



СТИ
НИЯУ МИФИ



ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Отраслевая научно-практическая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
13-16 декабря 2021 г.**

Материалы конференции

СЕВЕРСК 2021

**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
13-16 декабря 2021 г.**

Материалы конференции

УДК 621.039
И 665

Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения: отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых 13-16 декабря 2021 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, 2021. – 103 с. – Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-111-5

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 978-5-93915-111-5

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2021

Уважаемые участники конференции!

Отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения», организована ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Северским технологическим институтом – филиалом ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

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 программного комитета,
доктор физико-математических наук,
профессор

М.Д. Носков

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ Материалы и технологии атомного энергопромышленного комплекса

- Борисова В.Е.* Получение моногидрата лития на ПАО «ХМЗ» методом каустификации..... 12
- Бочанов А.Д., Грачев Е.К., Чуркин А.А., Грачева Д.К.* Исследование процесса термической обработки сплавов и лигатур на основе РЗМ. 13
- Васильченко Я.В., Гузеева Т.И.* Формообразование биологического гидроксипатита..... 14
- Венедиктова А.Л., Ченцов Ф.А., Хорохорин В.С., Макашеев А.Ю., Молоков П.Б.* Разработка технологии получения пигментных оксидов железа из МОЗРВ..... 15
- Волуца А.В., Егоров М.Ю.* Технология остекловывания жидких радиоактивных отходов..... 16
- Голубева А.А., Богданова С.А., Камбалкина А.А., Тарасова П.Е.* Сравнительный анализ методов определения фтора в неорганических веществах..... 17
- Грачев Е.К., Грачева Д.К., Бочанов А.Д., Чуркин А.А., Карташов Е.Ю.* Исследование процесса получения порошков магнитных сплавов и лигатур методом гидрирования-дегидрирования 18
- Грачева Д.К., Чуркин А.А., Бочанов А.Д., Грачев Е.К., Муслимова А.В.* Входной аналитический контроль магнитных сплавов на основе РЗМ и их рентгеноспектральные исследования 19
- Григорьев С.Д., Егоров М.Ю.* Технология рециклирования ядерного топлива 20
- Гусев Р.Я., Кулагина Д.С., Молоков П.Б.* Обработка данных спектрофотометрического анализа смесей, содержащих РЗЭ, методом проекции на латентные структуры..... 21
- Дмитриченко Д.Д., Гузеева Т.И.* Синтез фосфата титана..... 22
- Зарипов Р.В., Циркунов П.Т, Калаев М.Е.* Исследование получения материалов для использования в урановой технологии методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза..... 23

<i>Змитриченко К.А., Пермяков Г.В., Дубинин В.С., Грачев Е.К.</i> Вывод из эксплуатации АЭС.....	24
<i>Игнатович Е.С., Шишкина Н.И., Зеличенко Е.А.</i> Пролонгированное высвобождение материалов на основе хитозана и альгината натрия..	25
<i>Исанов К.А., Егоров М.Ю.</i> Оптимизация коэффициента размножения уран-ториевого реактора-размножителя.....	26
<i>Клименко Ю.Д., Малинкина Т.А., Агеева Л.Д.</i> Определение тяжелых металлов в порошковых пробах растительных материалов рентгенофлуоресцентным методом.....	27
<i>Коба Е.В., Кузьмин АА, Макаеев Ю.Н.</i> Влияние примесей электролита на работу СТЭ.....	28
<i>Колмыков А.С., Бурков К.А., Толмосова О.В., Буйновский А.С., Муслимова А.В., Молоков П.Б.</i> Аналитическое сопровождение экстракционного разделения суммы редкоземельных элементов	29
<i>Кондаков В.А., Роман С.И., Софронов В.Л.</i> Лазерный способ дезактивации поверхностей материалов.....	30
<i>Кондаков В. А., Роман С. И.</i> Вывод из эксплуатации объектов оборонной промышленности на примере ПУГР АДЭ-4,5. Основные вопросы и проблемы	31
<i>Королев Д.А., Гусев В.В.</i> Аналитический обзор материалов анодов по производству фтора	32
<i>Кулагина Д.С., Гусев Р.Я., Молоков П.Б.</i> Использование хемометрики при обработке спектральных данных.....	33
<i>Мамедов С.М., Софронов В.Л.</i> Перспективность развития технологии производства монокридного уран-плутониевого топлива	34
<i>Мельникова К.В., Гусеева Т.И.</i> Исследование получения синтетического гидроксиапатита	35
<i>Механникова Е.Л., Скотников Р.А., Софронов В.Л.</i> Сухой метод дезактивации поверхностей	36
<i>Молокова Т.А., Буйновский А.С., Муслимова А.В., Буйновский А.П., Бордунов С.В.</i> Извлечение РЗЭ из материалов различного состава	37

<i>Нижегородов Д.С., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.</i> Влияние геометрии анода на работу среднетемпературного электролизера.....	38
<i>Огнева А.А., Епифанов К.Ю., Мокина А.Н., Ожерельев О.А.</i> Производство и очистка ядерного циркония для оболочек тепловыделяющих элементов.....	39
<i>Панфилова М.В., Софронов В.Л.</i> Карботермический синтез СНУПТ.	40
<i>Попова К.Е., Муслимова А.В.</i> Исследование синтеза фосфатов РЗЭ методом термогравиметрии.....	41
<i>Роман С. И.</i> Вывод из эксплуатации ПУГР ЭИ-2.....	42
<i>Степанов К.И., Нижегородов Д.С., Макасеев Ю.Н.</i> Влияние геометрии анодно-катодной пары на работу среднетемпературного электролизера.....	43
<i>Сычев М.И., Карташов Е.Ю.</i> Консервация бассейна Б-25.....	44
<i>Тарасова П.Е., Богданова С.А, Голубева А.А., Камбалкина А.А.</i> Влияние состава буферного раствора на характеристики фторид-селективного электрода.....	45
<i>Ушаков А.О., Жерин И.И., Носков М.Д., Муслимова А.В., Истомин А.Д.</i> Исследование влияния изменения производительности на процесс экстракционного аффинажа.....	46
<i>Чекинева Ю.А.</i> Термическое разложение гексагидрата уранилнитрата.....	47
<i>Ченцов Ф.А., Венедиктова А.Л., Хорохорин В.С., Макасеев А.Ю., Молоков П.Б.</i> Адсорбционная очистка от радионуклидов сернокислых растворов МОЗРВ.....	48
<i>Чуркин А.А., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Бочанов А.Д.</i> Исследование процесса гидрирования-дегидрирования сплавов и лигатур на основе РЗМ.....	49
<i>Шишкина Н.И., Игнатович Е.С., Зеличенко Е.А.</i> Особенности оксидирования крупногабаритных изделий из титана.....	50

Шрайнер А.Э., Буйновский А.С., Карташов Е.Ю., Сюткин В.В., Муслимова А.В., Буйновский А.П. Применение безводных фторидных технологий для получения редкоземельной продукции высокого качества 51

СЕКЦИЯ Оборудование и автоматизация ядерно-химической технологии

Баксанов Б.М., Иванов К.А. Разработка программно-аппаратной среды моделирования на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi и ПЛК Siemens S7 53

Бедовый Д.Е., Карташов Е.Ю. Технология производства смешанного U-Pu топлива методом гидрирования-нитрирования..... 54

Егунов А.В., Карташов Е.Ю. Цементирование жидких радиоактивных отходов..... 55

Заливин И.М., Зарипова Л.Ф. Фильтровально деаэрационная установка системы водоподготовки..... 56

Зорин В.Д., Зарипова Л.Ф. Установка получения гексафторида урана 57

Леонович И.А., Иванов К.А. Сопряжение программируемых логических контроллеров Siemens S7-1200 и УМИКОН РС100..... 58

Никитчук Н.В., Щипков А.А. Автоматизированная система переработки технологических газов 59

Руденко В.Д., Зарипова Л.Ф. Установка ректификация фтороводорода..... 60

Сюткин В.В., Карташов Е.Ю., Буйновский А.С., Шрайнер А.Э. Установка получения лигатуры Nd-Fe с донным сливом, внепечным кальциетермическим восстановлением 61

Сюткина Н.И., Карташов Е.Ю. Исследование коррозионной стойкости магния в условиях среднетемпературного электролизера . 62

Шмаков М.А., Карташов Е.Ю. Фторидная переработка отработанного уран – плутониевого топлива..... 63

Эйрих К.А., Карташов Е.Ю. Установка получения элементного фтора..... 64

Эйрих К.А., Софронов В.Л. Исследование коррозионной стойкости никеля в условиях среднетемпературного электролизёра..... 65

СЕКЦИЯ Моделирование и информатизация технологий и объектов атомной отрасли

- Адонин Н.Р.* Централизованная система двунаправленной громкоговорящей связи для промышленных объектов 67
- Арестов М.О., Иванов М.Л.* Автоматизация алгоритма идентификации САР замкнутого типа..... 68
- Астахов Д.С., Шваб А.В.* Моделирование процесса смешения гранулированной среды..... 69
- Гладченко Д.М., Шваб А.В.* Численное моделирование аэродинамики и тепломассопереноса в химическом реакторе при фторировании вольфрама..... 70
- Киреев А.Д., Иванов К.А.* Математическая модель пульсационной экстракционной колонны 71
- Кропачев Е.В., Брендаков В.Н.* Численное исследование процесса получения фтора в среднетемпературном электролизере 72
- Мусин С.В., Шваб А.В.* Исследование влияния реологических параметров неньютоновской среды на отрывное течение в плоском канале..... 73
- Правосуд С.С., Мазуров Д.С.* Оценка границы области устойчивости модели динамики ядерного реактора со средоточенными параметрами..... 74
- Попова К.Е., Носков М.Д.* Влияние опережающего закисления на эффективность обработки эксплуатационного блока 75
- Сербин А.В., Гуцул М.В., Носков М.Д.* Витрина технологических показателей предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания..... 76
- Соломаха А.Е., Шваб А.В.* Моделирование турбулентного закрученного течения в центробежном классификаторе..... 77
- Стрельников С.М., Иванов К.А., Бугрина В.С.* Математическое моделирование среднетемпературного электролизера СТЭ-20..... 78

Турубаетов Р.Р., Шваб А.В. Численное моделирование аэродинамики струйного закрученного турбулентного течения в вихревой камере.. 79

Якубов Я.О., Носков М.Д. Сербин А.В. Цифровой двойник насосного агрегата откачной скважины полигона скважинного подземного выщелачивания..... 80

СЕКЦИЯ Тезисы на английском языке

Arestov M.O., Ivanov K.A., Lokhtina L.N., Kazantseva T.Yu. Development of an automated control system with interstage capacity to produce sulfate hydroxylamine 82

Bokareva K.R., Lyalin A.V., Valeeva E.V. Radiation control system inside the plant..... 83

Chugaeva T.S., Lyalin A.V., Valeeva E.V. Automated measurement and sampling system..... 84

Durnev R.G., Kazantseva T.Y. Development of an automated control system for the evaporation plant 85

Eirich K.A., Kartashov E. Y., Kineva T.A. Installation for elementary fluorine production..... 86

Eirich K.A., Kineva T.A., Filippova N.A. Investments in nuclear industry 87

Filonova A.A., Valeeva E.V., Gutsul M.V., Kesler A.G., Noskov M.D. Influence of change in running wells rates on the efficiency of operation unit with a well underground leaching uranium 88

Golovacheva D.A., Kineva T.A. Ways and means to ensure electrical safety 89

Kireev A.D., Valeeva E.G., Ivanov K.A. Mathematical model of a pulsation extraction column 90

Kolmykov A.S., Muslimova A.V., Buinovskiy A.S., Bordunov S.V. The study of chemical and material compound of loparite-containing raw materials 91

Korolev D.A., Guzeev V.V., Shchipkova G.A. Synthesis of anodes for electrolytic production of fluorine from ion-conducting materials..... 92

Maslennikova Yu.Yu., Kazantseva T.Yu. Automation of the "smart house" system..... 93

<i>Mironov V.V., Molokov P.B., Valeeva E.V.</i> Determination of the spectral effect of rees on uranium in solutions by the ICP-AES method.....	94
<i>Ogneva A.A., Valeeva E.V.</i> An alternative method of energy production: thermonuclear fusion.....	95
<i>Ogneva A.A., Valeeva E.V.</i> Prospects for development and transition to a closed fuel nuclear cycle	96
<i>Ogneva A.A., Molokov P.B., Muslimova A.V., Valeeva E.V.</i> X-Ray phase analysis for qualitative determination of the properties of oxide and nitride fuel	97
<i>Panfilova M.V., Sofronov V.L.</i> Carbothermal synthesis MNUP.....	98
<i>Popova Y.V., Valeeva E.V.</i> Automated refrigeration plant control system.	99
<i>Samosudova A.V., Valeeva E.V.</i> The concept of safe operation of the near-surface storage of solid radioactive waste of classes iii and iv within the seversky brunch of FSUE NO RW	100
<i>Serbin A.V., Gutsul M.V., Noskov M.D., Kazantseva T.Yu.</i> The mart of technological indicators at the enterprise for uranium mining by in-situ leaching method	101
<i>Yakubov Ya.O., Noskov M.D., Serbin A.V.</i> Digital twin of the pumping unit in the production well by ISL	102

*Секция
Материалы и технологии атомного
энергпромышленного комплекса*

Борисова В.Е.

ПОЛУЧЕНИЕ МОНОГИДРАТА ЛИТИЯ НА ПАО «ХМЗ» МЕТОДОМ КАУСТИФИКАЦИИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: barbariska442@gmail.com*

Красноярский химико-металлургический завод был организован в 1956 году с целью производства моногидрата гидроокиси лития из сподуменовых концентратов. В настоящее время это единственный завод, который производит моногидрат лития на территории России.

Актуальность производства моногидрата лития обусловлена использованием его в разных областях: при изготовлении литий ионных источников тока, смазочных материалов обладающих высокой стабильностью механических показателей, в химической промышленности, для очистки и кондиционирования воздуха.

На производстве гидроксид лития получают путем смешения водной пульпы карбоната лития и гидроксида кальция с последующим осветлением раствора в сгустителе. После сгущения осветлённый раствор гидроксида лития переливают в сборник, а слабый раствор проходит через фильтр-пресс. Основной раствор упаривается в выпарном аппарате с вертикальными трубами, концентрированный раствор в кристаллизаторе для снижения температуры и выделения гидроксида лития в виде моногидрата. Полученные растворы отделяются от маточного раствора на центрифуге, после чего фасуется в мешки для дальнейшей реализации товара.

Данная технология позволяет создавать и использовать моногидрат лития высоко качества за счёт применения концентратов известняков чистого химического состава (СаО– более 56%), собственного производства. Данный проект уже реализован и товар экспортируется успешно. [2]

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров А.С. Литий, его химия и технология. – М.:Атомиздат, 2003. – 186 с.
2. Birch N.J. Inorganic Pharmacology of Lithium/ N.J. Birch. – Chem. Rev. 1999. – V. 99. – 2659-2682 p.

Бочанов А.Д., Грачев Е.К., Чуркин А.А., Грачева Д.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР НА ОСНОВЕ РЗМ

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

Для современного производства характерны высокие требования к свойствам материалов. Поэтому одним из способов повышения механических и физико-химических свойств металлических материалов является термическая обработка (ТО).

Термическая обработка применяется для целенаправленного изменения структуры материала, а именно, фазового состава и перераспределения компонентов, размеров и формы кристаллических зерен, что позволяет достаточно легко получать требуемые свойства материалов.

Термическая обработка после процесса спекания является важнейшей технологической операцией, определяющей свойства магнитотвердых материалов. Подвергая сплав термической обработке, можно влиять на микроструктуру и фазовый состав и добиваться наилучших магнитных характеристик получаемых в дальнейшем магнитов.

В ряде работ было доказано, что применение ТО уже после получения сплава (например, электролизом или внепечной восстановительной плавкой) положительно влияет на последующий процесс гидрирования, а также на магнитные свойства [1].

Чтобы добиться вышесказанных характеристик применяют низкотемпературную обработку в различных средах (аргон или вакуум) в течение 1 часа и более, и последующем охлаждении в инертной среде (аргон). Скорость охлаждения после ТО также влияет на магнитные свойства лигатуры.

В докладе авторами будут более детально рассмотрены теоретические аспекты термической обработки сплавов и лигатур на основе РЗМ, а также представлены практические результаты экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Королев Д.В. Механизмы влияния содержания бора и термообработки на свойства магнитов системы Nd-Fe-Al-Ti-B / Е.Н. Каблов, О.Г. Оспенникова, Д.В. Королев. [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2015. – №S2. – С. 30–34.

Васильченко Я.В., Гузеева Т.И.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: vasilchenko-2000@list.ru*

В настоящее время используют гидроксиапатит (ГА) биологического и искусственного происхождения. Биологический гидроксиапатит преимущественно получают путем обжига костей рогатого скота (КРС) с последующим измельчением. Порошки ГА характеризуются широким спектром дисперсности, включая частицы размером 50-100 мкм.

Для ГА, полученного из биологического сырья, характерен стабильный химический состав и наличие микроэлементов, присущих костному минералу.

Проведенные исследования показали, что применение концентрированных растворов хлороводородной кислоты сопровождаются потерей таких остеотропных элементов, как фосфор, магний и сера, а это может негативно сказаться на биосовместимости имплантационных кальцийфосфатных материалов. По соотношению кальция и фосфора наиболее близки к основной минеральной составляющей костной ткани (ГА) кальцийфосфатные соединения, выделенные из костной ткани КРС с использованием слабых растворов хлороводородной кислоты и насыщенного раствора гидроксида аммония.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеличенко Е.А., Гузеев В.В., Рогулина А.С., Лелюк О.А., Гурова О.А., Ковальская Я.Б. Исследование свойств гидроксиапатита, выделенного из костной ткани сельскохозяйственных животных. – 2012. – С. 543-548.

*Венедиктова А.Л., Ченцов Ф.А., Хорохорин В.С., Макасеев А.Ю.,
Молоков П.Б.*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТНЫХ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ИЗ МОЗРВ

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

В результате работы АО «СХК» происходит накопление металлических отходов, загрязненных радиоактивными веществами (МОЗРВ); в их число входят металлические отходы, загрязненные ураном, торием и продуктами их распада (части оборудования, фасонные детали, арматуры, трубы, днища и т.п.) с содержанием радионуклидов после растворения несколько десятков мг/л. Объем отходов такого типа составляет до 4000 т/год. Также к ним причисляют МОЗРВ с содержанием радионуклидов до нескольких долей мг/л и оксиды железа из производства пигментного диоксида титана TiO_2 .

