУТ» Науч. ред. Крисм; – Электрон. дан. – Крисм; 2021-2021. – Режим доступа: <http://www.crism-prometey.ru> – Загл.с экрана
2. О проекте Прорыв 2012-2022. – Режим доступа: <https://proryv2020.ru> – Загл.с экрана.

Шарапова С.И., Зарипова Л.Ф.

УСТАНОВКА АФФИНАЖА ПРИРОДНОГО УРАНА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: svetash200123@gmail.com*

Оксиды урана имеют весьма важное значение в технологии производства ядерного горючего. Основой тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) является диоксид урана UO_2 , который обладает высокой огнеупорностью и дает возможность получать в ядерных реакторах очень высокие температуры и увеличивать тем самым коэффициент полезного действия. UO_2 должен соответствовать требованиям ядерной чистоты.

На сегодняшний день задача получения материала ядерной чистоты в ходе переработки уранового сырья решается методом аффинажа. Применение соответствующих кислот позволяет перевести уран в хорошо растворимое состояние, например уранилнитрат. Некоторые соединения урана хорошо растворимы в воде, из водных растворов уран может быть селективно выделен в осадок. Таким образом, целью данной работы является разработка безопасной установки аффинажа природного урана.

Разработана аппаратурно-технологическая схема экстракционной очистки концентратов урана, включающая установку растворения, каскад экстракторов и выпарную установку. Технологический процесс начинается с растворения оксидов природного урана U_3O_8 в азотной кислоте концентрацией 40...60 % при температуре 60...80 °С в каскаде из двух аппаратов - агитаторов. Затем раствор уранилнитрата направляется в каскад экстракторов, обеспечивающий экстрагирование уранилнитрата раствором трибутилфосфата, промывку экстракта, реэкстракцию уранилнитрата и регенерацию экстрагента. Водная фаза, из реэкстракционной колонны, пропускается через вспомогательную емкость-накопитель, где окончательно отделяются небольшие количества захваченного экстрагента. После этого готовый раствор поступает на выпаривание. Конечный продукт - раствор ядерночистого уранилнитрата концентрацией 500 г/л по урану.

Эйрих К.А., Грачев Е.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТАБЛЕТОК СНУПТ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.
Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kristina.ejrix.00@mail.ru*

В последнее время, в связи с быстрым развитием ядерной технологии, возникает проблема разработки и создания реактора, который отвечал бы принципу «естественной безопасности и самозащищенности». Ключевым аспектом для достижения цели будет являться изготовление качественных таблеток ядерного топлива.

При изучении литературных источников было выявлено, что для обеспечения увеличения глубины выгорания в 2 раза по сравнению с достигнутыми уровнями, уверенного удержания продуктов деления внутри ТВЭЛ, надежной работы топлива при достаточно высоких температурах самым перспективным является смешанное нитридное уран-плутониевое топливо. Так как по сравнению с оксидным и карбидным, данное топливо имеет наименьшее среди высокотемпературных топливных материалов удельное содержание делящегося изотопа, высокую теплопроводность. Оно более устойчиво в условиях радиационного облучения, совместимо с конструкционными материалами и теплоносителями.

В настоящее время известно множество технологий получения смешанного нитридного уран-плутониевого топлива. При этом, особенности и специфика процессов у всех разная.

Если говорить о принципиальной блок-схеме получения таблеток СНУПТ топлива, то она включает в себя следующие основные стадии: взвешивание, гранулирование, синтез, измельчение в две стадии, прессование, спекание.

Исследование получения топлива является важной составной частью создания реактора БРЕСТ и замкнутого топливного цикла. В связи с этим работа, направленная на исследование процесса получения таблеток должного качества, является актуальной.

Авторами доклада будут рассмотрены различные технологии получения таблеток смешанного нитридного уран-плутониевого топлива, будут рассмотрены отдельные стадии выбранной технологии, принципиальная блок-схема которой будет также представлена.

*Секция
Моделирование и информатизация технологий и
объектов атомной отрасли*

Адонин Н.Р., Носков М.Д., Щипков А.А.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ОТКАЧНЫХ СКВАЖИН

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: d273ANR@edu.ssti.ru*

Повышение эффективности использования насосных агрегатов (НА) откачных скважин на предприятиях, добывающих уран способом подземного выщелачивания, является важным ресурсом снижения себестоимости конечного продукта. Данная проблема требует комплексного подхода с совокупным учетом множества факторов и выработкой адекватных критериев эффективности, что достижимо с внедрением на добычном комплексе предприятия специализированной информационной системы.