Целью научной работы, представленной в докладе, является разработка технологии получения пигментного оксида железа из адсорбционно очищенных растворов железа, получаемых после растворения МОЗРВ в серной кислоте.

Для получения железа в 2-х валентном состоянии, измельченный металлический лом растворяют в серной кислоте с концентрацией 45-55% при температуре 80-85 °С без доступа воздуха для исключения окисления железа до Fe^{3+} . Затем раствор $FeSO_4$ нейтрализуют щелочью, фильтруют и подают на адсорбцию. Далее сульфат железа (II) переводится в сульфат железа (III) с одновременной конверсией в $Fe(OH)_3$. Полученный гидроксид прокаливается при разных температурах с получением товарного продукта Fe_2O_3 разных цветов и оттенков.

В докладе будут рассмотрены результаты, полученные в ходе экспериментов по растворению МОЗРВ в серной кислоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии : учеб. пособие / Ю.П. Давыдов. - Минск: Вышэйшая школа, 2014. - 317 с.
2. Гончаров А.И. Справочник по химии / А.И. Гончаров, М.Ю. Корнилов. – Киев: Вища школа, 1978. - с. 308.

Волуца А.В.¹, Егоров М.Ю.^{1,2}

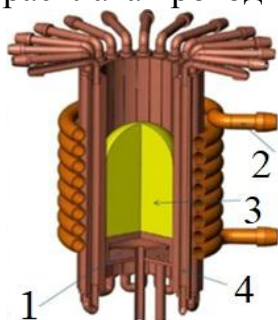
ТЕХНОЛОГИЯ ОСТЕКЛОВАЫВАНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

¹Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова,
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5
e-mail: mikhail.yu.egorov@gmail.com

Жидкие радиоактивные отходы содержат 99% активности, образовавшейся при выгорании топлива в ядерном реакторе. Их захоронение – актуальная задача. Сегодня остекловывание – один из надежных способов их утилизации [1]. Для АЭС предпочтительно использование индукционных плавителей «холодный» тигель, см. рис.

Плавитель состоит из металлических водоохлаждаемых и изолированных вертикальных секций. Внутри тигля – электропроводящий расплав оксидов. Он выделяет теплоту, которая поддерживает температуру расплава. Для подвода высокочастотного электромагнитного поля служит цилиндрический индуктор. Для предотвращения попадания в зону слива расплава непроплавленного материала предусмотрена водоохлаждаемая перегородка. Слив расплава проводится непрерывно через сливной носок [2].



Достоинства таких установок: гидролитическая устойчивость; сокращение объема отвержденных отходов; возможность отверждения жидких радиоактивных отходов любой активности. Их недостатки: высокие энергозатраты на плавление стекла; сложность технологического процесса, обусловленная применением высоких температур.

Рис. Печь: 1 – поддон, 2 – индуктор, 3 – расплав, 4 – холодный тигель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин В.Т., Павлов Д.И., Кашеев В.А., Мусатов Н.Д., Баринов А.С. Научные и проектные аспекты остекловывания жидких радиоактивных отходов АЭС с ВВЭР-1200. – Радиоактивные отходы. – 2020. – № 2 (11). – С. 56–65.
2. Лопух Д.Б., Скриган И.Н., Вавилов А.В., Мартынов А.П. Инновационная индукционная печь с холодным тиглем для остекловывания высокоактивных отходов. Вопросы атомной науки и техники. Материаловедение и новые материалы. – 2018. – № 4 (95). – С. 49–61.

Голубева А.А., Богданова С.А, Камбалина А.А., Тарасова П.Е.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА В НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВАХ

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

С развитием атомной энергетики, технологий редких металлов некоторые соединения фтора (газообразный фтор, гексафторид урана, фтороводород) приобрели значение стратегического сырья. Необходимость контроля фторидов в технологических водах теплоэлектростанций (ТЭС) и атомных электростанций (АЭС) объясняется существованием допустимого содержания фторид-ионов в питательной воде и обессоленном конденсате ядерных реакторов не более 10,0 мкг/дм³. Фтор является жизненно важным микроэлементом питьевых вод. Можно назвать много других областей, в которых фтор играет значимую роль и, следовательно, где необходимо определение фтора в различных материалах и веществах.

Несмотря на востребованность в анализах фторсодержащих веществ, информации о состоянии методов определения фтора недостаточно, она разнородна и рассеяна по разным изданиям.

Цель данного исследования - изучение методов определения фтора в различных неорганических соединениях, проведение сравнительного анализа и выбор наиболее простого в исполнении, экономичного и экспрессного.

В результате проведенной работы установлено, что для определения фтора могут быть использованы физические методы, позволяющие определять фтор непосредственно в твердых пробах. Однако данная группа методов отличается сложностью формирования аналитического сигнала, техническими сложностями используемой измерительной аппаратуры и потребностью в высококвалифицированных специалистах. Наиболее перспективными и простыми в исполнении являются электрохимические и спектрофотометрические методы.

Наличие у современных ионоселективных электродов таких характеристик как быстрое действие, селективность (избирательность), широкий диапазон определяемых концентраций позволяет выгодно выделить методы ионометрии для анализа ионов в различных объектах. Кроме этого, ионометрия имеет низкую стоимость, отличается экспрессностью и простотой выполнения по сравнению с другими методами.

Грачев Е.К., Грачева Д.К., Бочанов А.Д., Чуркин А.А., Карташов Е.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР МЕТОДОМ ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ

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

Магнитные материалы на основе сплавов NdFeB, SmCo и др. с каждым годом находят все большее применение в промышленности и энергетике. С этим повышаются и требования к свойствам данных материалов.

Первым таким свойством является получение частиц доменов с размерами менее 10 мкм. Вторым - магнитные характеристики сплавов, такие как плотность, коэрцитивная сила, температура Кюри, остаточная намагниченность спеченных магнитов и др. При этом, требуется добиться наименьшего содержания кислорода в фазе границы зерен, богатой РЗЭ, т.к. увеличенное содержание кислорода приводит к падению магнитных характеристик.

Самым перспективным методом, позволяющим получить сплавы с высокими вышеописанными характеристиками, является метод гидрирования-дегидрирования (обработки сплавов водородом). Одним из способов обработки водородом является метод HD (hydrogen decrepitation). Взаимодействие водорода со сплавами происходит уже при комнатной температуре, наибольшая скорость наблюдается при 120-200°C.

Гидрирование проводится молекулярным водородом. При этом, если будет проводиться гидрирование атомарным водородом, то уменьшится время протекания процесса гидрирования и его температура. Так же, применительно к магнитным сплавам, будут получены более качественные магнитные характеристики материалов.

Исследовательской группой была смонтирована установка Гидрирования-дегидрирования, в которой в качестве донора атомарного водорода выступает сплав LaNi₅. Проведенные первые эксперименты по гидрированию лигатуры Nd-Fe уже при комнатной температуре показали наличие процесса измельчения лигатуры, что может свидетельствовать о реагировании части водорода в атомарной форме со сплавом.

В докладе авторами будут подробно рассмотрены теоретические аспекты гидрирования, первые экспериментальные данные и экспериментальная установка гидрирования.

Грачева Д.К., Чуркин А.А., Бочанов А.Д., Грачев Е.К., Муслимова А.В.

ВХОДНОЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ РЗМ И ИХ РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Большинство электроники в современном мире не обходится без использования высококоэрцитивных магнитов. Наибольшее применение получили магнитные сплавы NdFeB, ввиду своей низкой цены и уникальных магнитных характеристик.

Одним из переделов получения порошков магнитных сплавов является метод гидрирования-дегидрирования. Рассмотрим процесс гидрирования на примере получения магнитных порошков состава NdFeB. Этот процесс известен как водородная декрипитация (HD). В процессе гидрирования NdFeB происходит улучшение его магнитных характеристик.

Перед проведением процессов гидрирования следует изучить морфологию сплава, убедиться в качестве поверхности лигатуры и её химическом составе, так как в ходе процесса гидрирования будут улучшаться свойства сплавов только при правильном соотношении элементов в химическом составе сплавов либо лигатур.

Для первичного анализа элементного состава и морфологии поверхности применяется рентгеноспектральный микроанализ. Метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) для анализа материалов нашел широкое применение в решении конкретных научных и технологических задач вследствие их высокой информативности и достоверности получаемых результатов исследования.

На сканирующем электронном микроскопе научной группой были исследованы образцы исходных сплавов (РЗМ)Fe-Co и (РЗМ)Fe-Co прошедших термообработку. Для улучшения некоторых характеристик исходной лигатуры исследовательской группой были проведены процессы термообработки.

В докладе авторами будут представлены результаты проведенного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буйновский А.С. и др. Фторидная технология получения магнитных материалов на основе редкоземельных элементов для ядерной энергетики. Ч. I. Внепечная фторидная технология редкоземельных сплавов – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2012.– 435 с – С. 289.

Григорьев С.Д.¹, Егоров М.Ю.^{1,2}

ТЕХНОЛОГИЯ РЕЦИКЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

¹Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова,
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5
e-mail: mikhail.yu.egorov@gmail.com

Одна из задач развития мировой ядерной энергетики – решение проблемы обращения с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) [1, 2]. В РФ актуальна разработка технологий, обеспечивающих создание ядерно-энергетической системы с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерном топливном цикле. Но в первой половине XXI века корпусные реакторы с тепловым спектром нейтронов ВВЭР будут являться основой ядерно-энергетической системы России.

Рециклирование регенерированных урана и плутония в тепловых реакторах обеспечивает более эффективное использование ядерного топлива, приводит к снижению объемов захораниваемого ОЯТ по сравнению с открытым циклом на основе топлива с низкообогащенным ураном. REMIX – одна из разновидностей переработанного ядерного топлива, основанная на ураново-плутоньевом регенерате.

Показано, что вовлечение регенерированного урана в форме РЕМИКС топлива, а следовательно, присутствующего в таком материале изотопа ^{236}U значительно повышает долю изотопа ^{238}Pu в изотопном составе плутония. Это снижает привлекательность такого плутония с точки зрения его немирного переключения.

С использованием среды энергетического планирования МАГАТЭ MESSAGE проведены оценки экономии ресурсов урана при вовлечении РЕМИКС топлива в топливный цикл ВВЭР-1000 [3]. Оценки показали, что при совместном вовлечении регенерированного урана и плутония формирование такого топливного цикла позволяет сэкономить до 17% от общего требуемого количества уранового сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (Implementation of INFCIRC/225/Revision 5). IAEA Nuclear Security Series No. 27G. Vienna. 2018.
2. Assessment of Disposal Options for DOE-Managed High-Level Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel. Washington. 2014.
3. Alekseev P.N. et al. Multiple Recycle of REMIX Fuel at VVER-1000 Operation in Closed Fuel Cycle. Physics of Atomic Nuclei. 2015. Vol. 78. No. 11. PP. 1264–1273.

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

ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ РЗЭ, МЕТОДОМ ПРОЕКЦИИ НА ЛАТЕНТНЫЕ СТРУКТУРЫ

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

При наложении спектров компонентов смесей веществ спектрофотометрический анализ может применяться в купе с методом проекции на латентные структуры (PLS). Данный приём позволяет исследовать смеси, в которых присутствуют вещества с похожими оптическими свойствами. Это требуется для анализа редкоземельных и других элементов со схожими физико-химическими свойствами. Так, например, в работе [1], PLS-алгоритм использовался для одновременного определения Al(III), Pd(II), Re(VII) и Zr(IV).

Калибровка на латентных переменных позволяет разделять полученную в ходе эксперимента информацию на каналы данных, а затем часть каналов, содержащая шумы и погрешности, отбрасывается. Для получения прогноза нужно спроецировать новые данные на уже имеющееся подпространство, построенное с помощью обучающего набора. Такие наборы учитывают качественный и количественный состав анализируемого объекта [2].

В данной работе для создания обучающего набора были приготовлены 18 градуировочных растворов, содержащих празеодим, неодим и никель с концентрациями от 0 до 1 г/дм³. С помощью спектрофотометра КФК-3КМ измерена оптическая плотность растворов с шагом в 5 нм (в диапазоне от 350 до 750), и по полученным данным создана PLS-модель в среде программирования R.

В результате эксперимента получена PLS-модель, которая учитывает наложения спектров неодима, празеодима и никеля. Для никеля и неодима было решено использовать 4 главных компонента, для празеодима – 5. При проецировании на эту модель данных анализируемой смеси нивелируется влияние наложений спектров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железнова Т.Ю., Власова И.В., Шилова А.В. Одновременное определение Al(III), Pd(II), Re(VII) и Zr(IV) методом спектрофотометрии в сочетании с алгоритмом PLS // Вестник Омского университета. 2014. № 2. С. 83-86.
2. Бурюкина П.А., Власова И.В. Применение метода проекции на латентные структуры (PLS) в спектрофотометрическом анализе смесей веществ с подобными спектрами поглощения // Вестник Омского университета. 2012. Т. 66. № 4. С. 92-95.

Дмитриченко Д.Д., Гузеева Т.И.

СИНТЕЗ ФОСФАТА ТИТАНА

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

В настоящее время известно множество химических элементов, но титан занимает особое место.

Фосфат титана является одним из интереснейших соединений, имеющих многообразие форм. Это белый кристаллический порошок, в котором соотношение между TiO_2 и P_2O_5 зависит от соотношения исходных веществ, способов и условий синтеза, продолжительности созревания осадка, условий его промывки и сушки.

Фосфаты титана образуются в результате добавления ортофосфорной кислоты или ее хорошо растворимых солей к растворам хлоридов или сульфатов титана. Температурные условия, кислотность среды и время проведения осаждения являются ключевыми факторами, определяющими структурный состав и свойства полученного фосфата.

Фосфат титана находит ограниченное применение в промышленности из-за большого содержания водорастворимых солей.

Одной из областей применения данного соединения является нанесение покрытий на титановые эндопротезы электро-химическим методом для дальнейшего нанесения на них слоя гидроксиапатита.

В данной работе рассматривается синтез фосфата титана из исходного порошка TiO_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Лучинский Г. П. Курс химии: Учебник для инженерно-технических (нехимических) вузов. – М.: Высш. шк., 1985.
2. Химия и технология редких и рассеянных элементов, ч. II. Под ред. К. А. Большакова. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа». 1976.

Заринов Р.В., Циркунов П.Т., Калаев М.Е.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УРАНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕТОДОМ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА**

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

В технологической схеме производства гексафторида урана (ГФУ) одной из важных стадий процесса является фильтрация парогазовой смеси, выходящей из пламенного реактора. Эта смесь содержит F_2 , HF , UF_6 , O_2 , которые имеют высокую температуру и характеризуются высокой коррозионной активностью по отношению к материалам фильтра. Металлокерамические фильтры из спеченного никеля, которые используются в настоящее время в качестве фильтрующих элементов, имеют высокую стоимость.

Поэтому разработка нового материала для данной цели является актуальной задачей. Альтернативой этому достаточно дорогому материалу могут служить интерметаллические сплавы на основе Fe, Ni, Ti, Al. Получение интерметаллидов можно осуществить в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [1]. Этим методом были получены пористые материалы для производства ГФУ на основе никелидов титана и алюминия [2].

Были проведены эксперименты по получению пористых материалов на основе алюминия, железа, никеля, титана с использованием различных методов активации СВС-процесса.

Были проведены термодинамические расчеты для некоторых реакций в диапазоне температур 298-2000 К, которые показали, что реакции сдвинуты в сторону образования продуктов. Создана экспериментальная установка и проведены эксперименты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычев А.Е., Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноматериалов. // Усп. хим., том 73, выпуск 2. – издательство журнала «Успехи химии», 2004. – с. 157–170.
2. Андреев Г.Г., Гузеева Т.И., Пермяков О.Е. // Вестник науки Сибири. № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://news.tpu.ru/news/2011/09/27/989-viy_elektronniy_nauchniy_zhurnal.html.

Змитриченко К.А., Пермяков Г.В., Дубинин В.С., Грачев Е.К.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: kobra96569@mail.ru*

Вывод из эксплуатации – это административные и технические мероприятия. Вывод из эксплуатации включает в себя такие виды деятельности, как планирование, определение физических и радиологических характеристик, дезактивация установки и площадки, демонтаж и обращение с материалами.

Процесс вывода из эксплуатации делится на следующие этапы:

Окончательное закрытие – этап снятия установки с эксплуатации, в течение которого она приводится в состояние, исключающее возможность использования данной установки в целях, для которых она была построена;

Консервация – этап снятия установки с эксплуатации, в течение которого она приводится в состояние, соответствующее безопасному хранению на протяжении определенного периода находящихся в ней источников ионизирующих излучений;

Выдержка – этап снятия установки с эксплуатации, в течение которого она находится в законсервированном состоянии, соответствующем безопасному хранению находящихся в ней источников ионизирующих излучений;

Демонтаж – этап снятия установки с эксплуатации, в течение которого находящиеся на установке источники ионизирующих излучений удаляются либо размещаются на территории в хранилищах РАО.

В заключении можно сказать что вывод из эксплуатации сложный и многоэтапный процесс, требующий тщательной подготовки и квалифицированного состава сотрудников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носовский А.В., Васильченко В.Н., Ключников А.А. Снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок / А.В. Носовский, В.Н. Васильченко, А.А. Ключников, Я.В. Яценко. – К.: Техника, 2005. – с.27-39.
- 2., Тихонов М.Н. Снятие АЭС с эксплуатации: проблемы и пути решения / О.Э. Муратов, М.Н. Тихонов. М.:ПроАтом, 2010. – с.5-7.

Игнатович Е.С., Шишкина Н.И., Зеличенко Е.А.

ПРОЛОНГИРОВАННОЕ ВЫСВОБОЖДЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ

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

В настоящее время существуют некоторые системы доставки препаратов второго и третьего поколения, относящиеся к фармацевтическим материалам, которые представляют особый интерес у научного сообщества. Известно, что формы второго поколения – это системы с пролонгированным высвобождением вещества, действующего на организм, а системы, высвобождение которых контролируется тем или иным способом – формы третьего поколения.

Для того чтобы получить материалы третьего поколения, т.е с пролонгированным высвобождением, используют вспомогательные вещества, к которым относятся полимеры и их производные.

На сегодняшний день изучено влияние и взаимодействие полимеров и фарматериалов изучены механизмы их высвобождения, изучены способы программирования кинетики высвобождения с использованием различных свойств полимеров и т. д.

В работе было изучено современное состояние в области технологии материалов с пролонгированным высвобождением. Описаны преимущества пролонгированного высвобождения, математические модели для описания фармацевтических форм с пролонгированным высвобождением. Рассмотрены технологии получения материалов с пролонгированным высвобождением, виды систем доставки и механизмы высвобождения активного фармацевтического ингредиента.

Проведен литературный обзор современных полимеров, которые применяются в технологии материалов с пролонгированным высвобождением. В результате проведенных исследований, в качестве основы материалов выбраны хитозан и альгинат натрия [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Коцур Ю.М., Флисюк Е.В. Современные полимеры в технологии таблеток с пролонгированным высвобождением / обзорная статья - Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2020. – 36-43с.

Исанов К.А.¹, Егоров М.Ю.^{1,2}

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАЗМНОЖЕНИЯ УРАН-ТОРИЕВОГО РЕАКТОРА-РАЗМНОЖИТЕЛЯ

¹Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова,
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5
e-mail: mikhail.yu.egorov@gmail.com

Проанализировано изменение нуклидного состава топлива тяжеловодного уран-ториевого реактора-размножителя на тепловых нейтронах [1]. При компоновке активной зоны в виде тесной решетки (радиус ячейки – 12 мм, радиус ТВЭЛ – 5 мм) проявляются эффекты затенения блока и ужесточения спектра. В этих условиях коэффициент воспроизводства активной зоны $K \geq 1$: наработка делящихся нуклидов превышает выгорание.

Исследовано изменение состава ^{233}U в кампании реактора, см. рис. Снижение концентрации $N(t)$ обусловлено большим периодом полураспада промежуточного изотопа протактиния. При $t=270$ дней концентрация выходит на начальный уровень, и после этого растет.

Показано, что в таком реакторе кампания реализуема при малом запасе реактивности. Это далее компенсируется наработкой нового делящегося материала с ростом коэффициента размножения [2].

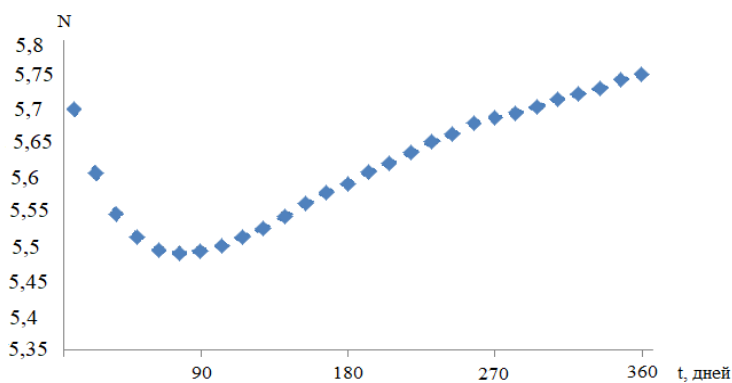


Рис. Изменение концентрации $^{233}_{92}\text{U}$ в кампании реактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Muraviev E.V., Khomyakov Yu.S., Kashirsky A.A., Rodina E.A.. Comparative study of a stationary two-component nuclear energy system with light water and fast breeder reactors versus one-component one with self-sufficient non-breeding fast neutron reactors. Nuclear Engineering and Design. 2021. № 384. 111500.
2. Enoeda M., Tanigawa H, Hirose T. et al. R&D status on Water Cooled Ceramic Breeder Blanket Technology. Fusion Engineering and Design. 2014. № 89(7–8). PP. 1131–1136.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОРОШКОВЫХ ПРОБАХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: malinkina2000@mail.ru
yuliaklim1207@mail.ru*

Тяжелые металлы – химические элементы, отличающиеся высокой токсичностью для всех живых организмов и способностью по пищевым цепям поступать в организм человека и животных [1]. Повышение содержания тяжелых металлов в окружающей среде связано с работой промышленных предприятий, резким увеличением количества автотранспорта и ежегодным внесением в почву высоких доз минеральных удобрений.

Определение химического состава растительных образцов в экологической и промышленной областях в последние несколько лет увеличилось. Для анализа растительных образцов рентгенофлуоресцентная спектрометрия обеспечивает необходимые характеристики, включая многоэлементную способность, простую подготовку образцов, широкий динамический диапазон и высокую производительность [2].

Спектрометры предназначены для быстрого и неразрушающего анализа, определения содержаний элементов в диапазоне от Na до U в веществах, находящихся в твердом, порошкообразном, растворенном состояниях, а также нанесенных на поверхности или осажденных на фильтры. Содержание металлов в пробах определялось методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием спектрометра «Спектроскан Макс-GVM».

Подготовка к проведению измерений состоит из: проверки переградуировки спектроскана, проверки градуировки с помощью стандартных образцов, анализа объектов исследования – корнеплода свеклы, листа берёзы, корнеплода моркови. Перед исследованием образцов необходимо провести измельчение и таблетирование высушенных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения.// Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, -2014. - 194 с.
2. Маргуи Э., Идальго М. Применение рентгенофлуоресцентной спектрометрии для определения и количественного определения металлов в растительном материале.//Барселона, 2009. - 362-372 с.

Коба Е.В., Кузьмин АА, Макаеев Ю.Н.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТА НА РАБОТУ 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 среднетемпературный электролизер получения фтора. Одной из возможных причин, ухудшающих работу электролизера, является загрязнение электролита продуктами коррозии конструкционных материалов, такими как Fe, Ni, Cu и Mg. В связи с этим возникает необходимость исследовать условия образования продуктов коррозии, их влияние на процесс электролиза фтора и способы очистки электролита от примесей.

На электрохимической ячейке с угольным анодом и стальным катодом исследовано влияние содержания продуктов коррозии каждого элемента в электролите KF_2HF на вольтамперные характеристики процесса получения фтора. Установлено снижение плотности тока электролиза во всем диапазоне исследованных концентраций продуктов коррозии в электролите.

Рассматриваемые примеси получали в электролите KF_2HF в результате электрохимической коррозии электродов из соответствующих металлов при их анодном растворении. Установлено, что процесс растворения исследованных металлов протекал при различных потенциалах. Высокие потенциалы растворения для некоторых металлов, вероятно, связаны с пассивацией поверхности за счет образования плотной защитной пленки фторида металла. Процесс растворения контролировали по убыли веса анода и определением концентрации в электролите фотометрическим методом.

Отмечено, что в процессе насыщения электролита продуктами коррозии происходило окрашивание электролита с образованием частиц твердой фазы. В работе изучена скорость осаждения частиц твердой фазы во времени при температуре 100°C с целью очистки электролита от образовавшейся твердой фазы.

Полученные результаты являются основанием для продолжения работ в части защиты конструкционных материалов от коррозии и разработки способов очистки электролита KF_2HF от продуктов коррозии с возвратом регенерированного электролита в производство.

*Колмыков А.С., Бурков К.А., Толмосова О.В., Буйновский А.С.,
Муслимова А.В., Молоков П.Б.*

АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СУММЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: condemned1997@gmail.com*

Экстракционные процессы с использованием трибутилфосфата получили широкое распространение в технологиях разделения редкоземельных элементов (РЗЭ). Разделение РЗЭ производят «по линии», оценивая коэффициент разделения k пар соседних РЗЭ. На основании экспериментально полученных k рассчитывают каскады в полном противоточном процессе с обменными экстракцией и промывкой; использование таких схем предполагает работу с концентрированными по РЗЭ растворами [1]. Поэтому важно, с какой точностью определяют концентрации пары разделяемых элементов. В данной работе предлагается использовать рентгенофлуоресцентный (РФЛ) и атомно-эмиссионный методы анализа (АЭС).

АЭС-анализ с индуктивно-связанной плазмой проводили на спектрометре «iCAP 6200 Duo». Метод основан на регистрации спектров испускания свободных атомов и ионов при вводе раствора пробы в плазму. Достоинство метода – большое количество аналитических линий, что расширяет возможность выбора линий для анализа РЗЭ, свободных от наложений; недостатки – затраты аргона и необходимость значительного разбавления растворов, что вносит дополнительную ошибку в результат определения концентраций.

РФЛ-анализ проводили на приборе «Спектроскан-GVM». Метод основан на измерении интенсивности вторичного рентгеновского излучения. В отличие от АЭС, данный метод не требует значительного разбавления исходной пробы, но выбор аналитических линий меньше. При анализе РЗЭ-содержащих растворов проводили оксалатное осаждение РЗЭ с последующей прокалкой до оксидов, при необходимости пробу разбавляли борной кислотой.

В докладе будут более подробно представлены результаты проведенных анализов и предложены рекомендации по пробоподготовке и подбору условий экстракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии. – М.: Металлургия, 1982. – 376 с.

Кондаков В.А., Роман С.И., Софронов В.Л.

ЛАЗЕРНЫЙ СПОСОБ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ

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

Современные ядерные энергетические установки требуют постоянного наблюдения и контроля. В настоящее время на атомных станциях накоплено большое количество отработанного оборудования, произведенного из дорогостоящих материалов.

Целью данной работы является рассмотрение целесообразности метода лазерной дезактивации поверхностей материалов. Метод лазерной очистки и дезактивации призван облегчить решение многих проблем в атомной технике и промышленности.

Суть лазерной дезактивации представляет собой метод удаления частиц различных материалов и размеров, пленок и покрытий с поверхностей твердых тел под действием лазерного излучения.

Данный метод заключается в удалении загрязнений не только посредством испарения тонкого слоя основного материала, но и в доиспарительных режимах. В этих случаях термическое воздействие на подложку оказывается незначительным. Практикуется также лазерная очистка в щадящем режиме взрывного испарения смачивающей жидкости (влажная лазерная очистка), и некоторые другие комбинированные режимы.

В ходе обзора лазерной дезактивации металлоконструкций общий объем образующихся радиоактивных отходов, которые накапливаются в твердом состоянии, значительно уменьшается. Все это делает лазерную дезактивацию потенциально серьезной альтернативой традиционным методам.

В заключении можно сказать, технология лазерной дезактивации позволяет значительно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, уменьшить расходы на процедуры дезактивации и понизить опасность заболевания персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шведов В.П., Седов В.М., Рыбальченко И.Л. Ядерная технология: Учебное пособие для вузов/ В. П. Шведов, В. М. Седов, И. Л. Рыбальченко и др. – Москва: Атомиздат, 1979. – 336 с.
2. Вейко В.П., Мутин Т.Ю., Смирнов В.Н., Никишин Г.Д., Шахно Е.А. «Лазерная очистка и дезактивация поверхностей металлов: физические процессы и применения» Лазер-Информ № 1-2 январь 2008 стр. 8-16.

Кондаков В. А., Роман С. И.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПУГР АДЭ-4,5. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sergiooliva@mail2000.ru*

Одной из основных задач по решению проблем ядерного наследия и обеспечению радиационной безопасности, является вывод из эксплуатации уран-графитовых реакторов, изначально предназначенных для наработки оружейного плутония, морально и физически устаревших в процессе длительной запроектной эксплуатации.

Процесс вывода из эксплуатации реакторных установок ОК-204, ОК-205 имеет ряд технологических сложностей, таких как высокие дозовые нагрузки на персонал, а так же особенности расположения шахт реакторов в геологической среде.

Рассматривая варианты альтернатив концепции «захоронение на месте» - следует уделить внимание технологиям создания нового безопасного конфайнмента (НБК) на четвертом энергоблоке ЧАЭС. Однако принимая во внимание концепцию вывода из эксплуатации и технологии создания инженерных барьеров по варианту «захоронение на месте», становится очевидным, что консервация РАО в геологической среде экологически безопасна и экономически приемлема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абалкина И.Л., Линге И. И. Особенности обращения с РАО от вывода из эксплуатации //Радиоактивные отходы. – 2018. – №. 3. – С. 6-15.
2. Загуменнов В.С. Доклад «Опыт АО «ОДЦ УГР» по выводу из эксплуатации ПУГР и объектов ЯТЦ» г. Северск 2020г.
3. Ильина О.А. и др. Современное состояние в разработках и использовании глинистых материалов в качестве инженерных барьеров безопасности на объектах консервации и захоронения РАО в России //Радиоактивные отходы. – 2019. – №.4. – С. 71-84.
4. Хвостова М.С. Инженерно-экологические особенности вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых ядерных реакторов и исследовательских ядерных установок //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – Т. 320. – №.1.

Королев Д.А., Гузеев В.В.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ АНОДОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФТОРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65
e-mail: denkor9911@gmail.com*

В настоящее время при производстве фтора используются угольные аноды, в процессе эксплуатации они растворяются в агрессивной фторидной среде. Известно, что на одну тонну фтора затрачивается восемьсот килограмм угольного электрода. Существует необходимость разработать материал анода с уменьшенным его расходом на процесс. Альтернативной для широко используемого угольного электрода могут являться композиционные материалы на основе твердых электролитов [1,2].

Твердые электролиты – это твердофазные материалы, в которых ионы одной из подрешеток обладают достаточно большой подвижностью. Даная величина сравнима с проводимостью сильных жидких электролитов. Однако твердые электролиты все же отличаются от жидких. Это выражается в том, что твердые электролиты являются веществами, промежуточные по структуре и свойствам между нормальными кристаллическими твердыми телами с регулярной трехмерной структурой, построенной из «неподвижных» атомов или ионов, и жидких электролитов, которые не имеют регулярной структуры, но они обладают подвижными ионами.

Примерами данных материалов могут служить ионопроводящие соединения фторидов свинца и олова. Однако, наряду с исследованием электрохимических характеристик данных соединений, необходимо определить их устойчивость в расплавах электролитов – солей фторидов. Поэтому был проведен процесс синтеза фторидов свинца и олова электрохимическим методом в водном растворе фтороводорода. Результат проведенного рентгеноструктурного анализа показал наличия необходимых соединений в смеси веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Укше Е.А. Твердые электролиты / Е.А. Укше, Н.Г. Букун. – М.: Наука, 1977.- 175 с.
2. Гуревич Ю.Я. Твердые электролиты / Ю.Я. Гуревич; Отв. ред. А.П. Леванюк; АН СССР. - М.: Наука, 1986. - 171 с.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЕМОМЕТРИКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

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

Часто, в ходе эксперимента, химики сталкиваются с проблемой представления полученных данных эксперимента и его обработки. Для получения подлинного результата анализа, специалисту необходимо обрабатывать данные снятых измерений. С этой целью, при обработке данных, можно использовать хемометрику.

Хемометрика представляет собой обширное количество методов и алгоритмов, позволяющих эффективно извлекать важную информацию при анализе экспериментальных данных. Одним из основных методов хемометрики является метод главных компонент.

Суть метода главных компонент - структурирование информации и разделение её на две части: содержательную – несущую в себе данные, необходимые для дальнейшего использования и второстепенную – часть данных, не имеющих искомой нами информации, которую также называют «шумом» [1]. В итоге большое количество переменных сводится к новому представлению, со значительно меньшей размерностью. Также, используя метод главных компонент, есть возможность классифицировать продукты по спектральному анализу.

Поскольку актиноиды и лантаноиды в растворах имеют различные спектры пропускания, имеют сложный характер, часто накладываются друг на друга, то использование метода главных компонент является актуальным в работе атомной промышленности.

Цель работы – применение метода главных компонент в спектрофотометрическом анализе смеси растворов редкоземельных элементов.

В результате работы были получены спектры исследуемых растворов восемнадцати проб, содержащих, в разных концентрациях, редкоземельные элементы (празеодим, неодим) и никель. Далее применен метод главных компонент (РСА) и, таким образом, найдены схожие по составу и отличающиеся друг от друга образцы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российское Хемометрическое Общество // Алексей Померанцев Метод главных компонент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chemometrics.ru/ru/books/metod-glavnykh-komponent/>

Мамедов С.М., Софронов В.Л.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОНИТРИДНОГО УРАН- ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: roomatu2@gmail.com*

В настоящее время существуют определенные проблемы, тормозящие развитие современной ядерной энергетики. Варианты решения этих проблем демонстрируются Россией за счет создания технологий изготовления СНУП (смешанное нитридное уран-плутониевое) и МОКС (смешанное оксидное уран-плутониевое) топлива и использования их в атомных реакторах на быстрых нейтронах (РБН) [1,2].

Разрабатываемые технологии по использованию смешанного мононитридного топлива в РБН, позволят в будущем избавиться от массовой потребности в изотопе урана U-235 и заменить его более доступным и дешевым отвальным ураном U-238, в сочетании с оружейным и энергетическим Pu-239 с огромным энергетическим потенциалом. Такое топливо обеспечивает практически неисчерпаемый ресурс получения энергии и снизит нагрузку на окружающую среду в результате использования ЗЯТЦ (замкнутого ядерного топливного цикла), что существенно удешевляет стоимость энергии, получаемой на атомных электростанциях (АЭС).

Замкнутый ядерный топливный цикл позволит отработавшее ядерное топливо, выгруженное из реактора, после выдержки определенное время, вновь перерабатывать для извлечения урана, плутония и других трансурановых элементов для повторного изготовления из них ядерного топлива.

При этом только небольшая часть полезного делящегося материала (примерно 1%) в процессе переработки и изготовления ядерного топлива теряется и переходит в радиоактивные отходы. Использование отработавшего ядерного топлива для рефабрикации топлива способствует более эффективному использованию природного урана, сокращая его затраты на единицу установленной мощности АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.В. Нитридное топливо для ядерной энергетики / С.В. Алексеев, В.А. Зайцев. – М.: Техносфера, 2014. – 248 с.
2. Годин Ю.Г. Физическое материаловедение: Ядерные топливные материалы. Учебник для вузов. / Ю.Г. Годин, А.В. Тенишев. – М.: МИФИ, 2008. – 604 с.

Мельникова К.В., Гузеева Т.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: melnikovakris18062000@gmail.com*

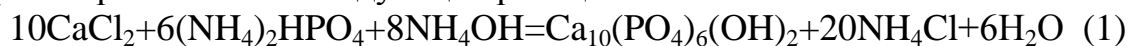
Одним из важных направлений современного неорганического материаловедения является разработка биоматериалов на основе фосфатов кальция. Синтетический гидроксиапатит может быть получен из различных кальцийсодержащих реактивов: CaO ; CaCO_3 ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; CaCl_2 и др.

Интерес к гидроксиапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГА) обусловлен большим значением его для биологических исследований и практической медицины вследствие того, что он является главной неорганической составляющей костной ткани живого организма и обладает высокой биологической совместимостью [1].