С этой целью в работе представлена концепция *интеллектуальной экспертно-аналитической системы*, призванной решать следующие задачи:

- оценка условий и эффективности эксплуатации насосных агрегатов откачных скважин в реальном времени;
- формирование рекомендаций о наиболее эффективных режимах работы НА в текущих условиях с позиций соответствия требуемой производительности скважины, энергоэффективности и продления срока службы НА;
- выявление НА с высоким риском скорого выхода из строя и требующих технического обслуживания в первую очередь за счет оценки степени износа НА и статистического анализа;
- оценка необходимого складского запаса НА за счет прогнозирования отказов НА.

Система полагается состоящей из трех функциональных модулей следующего назначения: *интеллектуальный мониторинг НА, выбор режима работы НА, прогноз состояния НА*. Предлагаемая система встраивается в существующий информационную среду добычного комплекса предприятия и в качестве основного потока исходных данных использует показатели технологического процесса и работы оборудования откачных скважин, поступающие от АСУ добычного полигона в реальном времени. Внедрение системы будет способствовать уменьшению энергопотребления НА, увеличению средней наработки НА на отказ, снижению затрат хранения и обслуживания НА.

Бибко Д.В., Носков М.Д.

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕКСТНОЙ РЕКЛАМЫ

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

Анализ эффективности контекстной рекламы направлен на определение окупаемости инвестиций по каждому из показываемых организацией объявлений. Для такого анализа необходимо собирать данные из нескольких источников, как правило это система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), система коллтрекинга и Яндекс Директ. CRM-система содержит данные о сделках организации, коллтрекинг – данные о том, переходы по каким объявлениям привели к звонкам и заявкам от потенциальных клиентов, Яндекс Директ – количественные значения о показах и переходах по тем или иным объявлениям, рекламные расходы и др.

Импорт данных из вышеупомянутых систем заключается в выполнении запросов к их API, с последующим сохранением полученных данных в базе данных (БД) организации. Для определения окупаемости инвестиций по сделкам - необходимо определять рекламный источник каждой сделки, т.е. понимать показ какого объявления привел потенциального клиента к покупке. Целью работы является построение структуры базы данных, которая позволит определять рекламный источник сделок и ее последующая разработка под управлением СУБД PostgreSQL.

Для определения рекламного источника сделок необходим уникальный идентификационный ключ, который содержался бы во всех используемых системах. Таким ключом может выступать идентификационный номер (ИД) любого из элементов объявления Яндекс Директ, например «ИД объявления». Для отслеживания и передачи «ИД объявления» из API Яндекс Директ в CRM-систему, систему коллтрекинга и БД организации используются UTM-метки. Это специальный «хвост» в ссылке сайта, содержащий в себе идентификационную информацию объявления. Ссылка обрабатывается при помощи размещенного в коде web-сайта скрипта и полученные значения передаются в вышеупомянутые системы. Уникальные значения параметров UTM-меток динамически присваиваются к переходам по каждому объявлению. С их помощью, можно определить рекламный источник сделки – с точностью до секунды показа объявления, достигнув поставленной цели.

Бибко Д.В., Носков М.Д.

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНТЕКСТНОЙ РЕКЛАМЫ

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

Оценка эффективности контекстной рекламы Яндекс Директ поможет понять, насколько удачно работают инвестиции в рекламу, есть ли точки роста доходов и оптимизации затрат. Чтобы эффективно управлять рекламой, нужно вовремя отслеживать статистику [1].

При управлении рекламными кампаниями (РК) необходимо регулярно отслеживать изменяющиеся значения более 30 показателей эффективности в различных статистических срезах и временных периодах. Несвоевременное обнаружение отклонения фактических значений от плановых приведет к снижению окупаемости инвестиций. Работа посвящена проблеме обработки статистической информации, а ее цель - разработка web-приложения для построения аналитических отчетов, используемых при оптимизации контекстной рекламы.