Основными методами синтеза ГА являются растворные и твердофазные. Растворные методы включают осаждение, гидротермальный синтез, гидролиз фосфатов кальция.

В медицине синтетический гидроксиапатит используется как наполнитель, замещающий части утерянной кости (в травматологии и ортопедии, хирургии кисти), и как покрытие имплантатов, способствующее нарастанию новой кости. В стоматологии гидроксиапатит применяется в зубных пастах как элемент, реминерализующий и укрепляющий зубную эмаль.

В данной работе рассматривается синтез ГА в лабораторном реакторе на основе следующей реакции:



ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

Механикова Е.Л., Скотников Р.А., Софронов В.Л.

СУХОЙ МЕТОД ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

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

Методы дезактивации играют не малую роль в комплексе мероприятий, направленных на поддержание и повышение радиационной безопасности.

В ходе аналитического обзора сухого метода дезактивации поверхностей было выявлено, что данный способ оправдан для пористых материалов и гладких поверхностей.

Данный метод позволяет избавиться от накопившихся на поверхностях твердых радиоактивных отходов (ТРО). Все ТРО на радиационно-опасных объектах складироваться в специальных помещениях, в которых проводится их сортировка по группам (уровням активности) и категориям. Хранение ТРО осуществляется в специальных хранилищах твердых радиоактивных отходов.

При сухой дезактивации поверхностей более целесообразными являются механический (использование промышленных пылесосов: NILFISK 3707/10, NILFISK CFM T40W и DELFIN DG 200) и газопламенный (горение ТРО на негорючей поверхности, переход их в газовую фазу и последующее удаление) способы.

В докладе выявлено, что данная практика имеет одно из важных преимуществ относительно других методик дезактивации – это возможность удаления нежелательных радиоактивных накоплений, методом их последующего захоронения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.Ю., Азовсков М.Е., Белоусов С.В. Применение дезактивации вакуумированием при проведении работ по подготовке и выводе из эксплуатации объектов АО "ВНИИНМ"/А.Ю. Кузнецов, М.Е. Азовсков, С.В. Белоусов [и др.] // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы. – 2017. – № 3(90). – С. 88-99.
2. Патент 2114470 «Способ дезактивации твердых негорючих поверхностей», 1988г.

Молокова Т.А.¹, Буйновский А.С.¹, Муслимова А.В.¹, Буйновский А.П.¹,
Бордунов С.В.²

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЗЭ ИЗ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

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

²ООО НВП «Эчтех», 634055, г. Томск, Томской обл.

e-mail: t.a.molokova@mail.ru

В мире стремительно растут цены на редкоземельные материалы (РЗМ). Учитывая зависимость производств в России от импортного сырья РЗМ встает актуальный вопрос о разработке конкурентоспособных и простых технологий переработки материалов, содержащих редкоземельные элементы (РЗЭ).

Сегодня в России осталось фактически одно редкометалльное горно-обоганительное производство на Кольском полуострове, перерабатывающее лопаритовые руды. Лопаритовый концентрат является сложным комплексным оксидным сырьем с преобладающим содержанием оксидов церия и лантана в сумме оксидов РЗЭ [1].

Образующиеся отходы (шламы) при обогащении лопаритового концентрата, в которых частично содержится ценный компонент, так же могут стать потенциальным источником получения РЗЭ.

Другим перспективным сырьем РЗЭ могут являться ситаллы, содержащие РЗЭ в отходах ювелирного производства, отбракованные или неостребованные образцы, накопленные на производстве в достаточном для переработки количестве.

Для шламов сложностью является низкое содержание лопаритового концентрата, следовательно, необходимо проводить его обогащение. На данный момент рассматриваются методы концентрирования и выбор более оптимального. Для дальнейшей переработки лопаритового концентрата, а также ситаллов нами рассматривается метод гидрофторирования, который является достаточно универсальным, а фториды или гидрофториды аммония являются доступными и легкотранспортируемыми реагентами.

Для оптимизации процесса фторирования на данный момент нарабатывается данные по определению содержания фтора ионометрическим методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский Л.З., Потанин С.Д., Котельников Е.И., Ануфриева С.И. и др. Редкоземельное и скандиевое сырье России // Минеральное сырьё. – М.: ВИМС, 2016. – № 31. – 217 с.

Нижегородов Д.С., Степанов К.И., Макасеев Ю.Н.

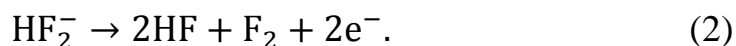
ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ АНОДА НА РАБОТУ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: skdota2@bk.ru*

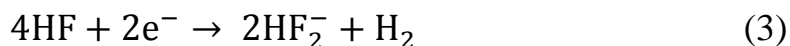
Фтор является одним из важных элементов в современной ядерной энергетике. Мировой спрос на фтор находится на достаточно высоком уровне, несмотря на существенные колебания в развитии ядерной энергетике.

В производственных условиях фтор получают среднетемпературным электролизом расплава гидрофторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом.

Электрохимический процесс получения фтора протекает следующим образом: при подаче токовой нагрузки на электролизер на аноде в результате, прежде всего, процесса разряда ионов HF_2^- , а также ионов фтора выделяется анодный газ – фтор (1, 2):



На катоде за счет присоединения электронов к молекулам фтороводорода происходит выделение катодного газа – водорода (3):



При проведении исследований вольтамперных характеристик процесса электролиза в лабораторных условиях была достигнута плотность тока 0,2-0,3 А/см² при напряжении равном 7-7,5 В, что значительно улучшает экономические показатели процесса получения фтора.

Исследованиями также установлено, что на работу электролизера существенное влияние оказывают: геометрия электродов, межэлектродное расстояние, площадь поверхности погружения электрода, примеси в электролите.

Огнева А.А., Етифанов К.Ю., Мокина А.Н., Ожерельев О.А.

ПРОИЗВОДСТВО И ОЧИСТКА ЯДЕРНОГО ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ОБОЛОЧЕК ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

Цирконий и гафний входят в перечень основных видов стратегического минерального сырья, утвержденный распоряжением правительства РФ. Отсутствие полной производственной цепочки получения циркония на основе собственного цирконового концентрата делает актуальным разработки в этом направлении. Основным потребителем цирконового концентрата является АО «Чепецкий механический завод» ТК ТВЭЛ ГК Росатом.

В ядерной энергетике цирконий является основным компонентом при производстве сплавов, используемых для изготовления оболочки тепловыделяющих элементов. Одна из главных проблем применения циркония в ядерной энергетике – его очистка от примеси гафния, присутствие всего 1,5% которой в двадцать раз повышает сечение захвата нейтронов циркония.

Существует несколько методов получения циркония, такие как: содово-экстракционная (хлоридная) технология; разрабатываемая на кафедре ХиТМСЭ СТИ НИЯУ МИФИ безводная фторидная технология. Выделяются важные стадии для создания производства полного цикла на основе национальной сырьевой базы: сублимационная очистка тетрафторида циркония от примесей; получение пластичного циркония ядерной чистоты электролизом фторидно-хлоридных расплавов; технология производства циркониевой губки путем магнийтермического восстановления; экстракционную дистилляцию; метод дробной кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ожерельев О.А. Сублимационная очистка фторидов циркония, гафния, титана от примесей переходных металлов. Новосибирск: Наука. Сибирское отд-ние, 2005, - 125с.
2. Пилипенко Н.Н. Получение циркония ядерной чистоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2008_2/article_2008_2_66.pdf
3. Цирконий. Новости предприятия АО «Чепецкий механический завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chmz.net/product/zr/>

Панфилова М.В., Софронов В.Л.

КАРБОТЕРМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СНУПТ

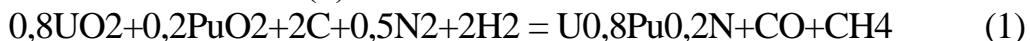
*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail:panfilova_masha1999@mail.ru*

Одна из главных задач современного этапа развития ядерной энергетики - разработка и создание реакторов, отвечающих принципу «естественной безопасности и самозащиты». Повышение внутренней безопасности достигается за счет использования физико-химических свойств ядерного топлива, теплоносителя и других компонентов, а также пассивных средств защиты.

Выбор топливного состава будущих реакторов на быстрых нейтронах определяется рядом теплофизических, служебных и физико-химических свойств. Требованиям экономичности производства топлива и изготовления тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), высокому выгоранию и совместимости топлива с теплоносителем удовлетворяет нитридное топливо. Оно является потенциальным ядерным топливом для реакторов на быстрых нейтронах.

Одним из этапов технологии фабрикации нитридного топлива является процесс карботермического синтеза. Процесс карботермического синтеза заключается в выдержке диоксидов смеси урана и плутония при температуре 1400–1800°C в постоянном потоке смеси азота и водорода. В качестве исходных материалов для карботермического метода используются оксиды урана и плутония, углерод в виде сажи, химически чистые аргон, азот и аргонно-водородная смесь. Шихта – оксиды и углерод, смешиваются в автоматическом вихревом смесителе в течение 4–5 ч.

В результате протекающих при синтезе химических реакций из исходных порошков диоксидов урана и плутония получается смесь нитридов этих элементов (1).



ЛИТЕРАТУРА

1. Ма Б.М. Материалы ядерных энергетических установок.: пер. с англ. под редакцией Ю.Ф. Чернилина. – М.: Энергоатомиздат, 1987г. – 408 с.
2. Громов Б.В. Химическая технология облученного ядерного горючего: Учебник для вузов / Б. В. Громов. – М.: Атомиздат, 1971г. – 448 с.
3. Андреев Г.Г., Дьяченко А.Н. Введение в химическую технологию ядерного топлива – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010г. – 165 с.

Попова К.Е., Муслимова А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ФОСФАТОВ РЗЭ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ

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

Редкоземельные элементы (РЗЭ) широко используются во многих отраслях промышленности. Переработка РЗЭ связана с определенными технологическими трудностями и дороговизной процесса. Поэтому в настоящее время существует необходимость оптимизации методов извлечения этих элементов [1]. Для полноты отделения РЗЭ из монацитовых концентратов требуется детальное изучение всех протекающих процессов. Для этого было предложено сначала синтезировать чистый, модельный фосфат РЗЭ.

В данной работе исходными веществами для синтеза фосфата неодима являлись соли нитрата неодима и гидрофосфат аммония. Гидрофосфат аммония использовался промышленного производства, а нитрат неодима был получен в лаборатории путем растворения оксида неодима в концентрированной азотной кислоте с последующим выпариванием и высушиванием в сушильном шкафу. Для термогравиметрического анализа (ТГ-анализа) готовые реагенты смешивали в стехиометрическом соотношении с учетом влажности образца и кристаллической влаги и измельчали в ступке.

Гидрофосфат аммония, нитрат неодима и шихта, полученная их смешением, подвергались термогравиметрическому анализу (ТГА) на синхронном термоанализаторе ТГ/ДСК/ДТА SDT Q600. Нагрев проводился на воздухе до 1000°C со скоростью 10 град/мин. ТГ-анализ дает возможность определять изменения массы, которые происходят в образце при нагревании. Результатом термогравиметрического анализа являются ТГ-, ДТГ- и ДСК-кривые. Получаемые зависимости позволяют судить о протекающих в выбранной среде химических и физических процессах при разложении пробы [2].

Более подробно результаты исследования будут рассмотрены в тексте доклада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинова Т.Е. Получение соединений индивидуальных РЗМ и попутной продукции при переработке низкокачественного редкометального сырья: автореф. дис. д-ра технич. наук: 05 16 02. – СПб., 2013. – 46с.
2. Папко Л. Ф. Физико-химические методы исследования неорганических веществ и материалов. Практикум: учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высшего образования / Л. Ф. Папко, А. П. Кравчук. – Минск: БГТУ, 2013. – 100 с.

Роман С. И.

ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР ЭИ-2

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

В рамках оружейных программ в СССР с конца сороковых годов до середины шестидесятых введено в эксплуатацию тринадцать уран-графитовых реакторных установок промышленного назначения (ПУГР). Основными причинами прекращения их эксплуатации является выработка ресурса реактора, падение спроса на вырабатываемую продукцию.

К таковым относится ПУГР ЭИ-2 (Тип: УГКЦ, II поколение), на данный момент реакторные установки которого выведены из эксплуатации и приведены в радиационно- безопасное состояние по варианту «захоронение на месте». Пункт хранения РАО ЭИ-2 является конечным состоянием ПУГР ЭИ-2, предусмотренным проектом вывода из эксплуатации (ВЭ) реактора и фактически достигнутым в ходе выполнения практических работ по проекту.

В процессе ВЭ ЭИ-2 получен огромный опыт в ходе выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и практических работ, достойных тиражирования на аналогичные объекты, расположенные на территории РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абалкина И.Л., Линге И.И. Особенности обращения с РАО от вывода из эксплуатации //Радиоактивные отходы. – 2018. – №. 3. – С. 6-15.
2. Загуменнов В.С. Доклад «Опыт АО «ОДЦ УГР» по выводу из эксплуатации ПУГР и объектов ЯТЦ» г. Северск 2020г.
3. Мартынов К.В. и др. Использование глинистых материалов для создания защитных барьеров радиационно опасных объектов //Радиоактивные отходы. – 2020. – №. 3. – С. 39-53.
4. Хвостова М.С. Инженерно-экологические особенности вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых ядерных реакторов и исследовательских ядерных установок //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – Т. 320. – №. 1.

Степанов К.И., Нижегородов Д.С., Макаеев Ю.Н.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ АНОДНО-КАТОДНОЙ ПАРЫ НА РАБОТУ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

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

Фтор – один из самых химически активных элементов и является важной частью химической и ядерной промышленности во всем мире. Поэтому совершенствование технологии получения фтора является актуальной задачей.

Газообразный фтор используют для получения гексафторида урана (UF_6), применяемого для разделения изотопов урана в ядерной промышленности, из UF_4 и оксидов урана. Трифторид хлора ClF_3 - фторирующий агент и мощный окислитель ракетного топлива; гексафторид серы SF_6 – газообразный изолятор в электротехнической промышленности; фториды металлов (например, W и V) для получения металлов; фреоны - хорошие хладагенты, применяемые во многих областях атомной отрасли.

В производственных условиях фтор получают среднетемпературным электролизом (СТЭ) расплава гидродифторида калия, который образуется при насыщении расплава $KF \cdot 2HF$ фтороводородом.

При ведении процесса важными показателями являются плотность тока и напряжение на электродах, потому что от них зависит выход конечного продукта, экономические показатели и долговечность оборудования. Анализ патентно-информационных источников позволил выявить несколько технических решений, позволяющих повысить надёжность электрического контакта токоподводящего штока к угольному аноду и при этом снизить удельное электрическое сопротивление материала анодной пластины.

В данной работе изучено влияние межэлектродного расстояния на процесс электролиза, получены соответствующие зависимости плотности тока от напряжения, сделаны выводы о влиянии геометрии и исследованных факторов на процесс среднетемпературного электролиза фтора, предложен конструкционный вариант анода для улучшения работы электролизера.

Сычев М.И., Карташов Е.Ю.

КОНСЕРВАЦИЯ БАССЕЙНА Б-25

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

Опасность повышенных уровней радиоактивных излучений, отчетливо проявившаяся после применения США ядерного оружия в 1945г. и в последующем при работах по производству делящихся материалов, определила особое отношение к атомной энергии и радиоактивным отходам, потребовала принятия кардинальных и оперативных мер по их изоляции от человека. В процессе деятельности производств СХК образовывались различные по солевому составу, уровню активности, содержанию радионуклидов и твердой фазы, потоки жидких радиоактивных отходов. Их количество постоянно росло и потребовалось принять кардинальное решение для их сбора, концентрации и дальнейшей переработки.

Поэтому, для выполнения этой непростой поставленной задачи был создан бассейн Б-25 на Сибирском химическом комбинате для приема, хранения и отстоя водно-хвостовых растворов химико-металлургических производств урана и плутония.

В связи с большим количеством накопленных радиоактивных отходов в бассейне Б-25 за весь период эксплуатации химико-металлургического завода, в настоящее время он представляет потенциальную опасность для окружающей среды и подлежит надежной изоляции на длительный период.

В данной работе рассмотрены различные способы консервации бассейнов с ЖРО, определены их достоинства и недостатки, на основании чего и была выбрана технология консервации бассейна Б-25, рассмотрены этапы вывода из эксплуатации, показан экономический расчёт с учетом создания внешнего барьера безопасности бассейна.

Тарасова П.Е., Богданова С.А., Голубева А.А., Камбалкина А.А.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУФЕРНОГО РАСТВОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРИД-СЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА

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

При определении фторидов в объектах сложного состава с помощью ионселективных электродов (ИСЭ) сталкиваются с проблемой снижения чувствительности электродной функции. Главной причиной нарушения работы ИСЭ является мешающее влияние макрокатионов (Al^{3+} , Fe^{3+} , La^{3+} , Be^{2+} , ZrO^+ и др.), образующих комплексные соединения с фторид-ионами. Это, в свою очередь, приводит к получению заниженной концентрации фторид-ионов в неподготовленной пробе и увеличению погрешности измерения.

Цель данной работы – исследовать влияние состава буферного раствора на вид и характеристики электродной функции.

По литературным данным [1] при анализе фторидов в качестве буферных растворов применяют: ацетатный (рН = 3,5-4,5), цитратный (рН = 3,0-6,5) и буферный раствор для регулирования общей ионной силы (БРОИС, рН = 5,0-5,5). Для устранения мешающего влияния катионов предлагается использовать различные добавки комплексообразователей, образующих более устойчивые, по сравнению с фторид-ионами, соединения.

Нами исследована возможность применения лимонной и уксусной кислот в качестве компонента буферного раствора и регулятора рН среды. Проведены измерения потенциала ИСЭ в сериях стандартных растворов с содержанием фторид-ионов $5 \cdot 10^{-7}$ - 10^{-3} моль/дм³ на фоне рассматриваемых кислот в диапазоне концентраций 0,001-0,1 моль/дм³. Отмечено снижение крутизны электродной функции с уменьшением концентрации компонентов буферного раствора. По данным [1] для устранения мешающего влияния ионов алюминия и железа предложено использовать ЭДТА в концентрации 0,01 моль/дм³. Для поддержания постоянной ионной силы буферный раствор должен содержать NaCl или Na₂SO₄ в концентрации 0,1 моль/дм³. На основании проведенных исследований выбран оптимальный состав раствора фонового электролита.