В результате проделанной работы было разработано web-приложение с открытым доступом через интернет. Web-приложение функционирует на основе базы данных, в которой хранятся данные об эффективности РК и полученных в рамках ее проведения сделках. Отчет позволяет пользователю свободно выбирать необходимое количество показателей, по которым будут отображаться значения. Представлять данные за любой временной период работы РК и группировать данные по дням, неделям, месяцам или годам. Статистическая информация может быть представлена как в сводном виде - объединенная по рекламным кампаниями, так и в развернутом – с точностью до каждого объявления контекстной рекламы.

База данных находится под управлением СУБД PostgreSQL, web-приложение разработано с использованием PHP, HTML и JavaScript. Данные о контекстной рекламе поступают в базу данных через API Яндекс Директ, данные о сделках, созданных в рамках проведенной РК – через API CRM-системы Битрикс24.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка эффективности контекстной рекламы Яндекс Директ // Яндекс Справка URL: <https://yandex.ru/adv/edu/direct/easy-direct/kak-otsenit-effektivnost-reklamu> (дата обращения: 01.12.2022).

Бугрина В.С., Иванов К.А., Стрельников С.М.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ГИДРИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ (РЗМ)

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65., e-mail:
vbugrina@mail.ru, KAivanov@mephi.ru, saimonst97@mail.ru*

Перспективное развитие обрабатывающей промышленности часто описывается в литературе как основанное на кибер-физических производственных системах (КФПС), они же технологии цифровых двойников (ЦД, digital twin). КФПС позволяют повысить гибкость производственных систем на основе пирамиды автоматизации [1]. В цифровом пространстве, такие системы подойдут для проведения вычислений, включая анализ данных и моделирование технологического процесса внутри встроенной системы (embedded system). В промышленном производстве реализованном, как правило на программируемых логических контроллерах. На физическом уровне реализуется концепция Internet of things (IoT) с мониторингом состояния в режиме реального времени.

Выделяют несколько категорий производственных задач [1]:

- мониторинг состояния в режиме реального времени;
- анализ энергопотребления;
- анализ и прогнозирование отказов технологических установок, а также стратегия обслуживания их, исходя из общего анализа данных о состоянии в реальном времени и исторических данных для прогнозирования отказа и построения стратегии обслуживания;
- интеллектуальная оптимизация и обновление алгоритма управления;
- адаптация человеко-машинного интерфейса (HMI) для удобства использования исходя из анализа поведения оператора;
- виртуальное обслуживание технологических установок и виртуальные операции с ними.

Успешное внедрение ЦД обусловлено интеграцией концепции ЦД на ранних стадиях ЖЦ. В данной работе была предпринята попытка интеграции концепции ЦД на вновь создаваемую экспериментальную установку гидрирования РЗМ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Review of digital twin applications in manufacturing//режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361519304385> (Дата обращения 01.12.2022).

Евтюшкин М.Е. Иванов К. А. Якубов Я.О. Рябов И.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AR В РАЗРАБОТКЕ UI/UX ДИЗАЙНА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КУРСА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»

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

Один из аспектов, требующий должного внимания - разработка интерфейса, который осуществляет непосредственную связь между системой управления и оператором. Использование Augment reality (AR, дополненная реальность) предоставляет пользователю широкий спектр возможностей по оптимизации разного рода процессов, связанного с получением информации, путем взаимодействия пользователя с интерфейсом.

Основным преимуществом использования AR – адаптивность его интерфейса, который позволяет видоизменять его в зависимости от условий поставленных задач. Совершая работу по адаптации интерфейса, пользователь, становится более погружен в происходящий контекст, тем самым повышая свой уровень User Interface (UI, интерфейс пользователя) и User Experience (UX, опыт пользователя). Внедрение технологии дополненной реальности даст возможность контекстно использовать информацию об узлах лабораторной установки, что сделает рабочий процесс более гибким, а также наиболее наглядным, а также даст возможность снизить ожидание обработки данных. Разработка UI/UX дизайна AR приложения должна стремиться к созданию наиболее «дружелюбного», а также уникального интерфейсу, который бы мог видоизменяться в зависимости от требуемых задач.

Внедрение методик разработки AR приложений в курс «проектирование систем управления» позволит более предметно ознакомиться с тем, как именно осуществляется работа установки, логическими уровнями, что повысит уровень UX, путем сублимирования нужных данных, постройки из них взаимосвязанных структур, для создания концептуальной модели на базе систем управления.