ЛИТЕРАТУРА

1 Савосько И.В., Зинькова Т.Н. Определение фторид-ионов с применением электрода «ЭКМ-Ф»// Химия и технология неорганических веществ. Труды БГТУ. - 2012. - №3. – С.87-90.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАКЦИОННОГО АФФИНАЖА

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

В настоящий момент в атомной промышленности широко используется четырехколонный экстракционный каскад, который включает колонны экстракции, промывки, реэкстракции и регенерации. В экстракционной колонне уран извлекается из водного раствора в органическую фазу, которая далее подаётся в колонну промывки разбавленной кислотой. Из промывной колонны поток с ураном поступает в колонну реэкстракции. Экстрагент же поступает в колонну регенерации для восстановления его свойств [1].

Важной задачей является определение предельного значения расхода водной фазы в первой колонне, при котором эффективность аффинажа урана будет сохранена. Для решения поставленной задачи рационально применение методов математического моделирования.

В настоящей работе проведены исследования по влиянию изменения параметров расхода водной и органической фаз на эффективность экстракционного аффинажа. Для проведения исследований использовано программное обеспечение «КАСКАД», разработанное в СТИ НИЯУ МИФИ для моделирования аффинажа в каскаде экстракционных колонн [2]. С его помощью построены профили концентрации урана по высоте первой колонны каскада и по времени для различных значений расходов водной фазы и постоянных значений органической фазы. Выявлено максимальное значение расхода водной фазы, при котором эффективность экстракционного каскада не понижается.

Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего совершенствования технологии экстракционного аффинажа урана и определения наиболее оптимального режима работы каскада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тананаев И.Г. Уран: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 69-75 с.
2. Носков М.Д. и др. Математическое моделирование переходных процессов в каскаде экстракционных колонн // Изв. ТПУ. – Т.305, Вып. 3, 2002. – С. 139-146.

Чекинева Ю.А.

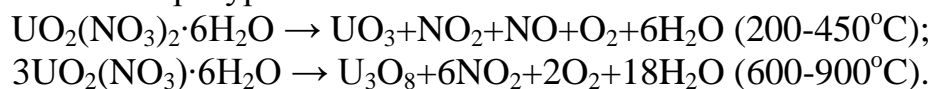
ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ГЕКСАГИДРАТА УРАНИЛНИТРАТА

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

Оксиды урана имеют весьма важное значение в технологии производства ядерного горючего. В некоторых типах гетерогенных ядерных реакторов основой тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) является диоксид урана, который обладает высокой коррозионной и радиационной устойчивостью.

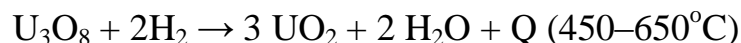
Одним из способов получения ядерного горючего является получение триоксида урана путем термического разложения гексагидрата уранилнитрата и его дальнейшее восстановление до UO_2 .

Получение оксидов урана из уранилнитрата основано на процессе термической диссоциации соли (шестивалентного гидрата) при повышенной температуре:



После получения данных оксидов проводят их восстановление до двуоксида урана.

В качестве восстановителей используют газы, например, водород:



Восстановление UO_3 можно проводить водородом при 350–650°C или оксидом углерода(II):



Реакция восстановления триоксида урана обязательно протекает через промежуточную стадию образования U_3O_8 и лимитируется этой стадией.

На основе выданного задания и литературных данных будет разработана аппаратурно-технологическая схема получения диоксида урана из гексагидрата уранилнитрата. Для уточнения температурных интервалов получения различных оксидов урана из уранилнитрата будет проведен дериватографический анализ и изучен механизм и кинетика термического разложения гексагидрата уранилнитрата до диоксида урана.

*Ченцов Ф.А., Венедиктова А.Л., Хорохорин В.С., Макасеев А.Ю.,
Молоков П.Б.*

АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТ РАДИОНУКЛИДОВ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ МОЗРВ

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

В настоящее время многие страны с развитой ядерной энергетикой занимаются исследованиями, разработкой технологий и созданием установок по переработке металлических отходов, загрязнённых ядерными веществами (МОЗРВ) с целью уменьшения объёма твёрдых радиоактивных отходов (ТРО), подлежащих захоронению, и утилизации металла.

Анализ сбора открытых источников показывает, что практически большинство западных специализированных предприятий используют переплавку МОЗРВ в качестве основной технологической стадии без предварительной глубокой дезактивации, обеспечивающей получение металла, пригодного для свободного неограниченного использования. По этой причине после переплавки МОЗРВ получается металл, главным образом, пригодный лишь для ограниченного использования, из которого изготавливают оборудование для применения в ядерной промышленности.

На АО «СХК» совместно с СТИ НИЯУ МИФИ проводится комплекс исследований по переработке МОЗРВ с получением пигментного оксида железа. Технология переработки МОЗРВ заключается в их последовательном растворении в растворе серной кислоты с последующей очисткой от радионуклидов, кристаллизацией, выделением кристаллогидрата $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и дальнейшим его прокаливанием до конечного продукта Fe_2O_3 пигментного качества.

В докладе приводится описание экспериментальной установки по растворению МОЗРВ и представлена методика адсорбционной очистки раствора получаемого сульфата железа (II) на амфолите Purolite S950 от урана, тория и продуктов их распада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов Ю.П. Основы радиохимии : учеб. пособие / Ю.П. Давыдов. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - 317 с.
2. Гончаров А.И. Справочник по химии / А.И. Гончаров, М.Ю. Корнилов. – Киев : Вища школа, 1978. - с. 308.

Чуркин А.А., Грачев Е.К., Грачева Д.К., Бочанов А.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРИРОВАНИЯ-ДЕГИДРИРОВАНИЯ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР НА ОСНОВЕ РЗМ

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

Химическая промышленность является большим потребителем водорода. Водород используется в огромных количествах в синтезе аммиака, для сжижения каменного угля, в восстановительной металлургии.

Перспективным направлением в применении водорода является гидрирование металлов. Гидриды металлов обладают уникальным свойством – высокой хрупкостью, что делает процесс гидрирования перспективным в таком технологическом переделе, как измельчение. Этот метод широко используется для получения магнитных сплавов по технологии порошковой металлургии.

Существует отработанная технология получения магнитных сплавов и лигатур порошковой металлургией, которая имеет широкое применение в промышленности. В настоящее время широко используются методы механического измельчения материалов. Но у механических процессов измельчения есть ряд недостатков, таких как: потребление большого количества энергии; низкая производительность; легкая окисляемость порошков; высокая твердость сплавов; сложность и многостадийность процесса.

Достоинства гидрирования в сравнении с механическими методами получения порошков: высокая производительность и простота процесса; получаемые порошки стабильного качества; легко измельчаются; незначительная продолжительность измельчения, также гидриды меньше подвержены окислению на воздухе, что положительно сказывается на их магнитных характеристиках. Недостатки гидрирования: опасность при работе с водородом.

На степень гидрирования оказывают влияние ряд факторов, таких как: температура, давление водорода в реакторе и форма водорода используемого для гидрирования.

Авторами доклада будут подробно рассмотрены процессы и приведены экспериментальные данные гидрирования сплавов и лигатур на основе РЗМ, а так же влияние различных условий на степень их гидрирования.

Шишкина Н.И., Игнатович Е.С., Зеличенко Е.А.

ОСОБЕННОСТИ ОКСИДИРОВАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНА

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

Титан в настоящее время занимает лидирующее место в ряду конструкционных материалов. Недостатком этого металла является невозможность применения его в чистом виде, ввиду образования тонкой оксидной пленки, которая имеет недостаточную стойкость в агрессивных средах.

Для использования титановых изделий потребуется модифицирование поверхности, которое позволяет улучшить диэлектрические, коррозионные, механические, термические и другие качества получаемого изделия [1].

Одним из способов модификации является микродуговое оксидирование (МДО), которое создает на поверхности титана надежное защитное покрытие. Данный метод обладает рядом преимуществ, таких как экологичность, возможность создания покрытия с уникальными характеристиками, долгий срок службы электролита, высокая производительность и многое другое.

Существует два способа обработки деталей методом МДО: погружение изделия в ванну с электролитом и нанесение покрытия вне ванны при помощи плоского электрода.

Оксидирование деталей различных форм и размеров в электролитической ванне является самым распространенным способом, но иногда возникает потребность в нанесении покрытия плоским электродом, особенно если требуется наносить оксидные слои не по всей поверхности детали, а в её отдельных местах или требуется нанести покрытие вне производства.

Проведен литературный анализ по методам, формирующим оксидные покрытия как всей крупногабаритной детали, так и отдельных ее частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко П.С., Гнеденков С.В. Микродуговое оксидирование титана и его сплавов. Владивосток: Дальнаука, 1997. – 179 с.

*Шрайнер А.Э., Буйновский А.С., Карташов Е.Ю., Сюткин В.В.,
Муслимова А.В., Буйновский А.П.*

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗВОДНЫХ ФТОРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

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

В современном мире редкоземельная продукция применяется во многих областях науки и техники, в том числе для производства высокоэнергетических постоянных магнитов (ВЭПМ).

Одним из способов получения магнитных материалов и сплавов для производства ВЭПМ на основе редкоземельных металлов является фторидная технология. Данная технология позволяет достичь низкого содержания примесей в получаемых сплавах редкоземельных металлов (РЗМ), а также характеризуется меньшей энергоемкостью технологического процесса [1].

FeF_3 и NdF_3 являются гигроскопичными порошками и могут сорбировать влагу из атмосферы своей поверхностью в период получения, хранения, пробоотбора или подготовки к анализу.

Присутствие влаги или летучих компонентов (HF , F_2) во фторидах железа и неодима при внепечной восстановительной плавке может повлечь за собой увеличение давления, выброс продукта из тигля и повышение количества примесей в сплавах.

В настоящей работе проведены исследования для оценки суммарного содержания влаги во фторидах железа и неодима, которые были приобретены у СХК в период 2000 года и хранились до настоящего времени в полиэтиленовой упаковке на складах.

Полученные результаты показывают, что за такой длительный период хранения порошков их качество значительно ухудшилось.

Таким образом, для безопасного проведения процесса кальциетермической внепечной плавки фторидов РЗМ и получения сплавов высокого качества следует исключить их контакт с воздухом и проводить работу в инертной среде. Долговременное хранение порошков на складе в окислительной среде нежелательно, так как они гигроскопичны и быстро наберут влагу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буйновский А.С. Фторидная технология получения магнитных материалов на основе редкоземельных элементов для ядерной энергетики. Ч. I. «Внепечная фторидная технология редкоземельных сплавов» / А.С. Буйновский [и др.]. – Томск: ТУСУР. 2012.– 435 с.

*Секция
Оборудование и автоматизация ядерно-химической
технологии*

Баксанов Б.М., Иванов К.А.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI И ПЛК SIEMENS S7

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

Целью работы является создание и тестирование прототипа ПАМ системы на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi и программируемого логического контроллера (ПЛК) Siemens S7, способного решать задачи симуляции технологического процесса или его части, необходимой для настройки систем автоматизации.

Программно-аппаратное моделирование (ПАМ, англ. hardware-in-the-loop simulation) представляет собой метод, который используется в разработке и испытании сложных встроенных систем реального времени. ПАМ обеспечивает эффективную платформу для решения задач тестирования сложных систем на разных этапах жизненного цикла САР. Эффекты от использования такого подхода: сокращение издержек на этапе разработки, сокращение трудоемкости и ускорение этапа внедрения САР, сокращение времени на переналадку и настройку оборудования [1].

Системы ПАМ в настоящее время используются во многих сферах: автомобильных системах, силовой электронике, энергосистемах, робототехнике, аэрокосмической промышленности и пр. Одним из существующих примеров универсальной системы моделирования в реальном времени является Speedgoat. В ядре системы лежит пакет моделирования MATLAB, Simulink.

Спроектированная ПАМ позволит решать задачи этапа внедрения САР (настройка параметров САР и сопряжение ПЛК с объектом управления) на этапе проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер Д.А., Иванов К.А. Создание стенда программно-аппаратного моделирования на платформе ПЛК "ОВЕН" // Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения : Отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 60-летию СТИ НИЯУ МИФИ в рамках научной сессии НИЯУ МИФИ, Северск, 09–13 декабря 2019 года. – Северск: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2019. – С. 47.

Бедовый Д.Е., Карташов Е.Ю.

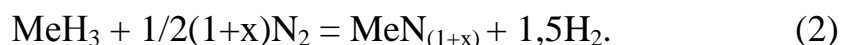
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СМЕШАННОГО U-Pu ТОПЛИВА МЕТОДОМ ГИДРИРОВАНИЯ-НИТРИРОВАНИЯ

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

В настоящее время в России разработан проект быстрого реактора естественной безопасности и экономичности с топливом UN-PuN и со свинцовым теплоносителем «БРЕСТ» с пристанционным топливным циклом для крупномасштабной энергетики будущего.

В работе проведён сравнительный обзор существующих методов получения нитридов урана и плутония, описаны достоинства и недостатки этих способов, а также основные требования, предъявляемые при производстве этих материалов.

Исходные слитки урана и плутония помещаются в стальной противень, который загружается в аппарат. Полученный сплав гидрируется очищенным водородом при температуре 180-220°C и затем нитрируется химически чистым азотом при температуре 220-550°C. Синтез смешанного нитрида из исходных металлов (урана и плутония) основан на реакциях 1 и 2:



Повышение содержание плутония в исходном сплаве и уменьшение продолжительности нитрирования снижает количество образующегося полупуторного нитрида урана. Полученный смешанный нитрид представляет собой порошок с размером частиц до 30-40 мкм и пригодный для дальнейшего изготовления из него топливных сердечников. Необходимо отметить, что операции гидрирования и нитрирования проводятся последовательно в одном аппарате без перегрузки промежуточных продуктов.

Данный способ получения смешанных нитридов урана и плутония из металлических урана и плутония, а также их сплавов связан с решением дополнительных технологических проблем и поиском способов обеспечения безопасности вследствие использования водорода, который является взрывопожароопасным реагентом, но наряду с этим позволяет использовать материалы, которые необходимо утилизировать, что с экономической точки зрения является очень выгодным решением.

Егунов А.В., Карташов Е.Ю.

ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: egunov305700@inbox.ru*

Включение в цемент является одним из самых распространенных методов отверждения и иммобилизации радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности. Во многом благодаря доступности и дешевизне технологического оборудования и матричных материалов, негорючести конечного продукта, отсутствию у него пластичности, относительной простоте технологических процессов, цементирование получило широкое применение при иммобилизации радиоактивных отходов.

Способность цемента связывать воду особенно важна при кондиционировании жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Однако кажущаяся простота процесса цементирования (взаимодействие цемента с водой) в случае отверждения радиоактивных отходов может значительно осложняться теми химическими процессами, в которых помимо воды могут принимать участие все химические компоненты радиоактивных отходов, что неизбежно отражается на самом процессе цементирования и на качестве конечного отвержденного продукта. Поэтому понимание химической природы цементирования необходимо для правильного планирования и реализации этого процесса в приложении к отверждению конкретных радиоактивных отходов.

Поскольку очень многие компоненты жидких радиоактивных отходов существенно влияют на процессы гидратации цемента и качество отвержденного продукта, при цементировании отходов в зависимости от их вида часто приходится прибегать к использованию различных добавок. Компоненты ЖРО в отдельности по-разному влияют на процесс гидратации цемента и на качество цементного компаунда, но, как правило, при увеличении доли отходов в пересчете на сухой остаток прочность цементного компаунда уменьшается. Негативное влияние компонентов отходов на процесс цементирования можно уменьшить не только подбором необходимых добавок, но и предварительной подготовкой отходов к цементированию.

Заливин И.М., Заринова Л.Ф.

ФИЛЬТРОВАЛЬНО ДЕАЭРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: deumon451457@gmail.com*

Водоподготовка заключается в освобождении воды от грубодисперсных и коллоидных примесей и содержащихся в ней солей, тем самым предотвращаются отложение накипи, коррозия металлов, а также загрязнение обрабатываемых материалов при использовании воды в технологических процессах ЗРИ. Для удаления из воды взвешенных примесей различной степени дисперсности на водоподготовительных установках применяют осветлительные фильтры. В качестве фильтрующего материала в фильтрах в основном используются кварцевый песок.

Из газовых примесей наибольшую опасность представляют кислород и углекислый газ, которые существенно ускоряют процесс коррозии аппаратуры. Удаление газовых примесей происходит на деаэрационной установке состоящей из деаэратора и теплообменного аппарата.

Существует четыре вида деаэрации — это термическая деаэрация, вакуумная деаэрация, десорбционная деаэрация и химическая деаэрация. В системах водоподготовки в основном используется термическая деаэрация. При таком методе деаэрации вода нагревается до температуры кипения, при которой пузырьки растворенного кислорода уносятся вскипевшим паром. Основной частью деаэрационной установки является деаэратор, состоящий из деаэрационной колонны и деаэрационного бака.

В разрабатываемой фильтровально деаэрационной установке выбран метод термической деаэрации - как наиболее распространенный способ удаления газовых примесей. Оборудование, применяемое в деаэрационной установке, является наиболее простым в изготовлении и эксплуатации, а также имеет сравнительно низкую цену.

ЛИТЕРАТУРА

1. Риктер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Глава третья. Деаэраторы// Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. -М.: Энергоатомиздат, 1987.- 216 с.
2. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. -М.: Энергоиздат, 1982.- 304 с.

Зорин В.Д., Заринова Л.Ф.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

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

Установка предназначена для получения сырьевого гексафторида урана методом высокотемпературного прямого фторирования оксидов урана разных марок и тетрафторида урана.

Гексафторид урана (UF_6) - ГФУ, готовый продукт производства. При нормальных условиях ГФУ- твердое кристаллическое вещество белого, сероватого или светло-желтого цвета возгоняющееся без плавления.

Технологические продукты для фторирования шнековым питателем подаются в распылитель пламенного реактора.

Скорость загрузки сырья регулируется числом оборотов шнекового питателя. Равномерное распределение сырья по сечению реактора осуществляется распылителем.

Одновременно в распылитель реактора, через сопло с тангенциально направленными отверстиями, подается анодный газ из фторного производства.

Взаимодействие фтора с твердым продуктом происходит в факеле и сопровождается выделением большего количества тепла.

Огарки из пламенного реактора ссыпаются в горизонтальный узел выгрузки, откуда выгружаются в контейнер и направляются на доулавливание ГФУ и фтора.

Технологический газ, пройдя узел выгрузки, поступает в расширительную камеру, где происходит грубая очистка от твердых пылевидных частиц, затем направляется на охлаждение горячей водой в межтрубное пространство теплообменника.

Технологический газ из теплообменника направляется на очистку в инерционно-электростатические фильтры и после направляется на конденсацию.

Процесс конденсации ГФУ осуществляется за счет охлаждения технологического газа. Теплопередача при конденсации происходит через стенку трубчатки конденсатора. При этом газообразный ГФУ переходит в твердое состояние.

Леонович И.А., Иванов К.А.

СОПРЯЖЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ SIEMENS S7-1200 И УМИКОН РС100

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

Сопряжение различных комплексов программно-технических средств (КПТС) на реальном производстве распространённая задача. На текущий момент на предприятиях АО «ТВЭЛ» широкое распространение приобрели КПТС УМИКОН и Siemens. Данная работа посвящена одному из способов сопряжения данных КПТС.

В основе предлагаемого метода сопряжения КПТС лежит разработка устройства (шлюз), связывающего сопрягаемые КПТС на основе протокола обмена Modbus RTU, являющимся стандартом в промышленной автоматике. В отличие от лицензируемого протокола обмена PROFIBUS.

В процессе создания шлюза решаются следующие задачи:

- передача пакета запроса с кодами функций протокола Modbus RTU от Master к Slave с выводом информации о состоянии системы на основе модели системы SIEMENS-УМИКОН на базе микроконтроллера AT89S51.

- передача пакета ответа с кодами состояния по протоколу Modbus RTU от Slave к Master с выводом информации о состоянии системы на основе модели системы SIEMENS-УМИКОН на базе микроконтроллера AT89S51.

Работа выполняется в рамках научно-исследовательской работы студента Северского технологического института на кафедре «Электроники и автоматики физических установок».

ЛИТЕРАТУРА

1. Магда Ю. С. Микроконтроллеры серии 8051: практический подход. — М.: ДМК Пресс, 2008. - 228 с.
2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>. - Текст: электронный.

Никитчук Н.В., Щипков А.А.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: nikitchuk82@yandex.ru*

Повышение уровня радиационной безопасности на предприятиях атомной отрасли является одним из ключевых направлений их развития. Система переработки технологических газов является значимым элементом обеспечения радиационной безопасности таких производств. Совершенствование технологических установок газоочистки во многом связано с реализацией на предприятиях ГК «Росатом» единой цифровой стратегии. Проведение цифровой трансформации производства должно обеспечить функционирование единого цифрового пространства, в которое интегрируются производственное и технологическое оборудование, системы обеспечения жизнедеятельности и безопасности предприятия. Внедрение цифровых технологий невозможно без обеспечения базовой автоматизации технологических процессов.

В данной работе рассмотрены основные подходы к разработке автоматизированной системы переработки технологических газов (АСПТГ), целью которой является повышение ядерной и радиационной безопасности технологических установок по обращению с ядерными материалами. Основными задачами АСПТГ являются: автоматическое обеспечение требуемых показателей качества газоочистки (уровень разряжения воздуха в технологических камерах, влажность, температура воздуха в контрольных точках и т.п.); контроль состояния ступеней фильтрации и работоспособности вентиляционных агрегатов; управление скоростью вращения двигателей вентиляционных агрегатов; управление режимами регенерации самоочищающихся фильтров; реализация диспетчерского управления системой.

Система выполнена по трехуровневой архитектуре. Нижний уровень состоит из датчиков влажности, температуры, разряжения воздуха, вибрации, электроклапанов и электродвигателей, систем управления электродвигателями и т.п. На контроллерном уровне реализуются алгоритмы управления клапанами, задвижками, двигателем. На диспетчерском уровне организованы автоматизированные рабочие места персонала и база данных технологических параметров.

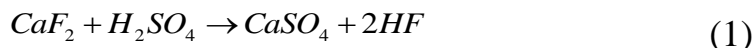
Руденко В.Д., Заринова Л.Ф.

УСТАНОВКА РЕКТИФИКАЦИЯ ФТОРОВОДОРОДА

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Voluk22@gmail.com

Фтороводород играет ведущую роль в современной технологии фтора и фтористых соединений. Фтороводородная кислота используется промышленностью для получения разнообразных неорганических фторидов, в первую очередь фторида алюминия, криолита, тетрафторида урана, без которых невозможно существование современной алюминиевой промышленности и атомной энергетики.

Основным промышленным способом получения фтороводорода является процесс сернокислотного разложения плавикового шпата, протекающий по реакции (1):



Полученный реакционный газ, содержащий HF , подвергается очистке от высоко- и низкокипящих примесей. Для получения фтороводорода высокой чистоты применяется процесс двойной ректификации, которая осуществляется по прямой или обратной схемам. При прямой схеме в первой колонне происходит, так называемая отпарка, в результате которой отщепляются низкокипящие примеси SO_2 , H_2SiF_6 (SiF_4). Во второй колонне выделяется чистый фтороводород, а в кубовом остатке находятся высококипящие примеси – H_2O , H_2SO_4 , HSO_3F и др.

Этот способ эффективен для очистки сырца HF с высоким содержанием фтороводорода и малым содержанием H_2O и H_2SO_4 . При обратной ректификации на первой стадии сырец фтороводорода подвергается ректификации для очистки от высококипящих примесей – H_2O , H_2SO_4 , HSO_3F . А на второй стадии происходит отделение фтороводорода от низкокипящих компонентов.

Схема обратной ректификации обладает преимуществами по сравнению с схемой прямой ректификации, где вначале удаляют низкокипящие примеси. По этой схеме обеспечивается высокое качество готовой продукции, возрастает прямой выход готового продукта в отделении ректификации, снижается нагрузка по фтороводороду на сернокислотную абсорбцию, что позволяет уменьшить безвозвратные потери фтороводорода.

Сюткин В.В., Карташов Е.Ю., Буйновский А.С., Шрайнер А.Э.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГАТУРЫ ND-FE С ДОННЫМ СЛИВОМ, ВНЕПЕЧНЫМ КАЛЬЦИЕТЕРМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: Waleron339@mail.ru*

Редкоземельные металлы (РЗМ) и различные изделия из них, на сегодняшний день используются во многих областях науки и техники, а также, находя свое применение в природоохранных, энергосберегающих и ядерных технологиях.

В данной работе, технология изготовления лигатуры Nd-Fe, будет использоваться в основном для производства магнитных материалов, используемых в изготовлении высокоэнергетических постоянных магнитов. Кроме того, данная технология может использоваться для изготовления слитков многих РЗМ, за исключением Sm, Eu и Yb, которые не восстанавливаются в слиток.

Устройство для металлотермического получения сплавов включает корпус, футерованный тигель со сливным каналом, пробкой, шлакоприемником и металлоприемником. При этом металлоприемник имеет объем, равный объему получаемого слитка, а пробка выполнена из материала сплава или легирующего компонента. Реактор снабжен линией вакуумирования и создания инертной среды. После инициирования кальциетермической реакции посредством нагрева спирали электрического запала продукты восстановительной плавки задерживаются за счет мембраны в верхнем тигле до полного разделения металлической и шлаковой фаз. Затем происходит расплавление мембраны и расплава сливается в изложницу. При этом происходит дополнительное перемешивание восстановленного металла, а за счет быстрого и направленного охлаждения в массивном кристаллизаторе слиток сплава приобретает характерную структуру с равномерным распределением компонентов. Полученная отливка имеет чистую и ровную поверхность, не нуждающуюся в дальнейшей пескоструйной обработке, что исключает образование отходов.

В настоящее время проводятся работы по восстановлению навыков работы с установкой, для получения лигатуры Nd-Fe. Кроме этого также проводятся исследования для внедрения вышеописанной технологии непосредственно в производство. В сравнении с ранее разработанной технологией, новый аппарат должен выдать лучшую частоту слитка, и уменьшить технологический процесс на одну ступень.

Сюткина Н.И., Карташов Е.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАГНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: no28062000@gmail.com*

В последнее время, в связи с быстрым развитием промышленности, возникла большая потребность в производстве высокоэффективных и безопасных способов получения фтора. Фтор является наиболее активным неметаллом и сильнейшим окислителем из всех известных нам элементов периодической системы, он реагирует почти со всеми химическими материалами. Фтор, как и его соединения, используется в различных областях промышленности.

В настоящее время существует несколько способов получения фтора. Они подразделяются на лабораторные и промышленные. В данной работе рассматривается промышленный электрохимический метод с использованием электролизера.

В это оборудование помещают расплав, отвечающий составу $KF \cdot 2HF$ и проводят электролиз при температуре около $100^\circ C$. Данный процесс получил название среднетемпературный или трифторидный.

Содержание фтороводорода в электролите может достигать 45 % мас. По мере убыли он добавляется в электролизер непрерывно или периодически. Применение различных по своему коррозионному воздействию электролитов обуславливает использование тех или иных конструкционных и электродных материалов.

Наиболее коррозионностойкими материалами во фторидной среде являются магниевые сплавы, а также никель и монель-металл.

В данной работе рассматривается коррозионная стойкость магния, как одного из перспективных конструкционных материалов. Его широкое применение в технике связано с относительно высокой прочностью и низкой плотностью, а также со способностью легко обрабатываться и хорошо свариваться. Среди конструкционных материалов он отличается самым электроотрицательным потенциалом, поэтому его часто применяют для изготовления протекторов.

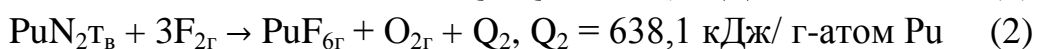
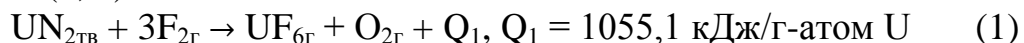
В настоящее время были проведены испытания магниевого сплава МА2 непосредственно в промышленном электролизере. При этом были проведены исследования его физико-механических свойств до и после испытания, рассчитаны скорость и проникаемость коррозии.

Шмаков М.А., Карташов Е.Ю.

ФТОРИДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО УРАН – ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА

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

В последнее время, в связи с быстрым развитием промышленности, возникла проблема по выявлению наиболее самых универсальных и безопасных способов переработки отработанного урана. Востребованность переработки исходит из того, что большое количество отработанного нитрида урана скапливается на складах сухого хранения. В основе фторидной технологии регенерации отработанного ядерного топлива лежит способность основных компонентов топливных композиций – урана и плутония – образовывать высшие фториды – гексафториды урана и плутония по реакциям (1, 2):



Эта технологическая схема переработки ОЯТ включает в себя следующие переделы: таблетки отработавшего топлива направляют в реактор фторирования обратным молекулярным фтором. В качестве реактора фторирования используют аппарат, изготовленный из нержавеющей стали, который изнутри покрыт тонкой плотной пленкой никеля. Реактор имеет ложное днище, на который насыпают стационарный слой таблеток топлива без их предварительного измельчения. Таблетки проходят стадию фторирования по реакциям, приведёнными выше, в результате чего фториды урана и плутония в газообразном виде улетучиваются и улавливаются в дальнейшем на установках десублимации. А непрофторированные остатки таблеток в виде осколочных элементов направляются на дальнейшую утилизацию и захоронение.

В настоящее время известно множество методов по переработке отработанного топлива: пирохимическая газофторидная технология, пиromеталлургическая переработка ОЯТ и т.д.

Все эти способы переработки ОЯТ имеют свои достоинства и недостатки. Если рассматривать в сравнении представленную газофторидную технологию, то она является весьма эффективной, универсальной и может быть применена для крупномасштабной переработки ОЯТ тепловых и быстрых реакторов.

Эйрих К.А., Карташов Е.Ю.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО ФТОРА

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

Среди многообразия химических элементов фтор значительно выделяется своей двоякостью. Этот элемент обладает уникальной реакционной способностью, активно взаимодействует практически со всеми веществами и в то же время его соединения характеризуются высокой химической стойкостью. Фтор является наиболее электроотрицательным, и именно этот факт позволяет уверенно предсказывать его влияние на свойства молекулы. Он – необходимый для здоровья человека элемент и одновременно чрезвычайно токсичное вещество.

Фтор и его соединения имеют широкое применение в различных областях промышленности и производства. В связи с этим возникает проблема по выявлению наиболее универсальных и безопасных способов производства фтора. На данный момент существует множество методов по производству фтора один из самых экономически выгодных электролизный, но особенности и специфика этого процесса связана с исключительно его высокой реакционной способностью.

Сам процесс получения фтора складывается из нескольких основных стадий: прием и испарение фтороводорода, приготовление электролита, насыщение электролизеров, получение фтора путем электролиза, транспортировка фтора потребителям. Технологическая схема производства фтора включает: подготовку фтористого водорода и электролита, электролиз, очистку электролизных газов, полученных при электролизе, хранение и транспортировку фтора.

Из анализа технологии фтора следует, что электролиз является важнейшим процессом в технологической цепочке. Процесс всё чаще выполняется в среднетемпературном электролизёре, который рассчитан на суммарную токовую нагрузку 10, 20 кА. В качестве расплава используется расплав кислого фторида калия, который образуется при насыщении фтороводородом до содержания 40-41% мас. фтороводорода, а сам электролиз осуществляется при температурах приближенных к 100 °С.

Для лучшего понимания процесса была разработана аппаратурно-технологическая схема, которая наиболее подробно будет представлена в докладе.

Эйрих К.А., Софронов В.Л.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИКЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА

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

Среди многообразия различных элементов периодической системы Д.И. Менделеева фтор занимает особое место. Фтор – химически активный неметалл, легкий галоген, который представляет собой бледно-жёлтый газ с резким запахом, является агрессивным и ядовитым. Мировой рынок фтора и его соединений стремительно развивается вследствие широкого потребления в различных областях промышленности.

В промышленности фтор в основном получают путем среднетемпературного электролиза (СТЭ). В качестве электролита используют расплав бифторида калия, который насыщают фтороводородом до содержания 40-41 % мас., электролиз проводят при температурах 80-100 °С.

В качестве основного конструкционного материала для изготовления корпуса СТЭ используется углеродистая сталь, которая подвергается в процессе эксплуатации коррозии. Основной причиной такого поведения служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. При необходимости увеличения срока службы корпуса аппарата сталь следует заменить на более стойкие материалы.

В связи с этим возникает проблема по исследованию коррозионной стойкости свойств основных используемых и перспективных для применения в технологии получения фтора конструкционных материалов. Именно к таким материалам относится никель, который представляет собой пластичный, ковкий, переходный металл серебристо-белого цвета, при обычных температурах на воздухе он покрывается тонкой пленкой оксида.

В докладе будут представлены результаты исследований коррозионной стойкости никеля марки НП2 в условиях получения фтора методом СТЭ. Анализы опытных образцов до и после коррозионных испытаний проводили различными методами - весовыми, металлографическими, физико-химическими и физико-механическими.

*Секция
Моделирование и информатизация технологий и
объектов атомной отрасли*

Адонин Н.Р.

ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

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

Обеспечение высокого уровня коммуникации в среде промышленно-производственного персонала есть неотъемлемый этап информатизации объектов атомной отрасли. Надежные средства оперативного доступа уполномоченного персонала к новейшим производственным сведениям, получаемым работниками, повышают эффективность взаимодействия, позволяя в т.ч. предотвратить скорейшее развитие аварий. При этом организация беспроводной связи на предприятиях часто невозможна из-за режимных или физических ограничений, а существующие проводные переговорные комплексы либо не учитывают производственных реалий: шум, большие э/м помехи, специфический микроклимат и проч. (КПО-5, СПИКЕР-5), – либо непомерно сложны и дороги (КПТС3-05, П-408 «Крапива»).

Настоящая работа представляет проводную систему громкоговорящей полудуплексной связи, состоящую из одного центрального (ЦУ) и до восьми абонентских (АУ) устройств, размещаемых на расстоянии до 1 км по топологии «звезда». Система может связывать произвольные комбинации абонентских устройств с центральным и между собой. Связь осуществляется в принудительном порядке со стороны ЦУ с возможностью АУ независимо отправлять запрос на соединение с ним (вызов) со свето- и звукоиндикацией. За основу взята схема, предложенная в [1], с передачей окончательно усиленного электроакустического сигнала в качестве линейного, в значительной степени усовершенствованная. Примененный комплекс схемотехнических решений с широким внедрением принципа универсальности позволил нивелировать издержки передачи сигнала высокого уровня и достичь большой акустической мощности, помехоустойчивости, простоты конструкции, надежности, удобства, дешевизны и энергоэффективности при сохранении функциональности.

Создан полноценный прототип системы с шестью АУ, комплексные испытания которого доказали работоспособность и обоснованность всех решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Векленко Г.А. Громкоговорящая связь по кабелям компьютерной сети/ Г.А. Векленко; под ред. А. Долгого // Радио. — 2004. — №10. — С. 41–42.

Арестов М.О., Иванов М.Л.

АВТОМАТИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ САР ЗАМКНУТОГО ТИПА

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

Производственная система Росатома ориентирована на бережливое производство и систему непрерывного совершенствования процессов для повышения качества продукции. Большинство производственных площадок работает в непрерывном режиме, поэтому задачи модернизации промышленных объектов и улучшения технологических процессов усложняются. Трудно прогнозируемое изменение динамических характеристик промышленных объектов в процессе их функционирования вызывают интерес к разработке и внедрению методов идентификации объекта управления [1].

Долгое время актуальной считалась идентификация именно в разомкнутом контуре управления. Как говорилось ранее, размыкание контура часто оказывается невозможным из-за непрерывного режима работы промышленного объекта. Если удастся получить разомкнутый контур, то в этом случае нарушается нормальный режим работы технологического процесса. Вследствие этого более точной и предпочтительной считается идентификация в замкнутом контуре управления, путем активных методов [2].

Основной задачей идентификации является определение передаточной функции объекта управления, в которую входит: постоянная времени, время запаздывания, коэффициент передачи. Передаточная функция проходит проверку адекватности и определяется точность полученной модели. Если результат проверки неудовлетворительный, требуется произвести перерасчет передаточной функции – этот процесс трудоемкий и для его реализации требовался переход от ручного метода к автоматическому. Данный подход позволил сэкономить не только время решаемой задачи, но и повысить точность полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криницын Н. С. Автоматизированная система управления технологическими процессами производства гексафторида урана: дис. канд. техн. наук: 05.13.06. – Томск, 2015, 181 с.
2. Репин А.И., Смирнов Н.И., Сабанин В.Р. Идентификация и адаптация САР с использованием эволюционных алгоритмов оптимизации // Промышленные АСУ и контроллеры №3, 2008, изд. "НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ", с. 31-35.