Журавлев А.А., Брендаков В.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО АФФИНАЖА УРАНА

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, г. Томск, 634050, РФ
e-mail: alex_z_230796@mail.ru*

Процесс экстракции является одним из способов разделения жидких смесей, применяющийся в различных отраслях промышленности. Жидкостная экстракция широко используется для извлечения компонентов из разбавленных растворов. Экстракция эффективно используется для выделения в чистом виде различных продуктов органического и нефтехимического синтеза, извлечения редких элементов, очистки сточных вод и т.д.

Жидкостная экстракция является одним из массообменных процессов разделения жидких смесей применяемых в химической технологии и многих других отраслях промышленности. В случае жидкостной экстракции существуют две нерастворимые или частично растворимые жидкие фазы (экстрагент и исходный раствор), при взаимодействии которых целевой компонент переходит из одной фазы в другую.

Преимуществом жидкостной экстракции перед другими процессами разделения, например ректификацией, выпариванием и др. является возможность разделения термически нестойких смесей, извлечения нелетучих компонентов из смеси, находящихся в ничтожно малой концентрации.

В работе используется трехмерная постановка численного моделирования процесса противоточной пульсационной экстракции в системе жидкость-жидкость. Созданная математическая модель процесса экстракции позволяет решать многие задачи при проектировании оборудования, управлении технологическими процессами, прогнозировании оптимальных режимов работы каскада экстракционных колонн, с целью получения выходных потоков с заданными характеристиками в зависимости от расхода и состава входных потоков.

При выполнении математического моделирования экстракционных процессов в колонных аппаратах были использованы новые подходы к обоснованию физико-химических процессов и использования современных математических методов.

Ким В.В., Брендаков В.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

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

Процесс термического разложения широко используется в различных технологиях, например – подготовки ядерного топлива для атомных электростанций. Прокалочные печи простой конструкции позволяют создавать необходимую тепловую обстановку и обеспечивают высокую интенсивность соответствующих химических реакций.

В научной работе [1] авторы представили аппаратное обеспечение процесса термической диссоциации уранилнитратов. Это барабанная печь, в виде горизонтального вращающегося цилиндра, внутри которого происходит эндотермическая реакция термического разложения полиуранатов аммония до образования оксидов урана.

Математическая модель процесса термического разложения, представленная в работе, описывается трехмерной системой дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.

Созданная математическая модель решается численно методом установления, на основе конечно-разностных аналогов, с использованием метода прогонки.

Полученное в результате численного решения математической модели поле температуры было использовано для расчета степени превращения полиураната аммония с учетом эмпирической формулы из работы [2]. Хорошее соответствие численного расчета и эмпирических данных позволяет сделать вывод о том, что созданная математическая модель может быть использована при оптимизации существующих конструкций печей прокаливания и при конструировании новых аппаратов.

1. Алимбиева Е. А. Технология оборудования термического разложения тетраураната аммония / Е. А. Алимбиева, В. П. Пищулин, Л. Ф. Зарипова // В сборнике: Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий. научная сессия НИЯУ МИФИ, материалы конференции. под редакцией М.Д. Носкова. 2018. С. 88.
2. Пищулин В. П. Разработка технологии получения оксидов урана ядерной чистоты / В. П. Пищулин, Е. А. Алимбиева, Л.Ф. Зарипова // Изв. высших учебных заведений. Физика. – 2017. – № 11-2. – С. 86-91.

Кропачев Е.В., Брендаков В.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФТОРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, 634050, РФ
e-mail: messive@yandex.ru*

Процесс получения фтора представляет собой сложную электро-гидро-тепло-химическую реакцию, обусловленную совместным взаимным участием многих факторов. В производственных условиях фтор получают среднетемпературным (~100 °С) электролизом расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом до содержания 36,5-41,0% мас. HF.

Расчет процесса требует учета электромагнитных, тепловых, прочностных и гидродинамических явлений и предъявляет высокие требования к возможностям используемых средств численного моделирования.

Важной задачей является разработка расчетного алгоритма с применением методов компьютерного моделирования с целью анализа характера течений расплава в ванне электролизера с точки зрения его влияния на энергетический режим. Адекватный расчет, дающий детализированное представление о подробностях процесса, является одним из первостепенных условий экономически эффективного производства [1].

Математическая модель процесса фторного электролиза описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных. Для математического моделирования двухфазного течения расплава трифторида калия с выделяющимися в процессе электролиза пузырьками фтора и водорода была использована так называемая алгебраическая модель проскальзывания, называемая также моделью смеси [2].