Астахов Д.С., Шваб А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ

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

Фундаментальные исследования в области математического моделирования необходимы для производства высококачественных технологий в атомной и химической промышленности, которые позволяют оптимизировать и прогнозировать параметры технологических процессов. В настоящей работе представлен теплоперенос и динамика высококонцентрированной гранулированной среды в плоском двухмерном канале с препятствием. Процесс смешения представлен для одинаковых по механическим свойствам сред, подаваемых в канал в различных пропорциях и отличающиеся только цветом. Для описания данного процесса использовалась ньютоновская модель сплошной среды, с условиями частичного скольжения среды на стенках и которая, в сравнении с экспериментом [1], показала приемлемый результат. Моделирование ньютоновской среды проводилось на основе уравнений переноса импульса, вещества и уравнения неразрывности. Численное решение системы уравнений проводилось в физических переменных «скорость-давление» на основе метода физического расщепления полей скорости и давления на разнесенной разностной сетке с использованием метода контрольного объема [2].

В результате численного решения получены распределения составляющих вектора скорости, концентрации и температуры в исследуемой области, а также закономерности распределения коэффициента неоднородности смеси. Показано также влияние режимных и геометрических данных на эффективность процесса смешения и неоднородности поля температуры. Достоверность полученных результатов подтверждалась сравнением с данными аналитических решений, а также с экспериментальными данными [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ширко И.В. Механика гранулированных сред. Теория быстрых движений. – М.: МИР, 1985. – с. 230.
2. Shvab A.V., Evseev N.S. Modeling the process of particle fractionation in a pneumatic centrifugal apparatus. – J. Engineering Physics and Thermophysics, V.89, N 4, 2016. – p. 829-839.

Гладченко Д.М., Шваб А.В.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ ПРИ ФТОРИРОВАНИИ ВОЛЬФРАМА

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

Перспективной технологией возврата вольфрама в производство служит процесс газофазного восстановления гексафторида вольфрама водородом. Реализация такой технологии возможна на использовании отходов металлического вольфрама, при этом решается очень важная практическая задача – утилизация отходов вольфрама.

В работе рассматривается физико-математическая постановка задачи расчета аэродинамики и тепломассопереноса с учетом химической гетерогенной реакции в рабочей зоне химического реактора, который имеет форму коаксиального цилиндрического канала с вращающимся внутренним стержнем. Моделирование процесса фторирования металлического вольфрама проводится на основе полной системы несжимаемых уравнений Навье-Стокса, уравнений переноса теплоты, вещества и неразрывности. При этом плотность смеси считается функцией концентрации, а изменение плотности и температуры на перенос импульса учитывается на основании приближения Буссинеска [1].

Численное решение задачи проводилось с применением метода расщепления полей скорости и давления с использованием неявной обобщенной схемы переменных направлений в «дельта» форме. Конвективные и диффузионные слагаемые расписывались конечно-разностными формулами с помощью экспоненциальной схемы.

Результаты численного решения задачи показали существенную зависимость эффективности получения гексафторида вольфрама от влияния вынужденной и свободной тепловой и концентрационной конвекции. Достоверность полученных результатов решения подтверждалась тестовыми исследованиями и сравнением с данными известных аналитических зависимостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб А.В., Брендаков Р.В., Порохнин А.Ю. Моделирование процесса фторирования металлического вольфрама. // Вестник Том. ун-та. Математика и механика. 2018. № 53, С.116-129.

Киреев А.Д., Иванов К.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПУЛЬСАЦИОННОЙ ЭКСТРАКЦИОННОЙ КОЛОННЫ

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

В работе реализовано численное моделирование течения двухфазного потока в рабочей зоне пульсационной экстракционной колонны. Результаты, полученные в данной работе, можно использовать в практической работе аппарата.

В работе рассматривается модель процесса экстракции в системе жидкость – жидкость на основе простых эмпирических соотношений между составами равновесных фаз. В дисперсной фазе процесс массоотдачи в значительной степени зависит от такого параметра как диаметр капли. В зависимости от получаемого диаметра капли можно использовать несколько формул для вычисления коэффициента массоотдачи по дисперсной фазе.

Второй подход подразумевает собой численное решение дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными в физических переменных: скорость, концентрация. Процесс экстракции в системе жидкость – жидкость во многом определяется структурой потока. В работе, для описания реальной структуры потока, выбрана, широко применяемая в аппаратах такого типа, диффузионная модель с коэффициентом продольного перемешивания.

Данную модель можно использовать для оценки основных параметров процесса экстракции в системе жидкость – жидкость, а также выполнить численное исследование на основе диффузионной модели структуры потока.

Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию полученной модели для задач синтеза систем управления. Полученные данные можно учитывать при оценке стабильности и безопасности работы существующих пульсационных экстракционных колонн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов С.А., Брендаков В.Н., Иванов К.А., Журавлев А.А. Математическая модель пульсационной экстракционной колонны / С. А. Карпов, В. Н. Брендаков, К. А. Иванов, А. А. Журавлев // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2021. – Т. 10. – № 2. – С. 168-175. – DOI 10.1134/S2304487X21020061.

Кропачев Е.В., Брендаков В.Н.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРА В СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ

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

В современной ядерной технологии с помощью фтора получают один из основных её продуктов – гексафторид урана. 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 , наиболее распространенные конструкции промышленных среднетемпературных электролизеров работают при плотности тока на анодах 0,1-0,2 А/см². При электролизе происходит превращение электрической энергии в химическую. Электролиз подчиняется законам Фарадея и уравнениям кинетики электродных процессов [1].

Получение фтора – физически энергоемкий и дорогостоящий процесс, что затрудняет проведение объемных экспериментальных исследований. В связи с этим общепризнанной мировой практикой является разработка математических моделей в области совершенствования конструкции и технологии фторных электролизеров. Адекватный расчет, дающий детализированное представление о подробностях процесса, является одним из первостепенных условий экономически эффективного производства [2].

В ранее проведенных работах отсутствует полный системный учет достоверных экспериментальных данных при производстве фтора, которые могли бы лечь в основу разрабатываемых моделей. Для усовершенствования конструкции и режимов работы среднетемпературных электролизеров рекомендуется: рассмотреть вопрос подачи жидкого фтороводорода в электролизер для точного дозирования его количества; провести испытания по снижению высоты коксовой пластины на 25%, что позволит снизить коррозию медного токоподвода и разрушение коксовой пластины; рассмотреть вопрос пульсационного перемешивания электролита с импульсом, приводящим к изменению уровня электролита примерно $\pm (5-10)$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин Н.П., Крутиков А.Б. Технология фтора. –М.: Атомиздат, 1968.–188 с.
2. Будилов И.Н., Лукашук Ю.В. Моделирование магнитогидродинамических процессов в промышленных электролизерах с помощью ANSYS // ANSYS Solutions. Русская редакция. – 2007, №6. – С. 13-17.

Мусин С.В., Шваб А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ СРЕДЫ НА ОТРЫВНОЕ ТЕЧЕНИЕ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ

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

Течения обычных, маловязких и неньютоновских сред широко распространены в атомной, химической промышленности и в других областях современной техники. Важной задачей при движении неизотермической среды в каналах является определение сопротивления трения, которое зависит как от реологических параметров движущейся среды, так и свободной и вынужденной конвекции в силу наличия неравномерности поля температуры.

В качестве теплового носителя используются как обычные маловязкие жидкости, так и различные смеси, характеризующиеся поведением неньютоновской природы. Настоящая работа посвящена моделированию теплопереноса такой среды для случая обтекания нагретого тела, расположенного в плоском канале, за которым, как правило, образуется циркуляционная область. Для описания динамики и теплопереноса течения маловязкой и неньютоновской жидкости используется известная модель «степенной жидкости» [1]. Решение данной задачи проводилось с помощью полных уравнений переноса импульса, теплоты и уравнения неразрывности с учетом термической подъемной силы, которая записывается на основе приближения Буссинеска. Численное решение полученной системы уравнений проводилось в переменных «скорость-давление» на основе метода физического расщепления полей скорости и давления на разнесенной разностной сетке с использованием метода контрольного объема [2].

Проведенные многочисленные параметрические расчеты показали возможность получения оптимального режима теплопереноса. Достоверность полученных численных решений подтверждалась тестовыми исследованиями, а также сравнением с результатами известных аналитических решений для частных случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульман З.П. Конвективный теплоперенос реологически сложных жидкостей. – М.: Энергия, 1975. – 351с.
2. Shvab A.V., D'yakov E.A. Simulation of hydrodynamics and heat transfer of a granulated medium in a circular bunker // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2019. T. 92. № 5. С. 1330-1337.

Правосуд С.С.¹, Мазуров Д.С.²

ОЦЕНКА ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА СО СРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

¹АНО ДПО Техническая академия Росатома,
249031, г. Обнинск, Калужской обл., ул. Курчатова, 21,
²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: ds.masurov@gmail.com

В рамках данного проекта была описана модель динамики ядерного реактора (ЯР). В её основе лежит система уравнений точечной кинетики, описывающая временное поведение плотности нейтронов в «точечном» приближении при изменении реактивности в реакторе с учетом запаздывающих нейтронов, дополненная обратными связями по температуре топлива, замедлителя и теплоносителя.

Также в этой модели осуществляется предположение, что температурные коэффициенты реактивности (ТКР) претерпевают малые изменения при малых изменениях температуры, а следовательно, осуществляется упрощенный подход к их оценке.

Система уравнений в модели линеаризуется, для нее составляется определитель Гурвица, а затем методом Лъенара-Шипара составляется необходимое и достаточное условие устойчивости системы, по которому формируется область устойчивости модели по ТКР.

Графическое представление описанной модели было выполнено в виде самостоятельного приложения на языке Python.

Полученный результат позволяет осуществлять такие действия как: построение графического представления области устойчивости описанной модели исходя из заданных АЗ параметров, отображение на нем пользовательских значений и ТКР и индикация их в соответствии с принадлежностью к области устойчивости, перерасчет этих значений на основе визуального анализа модели с целью создания условий удовлетворяющих области устойчивости.

Было проведено тестовое моделирование на параметрах ВВЭР-1000, которое позволило заключить, что данная модель может быть основанием для синтеза САР, адаптивной к отклонениям параметров установки и занимающейся постоянным мониторингом значений ТКР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумов В.И., Смирнов В.Е. Моделирование нестационарных и аварийных процессов в ядерных энергетических установках. – М.: МИФИ, 2007. – 104 с.

Попова К.Е., Носков М.Д.

ВЛИЯНИЕ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ЗАКИСЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО БЛОКА

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

В настоящее время скважинное подземное выщелачивание (СПВ) является широко распространенным способом добычи урана. Закисление представляет собой одну из трех стадий технологического этапа отработки эксплуатационного блока методом СПВ. Под закислением рудной залежи понимают процесс подачи в рудовмещающий горизонт рабочих растворов с целью изменения его геохимического состояния и обеспечения условий перехода урана в раствор.

В данной работе рассматривалась эффективность опережающего закисления рудной залежи при отработке блока способом скважинного подземного выщелачивания. Исследование проводилось методом математического моделирования с помощью горно-геологической информационной системы «Курс» [1,2]. Моделирование выполнялось для рядной схемы вскрытия рудного тела с однородным распределением продуктивности. В первом варианте отработка блока проводилась без опережающего закисления. В последующих расчетах закисление проводилось с различной продолжительностью - от 1 до 4 месяцев. На стадии опережающего закисления нагнетательные скважины не работали, а в откачные скважины подавался выщелачивающий раствор. Расчёты проводились до момента 80% извлечения исходного запаса урана.

Результаты математического моделирования показали, что применение опережающего закисления приводит к увеличению темпа извлечения урана на начальной стадии отработки блока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова И.Д., Бабкин А.С., Воронцова О.М., Гладышев А.В., Душина И.К., Иванов А.Г., Камнев Е.Н., Карамушка В.П., Латышев Е.В., Морозов А.А., Носков М.Д. и др. Геотехнология урана (российский опыт): монография – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2017. – 576 с.
2. Носков М.Д., Гуцул М.В., Истомина А.Д. и др. Применение математического моделирования для решения геотехнологических и экологических задач при добыче урана способом подземного выщелачивания. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012. – №7, С.361-366.

Сербин А.В., Гуцул М.В., Носков М.Д.

ВИТРИНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*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. Экономическая эффективность предприятия напрямую зависят от выполнения плановых показателей. В связи с этим актуальной задачей является проведение план-фактного анализа – сравнения плановых и фактических значений технологических показателей работы предприятия на определенную дату или за период (месяц/год) с последующим выявлением отклонений. Для оперативного проведения план-фактного анализа целесообразно использовать специализированную витрину данных.

В работе представлена витрина данных, отображающая плановые и фактические значения технологических показателей в разрезе предприятия, залежи, участка, блока. Рассматриваемые технологические показатели: добыча урана в продуктивном растворе, объем продуктивного раствора, содержание урана в продуктивном растворе, выпуск готовой продукции и т.д. Также витрина данных отображает отклонения фактических показателей от допустимого интервала, формируемого относительно плановых показателей.

Витрина технологических данных реализована в виде специализированного программного обеспечения (ПО) под управлением семейства операционных систем Windows. ПО написано на языке программирования C++ в среде разработки Embarcadero RAD Studio 10.2 с использованием принципов объектно-ориентированного программирования (ООП). Пользовательский интерфейс ПО оформлен в «плиточном» стиле с возможностью применения функционала интерактивной панели. В исходном коде ПО реализованы загрузка плановых и фактических показателей технологических объектов предприятия из баз данных с помощью SQL-запросов, расчет отклонений фактических показателей от плановых и их графическая визуализация на интерфейсе ПО.

Использование витрины данных позволяет обеспечить актуальной информацией и освободить руководящий состав от рутинной работы при проведении план-фактного анализа.

Соломаха А.Е., Шваб А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ КЛАССИФИКАТОРЕ

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

Для повышения эффективности классификации порошковых материалов проводится множество фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований в области двухфазных закрученных течений с точки зрения процессов сепарации мелкодисперсных порошков. Поэтому в настоящее время является актуальным исследование, касающиеся вопросов аэродинамики закрученных течений, которые применяются в сепарации, седиментации и классификации порошковых материалов по размерам в воздушно-центробежных классификаторах в химической промышленности.

В настоящей работе представлено сравнение аэродинамики турбулентного потока в классификационной камере оригинального воздушно-центробежного аппарата и модифицированного аналогичного центробежного аппарата с симметрично расположенным подводом газа без частиц для устранения образовавшихся отрывных зон и создания более однородного распределения потока в области аппарата, что способствует большей эффективности процесса фракционного разделения частиц [1]. Аэродинамика в рабочей области классификатора описывалась системой уравнений Рейнольдса, которые замыкались с помощью известной турбулентной моделью $k-\omega$. Численное решение задачи проводилось в переменных «скорость-давление» на основе метода физического расщепления полей скорости и давления на разнесенной разностной сетке с использованием метода контрольного объема.

Результаты исследования показали более однородное распределение турбулентного потока в сепарационной области центробежного классификатора для модифицированной геометрии рабочей зоны. Отсутствие циркуляционных зон позволяет прогнозировать увеличение эффективности классификации частиц и уменьшить влияние хаотичного поведения частиц вблизи граничного размера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб А.В., Соломаха А.Е. Численное моделирование аэродинамики воздушно-центробежного классификатора. «Изв. высш.уч.завед. Физика». 2021. – с. 155-161.

Стрельников С.М.^{1,2}, Иванов К.А.¹, Бугрина В.С.²

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА СТЭ-20

¹*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,*
²*АО "СХК", 636039, г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, д. 1,
e-mail: saimonst97@mail.ru, KAIvanov@mephi.ru*

Процесс моделирования технологии получения фтора, с точки зрения физикохимических процессов, протекающих в электролизёре, представляет собой сложную проблему. Без хорошо поставленного эксперимента и качественной интерпретации полученных данных создание адекватной модели для дальнейших исследований крайне проблематично. В этой связи, создание адекватной модели среднетемпературного электролизера СТЭ-20, на основе актуальных эмпирических данных является важной задачей.

Наиболее важной задачей при создании адекватной модели является учёт основных технологических зависимостей, влияющих на конечный результат получения фтора. Основу технологической схемы производства фтора составляют электролизеры СТЭ-20, что делает технологические процессы, протекающие в них, ключевыми для моделирования [1].

На основе анализа комплекса знаний об электролизерах, а также требований к модели, были сформулированы основные зависимости, влияющие на количество получаемого фтора: переменные, связанные с электрохимией процесса электролиза, сила электрического тока, пропускаемого через электроды электролизера, количество безводного фтористого водорода в электролите, а также термодинамические процессы, проходящие в СТЭ-20 связанные с температурными режимами.

Результатом проведённых исследований стало получение модели среднетемпературного электролизера СТЭ-20 в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных.

Для дальнейших исследований в рамках задачи оптимизации автоматических режимов работы СТЭ-20 требуется создание упрощенной модели в виде системы ОЛДУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянин А.В., Нагайцева О.В., Ливенцова Н.В., Ливенцов С.Н. Разработка модели теплового процесса электролизера для тренажера оператора АСУ ТП производства фтора. Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 315. № 4.

Турубаев Р.Р., Шваб А.В.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ СТРУЙНОГО ЗАКРУЧЕННОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
e-mail: roma.turubaev@gmail.com*

В настоящее время аэро- и гидродинамика закрученных потоков является одним из перспективных и интенсивно развивающихся направлений науки. На основных закономерностях закрученных потоков базируются такие отрасли как авиация, химическая технология, энергетика и энергомашиностроение, атомная промышленность и многое другое [1-3]. В работе рассматривается численное моделирование аэродинамики струйного закрученного турбулентного газового потока в вихревой камере. Геометрия вихревой камеры является оригинальной и может применяться для процессов сепарации или классификации частиц.