Созданная математическая модель решается численно методом установления, на основе конечно-разностных аналогов, с использованием метода прогонки.

Полученные результаты будут использоваться для оптимизации выбора режимно-геометрических параметров среднетемпературного электролизера с целью повышения эффективности работы.

1. Будилов И.Н., Лукашук Ю.В. Моделирование магнитогидродинамических процессов в промышленных электролизерах с помощью ANSYS // ANSYS Solutions. Русская редакция. – 2007, №6. – С. 13-17.
2. Manninen M., Tavassalo V. On the mixture models for multiphase flow. VTT Publications 288. – Finland, 1996.

Лобова А.С., Носков М.Д.

ПЛАТФОРМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СТУДЕНТА

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

В настоящее время в условиях цифровой трансформации образования активно внедряется федеральный проект «Цифровая образовательная среда». Данный проект направлен на применение современных технологий («цифровых двойников» и др.) в образовательной деятельности.

Целью данной работы является определение этапов создания информационной системы, а также выбора инструментов разработки цифрового двойника студента.

При выполнении функционального моделирования информационной системы в нотации IDEF0 были выделены следующие этапы создания цифрового двойника студента: создание объектов в расширении 1С: Колледж ПРОФ; создание личного кабинета студента; интеграция с внешними сервисами.

При проектировании схемы базы данных были выделены два типа сущностей: расширяемые сущности, которые существуют в типовой конфигурации 1С: Колледж ПРОФ и заимствованы в расширение (например, «Студенты», «Учебные группы», «Мероприятия» и т.д.); собственные сущности, которые созданы непосредственно в расширении (например, «Пользователи», «Заявки на мероприятия» и т.д.).

При выборе инструментов для создания личного кабинета студента выбор был сделан в пользу разработки SinglePageApplication приложения так, как это дает возможность использовать популярные фреймворки и библиотеки Angular.js, Vue.js, React.js.

При выборе инструментов интеграции веб приложения – с системой 1С: Колледж ПРОФ выбор был сделан в пользу фреймворка OneCWebFramework так, как это дает возможности использовать клиентские лицензии только в момент запроса к данным (GET и POST) на языке 1С; быстрой доработки метаданных средствами программирования 1С [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов О. «Инженерный подход к доступу к данным 1С в веб-приложении». Материалы конференции Infostart Event 2019 Inception. [Электронный ресурс] / infostart.ru – Дата публикации в Интернет: 18.05.2022. – URL: <https://infostart.ru/1c/articles/1237578/>: 05.12.2022).

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

СИСТЕМА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДОБЫЧНОГО ПОЛИГОНА СПВ УРАНА

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

Технология дополненной реальности (Augmented Reality, AR) находит применение для визуализации данных, диспетчеризации процессов горного производства. В настоящей работе представлена система дополненной реальности для полевого персонала предприятия, ведущего добычу урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ).

Предлагаемая система дополненной реальности предназначена для работы на мобильных устройствах (планшет, смартфон) в общей информационной среде предприятия. Интерфейс содержит объекты управления, панели инструментов с пиктограммами режимов, команд обработки и включает в себя поддержку различных видов диалога. Объектами на полигоне предприятия СПВ урана являются технологические скважины (закачные, откачные). Привязка к определённому объекту выполняется сканированием специальной метки (QR-код), расположенной на нём. Предусмотрен ручной выбор объекта из списка. Чтение данных производится из локальной базы данных мобильного устройства, её актуальность поддерживается посредством синхронизации с базой данных предприятия. В табличном и графическом виде предоставляется информация по скважинам (описание, конструкция), технологическим ячейкам, режимам работы скважины (контроль работы, дебиты, состав раствора), данным химических анализов, геофизическим исследованиям скважин (каротажи, отчёты), ремонтно-восстановительным работам, данным о насосном оборудовании (история замены, данные об оборудовании), геологии (рудные интервалы, рудные пересечения, технологические интервалы, литология).

Система дополненной реальности добычного полигона СПВ урана позволит увеличить эффективность работы полевого персонала за счёт визуализации актуальных данных, оперативного доступа к необходимой технологической информации, экономии времени, снижения риска ввода некорректных или неактуальных данных, а также их потери.

Останина И.М., Иванов К.А., Полякова А.С.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАШИННОГО ЗАЛА РЕАКТОРА РБМК1000

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ira.fateeva.2001@mail.ru*

VR – это технология, которая позволяет пользователю погрузиться в искусственный мир и максимально ощутить реальную ситуацию. Необходимость VR в создании различных обучающих тренажеров для будущих специалистов и действующих сотрудников предприятий. Это позволит новому сотруднику полноценно обучаться без риска повредить дорогостоящее оборудование или загубить драгоценное здоровье, так же возможно подготовить работников для уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

В работе реализовано моделирование машинного зала реактора РБМК1000 для получения навыков дозиметрического контроля и исследование мест загрязнения машинного зала атомного реактора. Результаты, полученные в данной работе, можно использовать в рамках лабораторной работы "Поиск источников ионизирующего излучения на координатной сетке, идентификация и расчет их параметров."

Будущие специалисты и действующие сотрудники предприятий получают опыт работы с оборудованием детектирования радиационного контроля, исследования процессов загрязнения помещения, расчет доз по снятым с датчиков показаний.

VR-проект может быть применим в приобретении компетенции работы с дозиметрическим оборудованием: студентов, инженеров-дозиметристов, проходящих повышение квалификации, а также участников конкурса World Skills, так же для повышения квалификации дозиметристов в реальном производстве. Тренажер позволяет реализовывать задачи подготовки оперативного персонала АЭС от аппаратчика – энергетика до специалистов контрольно - измерительных приборов и автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

Найбауэр Д. Ю. Актуальность разработки VR-тренажеров и симуляторов / Д. Ю. Найбауэр ; науч. рук. А. Ю. Дёмин // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 17-20 февраля 2020 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2020. — [С. 111-112].

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

СОЗДАНИЕ 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@terphi.ru*

В современной образовательной реальности появляются задачи, связанные с синхронизацией и цифровой трансформации данных обо всех объектах, связях, свойствах, закономерностях и отношениях виртуального, реального и социального миров. Одним из таких примеров новой образовательной реальности служит набирающая все большую популярность и приобретающая устойчивость в различных индустриях технология цифрового двойника (ЦД) [1].

В рамках данного обзора были сформулированы следующие этапы создания ЦД в образовании:

1) подготовительный этап (выбор объекта или процесса для ЦД; выявление внутренних и внешних характеристик; составление электронного паспорта с оцифровкой необходимых документов для создания ЦД);

2) этап сбора данных (определение специфики данных, снимаемых с объекта; определение способа сбора, обработки и хранения данных; определение особенностей цифровой модели);

3) этап разработки (в рамках создания ЦД с учетом всех рассматриваемых характеристики объекта разрабатывается программная система);

4) этапы внедрения, верификации, корректировки (производится ввод ЦД в эксплуатацию; ЦД проводит обработку и анализ полученной информации, определяет проблемы и несоответствия; цифровой двойник принимает решения на основе искусственного интеллекта; ЦД формирует отчет о работе реального объекта, на основании которого он был создан).

Рассмотрен план разработки ЦД в рамках концепции перехода системы образования на новые принципы и технологии, связанными с открытой архитектурой управления инновациями в области образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вихман В.В., Ромм М.В. – «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. – 2021. – Т. 30. № 2. – С. 22 – 32. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-22-32.

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОБЛЕМАМИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,
e-mail: serbin-96@mail.ru*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) в настоящее время является экономически эффективным и приемлемым с экологической точки зрения методом добычи урана. Большой объем данных накапливается в процессе работы геотехнологических предприятий. Для поддержки формирования управленческих решений целесообразна разработка и внедрение на предприятиях информационной системы, которая будет обеспечивать оперативный доступ к накопленным данным, выявлять отклонения фактических данных от плановых и управлять жизненным циклом проблем, связанных с отклонениями.

В настоящей работе представлено описание информационной системы, предназначенной для выявления отклонений производственных показателей и управления проблемами. Данная информационная система состоит из трех специализированных модулей. Модуль представления и анализа показателей работы предприятия показывает плановые и фактические значения технологических показателей, а также выявляет отклонения фактических данных от плановых. Модуль управления производственными проблемами отображает список текущих проблем конкретного подразделения предприятия, позволяет регистрировать новые проблемы, управлять жизненным циклом и просматривать историю решения текущих проблем. Модуль представления информации о состоянии производственных проблем предназначен для контроля прогресса решения проблем подразделений всего предприятия. Для управления представления данных, внутри модулей реализованы интерактивные инструменты, имеющие поддержку функционала сенсорной жидкокристаллической панели. Источником данных для работы информационной системы является база технологических данных, автоматически обновляющаяся в процессе работы предприятия.

Применение информационной системы будет обеспечивать оперативный доступ к актуальным данным о работе предприятия, своевременно выявлять отклонения фактических значений технологических показателей от плановых, регистрировать проблемы, связанных с отклонениями, и управлять их жизненным циклом.

Сербин А.В., Гуцул М.В., Носков М.Д.

ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К СИСТЕМЕ ПЛАН-ФАКТНОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,
e-mail: serbin-96@mail.ru*

Одним из основных методов добычи урана в настоящее время является скважинное подземное выщелачивание (СПВ). Основными преимуществами данного метода добычи являются низкая стоимость добычи и экологическая безопасность. С целью повышения экономической эффективности технологического процесса добычи урана целесообразно использовать информационные системы план-фактного анализа. Данный класс информационных систем решает следующие задачи: сопоставление плановых значений технологических показателей работы предприятия с их фактическими значениями, оценка и анализ выявленных отклонений.

В настоящей работе представлена информационная система план-фактного анализа, реализованная в виде специализированного web-приложения. Архитектура web-приложения состоит из двух частей: клиентской и серверной. Серверная часть реализована на языке программирования Python с использованием библиотеки Django. Она отвечает за авторизацию пользователя, загрузку и обработку всей необходимой для визуализации информации из базы технологических данных. Клиентская часть реализована на языке программирования JavaScript с использованием библиотеки React для создания пользовательских интерфейсов. Клиентская часть отвечает за визуализацию плановых и фактических значений технологических показателей основного производства, а также отклонений фактических данных от плановых. Информация отображается в разрезе предприятия, месторождения, участка, залежи, эксплуатационного блока. Показатели представляются в виде графиков и значений на выбранную дату и распределены по информационным панелям различных направлений.

Применение web-приложения план-фактного анализа будет обеспечивать удаленный мониторинг и анализ плановых и фактических показателей основного производства геотехнологического предприятия с помощью устройства, имеющего подключение к сети «Интернет» и web-браузер с поддержкой JavaScript.

Якубов Я.О., Иванов К.А., Евтюшкин М.Е., Рябов И.А.

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КУРСА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»

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

Автоматизирование систем управления технологическим процессом в современном мире занимает ключевую роль в четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0). Одной из задач индустрии 4.0 является непрерывность жизненного цикла изделия, которая позволяет получить запланированный результат работы уже на стадии проектирования системы автоматического регулирования (САР). На стадии проектирования САР важной задачей является создание математической модели. Проверка на адекватность является одним из этапов создания качественной модели объекта управления (ОУ). Поэтому получение данных об реальном ОУ является значимой задачей при проектировании систем регулирования. В рамках курса «проектирования систем управления» предпринимается концепция использования цифрового двойника лабораторной установки исследования ёмкости хранения технологических продуктов. При решении поставленной задачи используется концепция цифрового двойника, описанная ГОСТ Р 57700.37-2021.

Цифровой двойник (ЦД) – это результат объединения цифровой среды и объекта реального мира, который включает в себя не только всеобъемлющий набор данных об объекте, но и возможность влиять на него в режиме реального времени. Создание ЦД позволяет решить задачу адекватности модели, за счёт непрерывного получения информации от ОУ к модели. По мимо этого ЦД позволит решить задачу проверки САР на робастность за счёт изменения параметров реального объекта.

Лабораторная установка представляет замкнутый процесс перекачки жидкости, состоящий из 2 сосудов с водой, соединенных между собой резиновыми трубками. Датчиками контроля уровня жидкости, а также исполнительных механизмов в виде насоса и клапана, для управления процессом заполнения ёмкости хранения. По достижению заданного уровня в сосуде 1, вода переливается в сосуд 2. Это позволит снять переходную характеристику ОУ для дальнейших исследований при проектировании систем управления.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Отраслевая научно-техническая конференция,
посвященная 80-летию НИЯУ МИФИ*

12-16 декабря 2022г.

Материалы конференции

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

Компьютерное макетирование и набор текста:
М. В. Ворожейкина

ISBN 978-5-93915-136-8