Динамика закрученного турбулентного течения в вихревой камере записывалась на основе системы уравнений Рейнольдса, которые замыкались с помощью известной турбулентной моделью $k-\omega$. Численное решение задачи проводилось в переменных «скорость-давление» на основе метода физического расщепления полей скорости и давления на разнесенной разностной сетке с использованием метода контрольного объема. По результатам проведенного численного исследования была выявлены режимные и геометрические параметры, способствующие формированию наиболее перспективной картины турбулентного закрученного течения и, как следствие, более эффективному фракционному разделению частиц по размерам в предлагаемой новой геометрии вихревой камеры. Достоверность численного исследования подтверждается тестовыми исследованиями и сравнением численного расчета с опытными данными.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90135

ЛИТЕРАТУРА

1. Scagliarini A., Einarsson H., Gylfason A., Toschi F. Law of the wall in an unstably stratified turbulent channel flow // J. Fluid Mech. 2015. V. 781. R5.
2. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Течения и теплообмен в каналах и вращающихся полостях. - М.: Физмалит, 2010. -364 с.
3. Шваб А.В., Турубаев Р.Р. Моделирование аэродинамики закрученного турбулентного течения в центробежном аппарате // Теор. основы хим. техн. 2019. Т.53. №2. С. 196-204

Якубов Я.О., Носков М.Д. Сербин А.В.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК НАСОСНОГО АГРЕГАТА ОТКАЧНОЙ СКВАЖИНЫ ПОЛИГОНА СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

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

Одним из основных методов добычи урана на данный момент является скважинное подземное выщелачивание (СПВ). Важную роль в процессе СПВ играют технологические откачные скважины, осуществляющие подъем продуктивного раствора. Каждая откачная скважина оборудована насосным агрегатом (НА), состоящим из насоса и электродвигателя. НА работают в сложных условиях, обусловленных химически-агрессивной средой и кольматацией порового пространства прифильтровой зоны скважин. Важными задачами для предприятий являются: обеспечение длительной бесперебойной работы НА, контроль состояния и статуса НА, прогнозирование ожидаемого выхода из строя и проведения планово-предупредительного ремонта (ППР) НА. Для информационного обеспечения персонала, ответственного за управление парком НА, целесообразно использовать технологию цифрового двойника.

Цифровой двойник (ЦД) НА – совокупность разнородной структурированной информации о его физическом аналоге, включающая в себя технические характеристики, данные по эксплуатации, данные о работе двигателя и насоса за весь период работы, историю проведения ППР, математическую модель НА. Технические характеристики: мощность, напор, подача, габариты, масса, КПД. Данные по эксплуатации: список откачных скважин, на которых установлен НА, количество срабатываний защиты от сухого хода НА, часы наработки, состояние парка НА на текущий момент времени. Данные о работе двигателя: температура, выходные мощность и ток, скорость вращения, напряжение, электромагнитный момент, момент нагрузки. История проведения ППР: дата и тип работ. Математическая модель НА: система уравнений связывающих входные характеристики НА (напряжение, частота вращения и др.) с выходными (напор, производительность, КПД и др.).

ЦД НА может быть применен для оптимизации управления насосным парком (НП), анализа состояния НП, определения необходимых объемов закупок, организации ППР, прогнозирования неисправностей, определения оптимальных режимов работы НА.

*Секция
Тезисы на английском языке*

Arestov M.O., Ivanov K.A., Lokhtina L.N., Kazantseva T.Yu.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM WITH INTERSTAGE CAPACITY TO PRODUCE SULFATE HYDROXYLAMINE

*Seversk Technological Institute
National Research Nuclear University "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: m.arteson@yandex.ru*

Carrying out the research, an automated control system with interstage capacity to produce sulfate hydroxylamine was designed.

A three-level architecture of the system was developed, and the required complex of automation equipment was selected. When choosing devices and automation tools, the operating facilities, the limit values and the range of process parameters, the requirements to check procedure accuracy and regulation, speed and reliability were considered.

The UMICON – RS100 controller was taken for automatic control. For the sensors, the following auxiliary equipment: the analog signal input module "AI100", the discrete signal input module "DU102" and "MV100" enabled an analog signal to convert into a signal to transmit to the controller over the RS-485 network, was chosen. The controller sends information to the upper level in the SCADA system to display all parameters on the automated workplace (ARM).

The level control circuit with interstage capacity at 50% from the capacity height was calculated. A stable circuit with the speed of 5.44 seconds and an overshoot of 3.5% was obtained.

The introduction of automated process control systems makes it possible to carry out the technical process most effectively, as well as to provide adjacent and higher-level control systems with the required information resulted in improving the technical and economic manufacturing parameters.

REFERENCES

1. Architecture of the automated system [electronic resource]: - access mode: http://www.bookasutp.ru/Chapter1_0.aspx#DifferentArchitecture
2. Khazarov V.G. Integrated process control systems. - St. Petersburg: Profession, 2009. - 592 p.

Bokareva K.R., Lyalin A.V., Valeeva E.V.

RADIATION CONTROL SYSTEM INSIDE THE PLANT

*Seversk Technological Institute NRNU MEPhI,
65, Kommunistichesky Prospect, Seversk, Tomsk region, 636036
e-mail: kristina_bokareva@list.ru*

Safety radiation monitoring is the monitoring of compliance with radiation safety standards and basic rules for working with radioactive substances and sources of ionizing radiation, as well as obtaining information about the radiation situation at a radiation hazardous facility, in the environment and the levels of human exposure.

The main tasks of radiation safety monitoring is measuring of: the power dose of gamma radiation, flux density of alpha, beta and neutron radiation, volumetric activity of radioactive aerosols, volumetric activity of radioactive gases and vapors in working rooms and emissions, and volumetric activity of radionuclides in liquid.

The purpose of this work is to develop a radiation monitoring system that meets the requirements of both major challenges and international standards.

The results of the safety radiation monitoring are used for assessment of radiation situations, setting up the boundary levels of radiation, developing the emergency assessment and response system to reduce the high-level-dose, and the assessment of their effectiveness.

In the process of performing this work, all the necessary equipment was selected and all safety requirements were taken into account. At the moment, software development is underway. The system is built on the basis of the existing Pelican radiation monitoring system.

REFERENCES

1. Vladimirov V.A., Izmalkov V.I., Izmalkov A.V. Radiation and chemical safety of the population/Monograph/ V.A. Vladimirov, V.I. Izmalkov, A.V. Izmalkov; Russian Emergency Situations Ministry. – M.:Delovoy express, 2005. – 544 p.
2. Klyuev V.V., Sosnin F.R. Non-destructive testing. Reference book of 8 parts.
3. MU 2.6.5.008-2016 Nuclear energy and industry. Radiation monitoring. General requirements.

Chugaeva T.S., Lyalin A.V., Valeeva E.V.

AUTOMATED MEASUREMENT AND SAMPLING SYSTEM

*Seversky Technological Institute of NIYAU MEPHI,
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: chuhaevats@yandex.ru*

The automated system of measurement and sampling makes it possible to overcome the difficulties associated with the use of standard laboratory devices, namely: pipettes and syringes.

At the initial stage, a mnemonic diagram of this system is created and programmed in order to understand how the system will work in production conditions. The technical means of the automated system include: a sampling and dilution system that takes samples from containers, lines with subsequent dilution with a given ratio, analytical instruments with remote measuring cells for sample analysis. The diluted sample enters an intermediate container with a stirring device turned on. After mixing the sample, the measuring cell is filled and the measurement mode of an X-ray spectrometer, a photospectrometer or a tetrator is switched on, at the end of which the measurement result is transmitted to the upper level and the measured sample is drained into a container with liquid radioactive waste (LRW) and subsequent flushing of the intermediate container and the measuring cell.

This system is being created for a pilot demonstration energy complex such as fuel and energy complex. The benefit of this work is to increase accuracy and reproducibility, while reducing the burden on staff. It is planned to put the system into operation in the near future.

REFERENCES

1. Development of a system for automatic sampling of radioactive solutions under UTM conditions. Scientific and technical report: Reg. No. 03 / 09-14 / LLC "Sensor" - Gatchina, 2014, - 40 p.

Durnev R.G., Kazantseva T.Y.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE EVAPORATION PLANT

*Seversk Technological Institute
National Research Nuclear University “MEPhI”,
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: r-durnev@mail.ru*

Production automation is a process in which control and monitoring functions are transferred to apparatus and automatic devices. The work will present the development of an automated control system for the evaporation plant.

The evaporator is designed to concentrate various solutions of mineral salts, chemical and pharmaceutical liquid products, rinsing water and working solutions at the enterprises of various industries.

By nature the flow of technological processes, control objects are divided into cyclic, continuous-cyclic and continuous. Local systems are most widely used to manage objects of the last two types.

The lower level of the APCS is represented by different sensors and actuators. The middle level consists of programmed logic controllers. It just receives field data and issues control commands to the lower level. The control in the PLC is carried out according to the previously developed algorithm. The top level is a visualization, dispatching and data collection one. At this level, a person is involved, i.e. an operator. The operator controls the distributed system of machines, mechanisms and units, and it is called SCADA.

Modern industry is a complex of enterprises requiring a novel approach to the development of automated systems. To develop the systems, a set of measures is required, presented in the work.

REFERENCES

1. Automation of technological processes [electronic resource] - access mode: <https://studwood.ru/2112722/informatika/vvedenie>
2. ESVA - vacuum evaporators with water vapor recompression [electronic resource] - access mode: <http://zaobmt.com/index.php/industryequipmentlm/144evaporator.html>
3. Classification of industrial management facilities [electronic resource] - access mode: <https://gigabaza.ru/doc/79842.html>

Eirich K.A., Kartashov E. Y., Kineva T.A.

INSTALLATION FOR ELEMENTARY FLUORINE PRODUCTION

*Seversk Technological Institute NRNU MEPhI,
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: kristina.ejrix.00@mail.ru*

Among the variety of chemical elements, fluorine stands out significantly for its ambiguity. This element has a unique reactivity; it interacts actively with almost all substances and at the same time its compounds are characterized by high chemical resistance. Fluorine is the most electronegative element, and it is the fact that allows us to predict its effect on the properties of the molecule confidently. Fluorine is an element which is necessary for human health and at the same time it is an extremely toxic substance.

Fluorine and its compounds are widely used in various fields of industry and production. In this regard, there is a problem of identifying the most universal and safe methods of fluorine production. At present, there are many methods for fluorine production, one of the most cost-effective being electrolysis, but the features and specifics of this process are associated with its exceptionally high reactivity.

The process of obtaining fluorine consists of several main stages: intake and evaporation of hydrogen fluoride, preparation of electrolyte, saturation of electrolyzers, obtaining fluorine by electrolysis, transportation of fluorine to consumers. The technological scheme of fluorine production includes: preparation of hydrogen fluoride and electrolyte, electrolysis, purification of electrolysis gases obtained during electrolysis, storage and transportation of fluorine.

The analysis of fluorine technology shows that electrolysis is the most important process in the technological chain. The process is frequently carried out in a medium-temperature electrolyzer, which is designed for a total current load of 10-20 kA. As an electrolyte, a melt of acidic potassium fluoride is used, which is formed when saturated with 40-41 wt.% hydrogen fluoride, and the electrolysis itself is carried out at temperatures close to 100.

For a better understanding of the process, a hardware and technological scheme has been developed, which will be presented in detail in the report.

Eirich K.A., Kineva T.A., Filippova N.A.

INVESTMENTS IN NUCLEAR INDUSTRY

*Seversk Technological Institute of NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,
e-mail: kristina.ejrix.00@mail.ru*

Until recently, there was rapid development of nuclear industry and energy, which are an integral part of our future, but border closures, self-isolation, the coronavirus pandemic, the suspension of entire sectors of the economy have delivered a huge blow to nuclear industry. Nevertheless, experts identify renewable energy sources which are competitive even during the pandemic and may have a key role to play when demand is restored.

According to the International Energy Agency forecast, investments in renewable energy in 2021 will probably amount to \$281 billion (in 2020 prices) against \$311 billion a year earlier. Moreover, the most significant drop will affect the solar energy sector, where investment is projected to decrease by 21% at once – from \$137 billion in 2020 to \$108 billion this year. The situation in wind energy is expected to be noticeably better: \$97 billion investments this year instead of \$99 billion a year ago. \$111 billion will be invested in fossil fuel energy against \$130 billion in 2020, and \$35 billion against \$39 billion in nuclear energy, respectively. Investments in development of electric grids will also decrease – from \$273 billion in 2020 to \$248 billion in 2021. If we consider a specific example, the main directions in the investment program of «Rosenergoatom Concern» JSC are the following: investment projects to extend the operational life of power units of the first and second generations (4803.38 million rubles in 2020, and 4807.71 million rubles in 2021), investment projects at facilities for the management of irradiated nuclear fuel and radioactive waste (1378.33 million rubles in 2020, 1309.18 million rubles in 2021).

Experts are confident that even in a pandemic situation, nuclear industry can benefit from certain advantages, for example, by investing in fossil fuel energy. Relative fuel independence allows nuclear power plants to operate in an isolated mode for a long time, whereas thermal power plants require constant supplies of coal and gas. Under conditions of the pandemic and constant risks of border closures, nuclear power industry has undoubtedly an advantageous position.

Filonova A.A., Valeeva E.V., Gutsul M.V., Kesler A.G., Noskov M.D.

**INFLUENCE OF CHANGE IN RUNNING WELLS RATES ON THE
EFFICIENCY OF OPERATION UNIT WITH A WELL
UNDERGROUND LEACHING URANIUM**

*Seversk Technological Institute NRNU MEPhI,
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: Alina1901Filonova1901@gmail.com*

In borehole in situ leaching, uranium is mined through a system of pumping and injection wells combined into production blocks. To ensure the efficiency of uranium extraction, it is necessary to maintain a balance of pumping and pumping solutions not only in the block as a whole, but also in individual process cells. In this work, using mathematical modeling, the influence of the imbalance of solutions in the cells on the rate of uranium extraction is investigated.

Mathematical modeling was carried out using the Kurs software developed at the STI NRNU MEPhI. The Kurs program allows you to create digital models of production units and simulate the uranium leaching process, taking into account the structural features of the productive horizon, process well modes, as well as the composition of the leaching solutions.

The work considered two schemes of block opening: in-line and hexagonal. Simulation was carried out for two options. In the first case, all the cells of the production block were in balance, in the second case, the injectivity of the injection wells was artificially changed, which led to a violation of the local balance in the cells. In general, for the block, the balance of pumping and injection solutions was observed. Modeling was carried out up to 80% of the uranium reserves in the block.

Modeling results show that imbalance leads to deterioration of geotechnological indicators of block development. The operating time increases, the uranium content in the productive solutions decreases, the liquid / solid ratio and the acid consumption increase.

Thus, when developing a block, it is advisable to ensure not only the balance for the block as a whole, but also the local balance for the cells.

Golovacheva D.A., Kineva T.A.

WAYS AND MEANS TO ENSURE ELECTRICAL SAFETY

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

Electrical safety in the workplace is a system of preserving life and health of employees during labor activity associated with the influence of electric current and electromagnetic fields. Electrical safety includes legal, socio-economic, organizational and technical, sanitary and hygienic, therapeutic and preventive, rehabilitation and other measures. Electrical safety rules are regulated by legal and technical documents, normative and technical base. Knowledge of electrical safety fundamentals is mandatory for personnel operating electrical installations and electrical equipment.

Most of the hazardous and harmful factors of production are perceived by human senses, so they are easy to detect and take measures to prevent the effects on the human body. Some of them, such as electric current, radiation cannot be detected by sense organs. It increases risks of injury.

The problem of occupational safety and injury remains acute. Investigation of accidents shows that most accidents and electrical injuries occur due to violations of electrical safety and labor protection measures, failure on the part of employers to ensure their functional responsibilities in work organization, as well as failure to comply with labor protection rules and regulations.

REFERENCES

1. Medvedev V.T. Electrical Safety: Theory and practice: textbook for universities / V.T. Medvedev – Moscow: MPEI Publ. 2009. – 325 p.
2. Il'nitskaya A.V., Koziakov A. F., ed. by Belov S.V. Life Safety: Textbook for Higher Education Institutions / S.V. Belov - Moscow: High school. 2005. – 342 p.

Kireev A.D., Valeeva E.G., Ivanov K.A.

MATHEMATICAL MODEL OF A PULSATION EXTRACTION COLUMN

*Seversk Technological Institute NRNU “MEPhI”,
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,
e-mail: kireev.aelbert@yandex.ru*

The paper implements numerical simulation of the flow of a two-phase flow in the working zone of a pulsation extraction column. The results obtained in this work can be used in the practical operation of the device.

The paper considers a model of the extraction process in a liquid-liquid system based on simple empirical relationships between the compositions of equilibrium phases. In the dispersed phase, the mass transfer process largely depends on such a parameter as the diameter of the droplet. Depending on the resulting drop diameter, several formulas can be used to calculate the mass transfer coefficient for the dispersed phase.

The second approach involves the numerical solution of second-order partial differential equations in physical variables: velocity, concentration. The extraction process in the liquid-liquid system is largely determined by the flow structure. In this paper, to describe the real structure of the flow, a diffusion model with a longitudinal mixing coefficient, widely used in devices of this type, is selected.

This model can be used to estimate the main parameters of the extraction process in a liquid-liquid system, as well as to perform a numerical study based on a diffusion model of the flow structure.

Further research will be aimed at adapting the resulting model for control system synthesis tasks. The data obtained can be taken into account when assessing the stability and safety of the existing pulsation extraction columns.

REFERENCES

1. Karpov S. A., Brandakov V. N., Ivanov K.A., Zhuravlev A. A. Mathematical model of pulsation extraction column / S. A. Karpov, V. N. Brandakov, K. A. Ivanov, A. A. Zhuravlev // Bulletin of the National Research Nuclear University MEPhI. - 2021. - Vol. 10. - No. 2. - pp. 168-175. - DOI 10.1134/S2304487X21020061.

Kolmykov A.S.¹, Muslimova A.V.¹, Buinovskiy A.S.¹, Bordunov S.V.²

THE STUDY OF CHEMICAL AND MATERIAL COMPOUND OF LOPARITE-CONTAINING RAW MATERIALS

*¹Seversk Technological Institute,
National Research Nuclear University "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036,
²OOO RDE "Echtech", 4, Akademicheskyy Prospekt, Tomsk, 634055
e-mail: condemned1997@gmail.com*

At present, to concentrate various deposits and ores, such methods as separation on screw separators and concentrated tables are widely used. The methods do not provide separately the desired level of concentration, therefore, their combinations are usually applied depending on the difference in properties of raw material components. Developing technologies and raising environmental standards, it may be advantageous to process 'tailings' containing valuable parts previously considered dumps.

The 'tailings' are put into tailing storages and dumps. To store production induced mineral formations is an environmental problem due to the pollution of soils, groundwater and even bottom sediments by the tailings parts. The accumulation of environmentally hazardous dry dumps resulted in realizing the tailing reprocessing to extract valuable components from tailings.

The provided sludge sample was divided into fractions according to the size and magnetic properties. Semi-quantitative analysis of the average sludge sample and isolated fractions was carried out by the X-ray fluorescence method on a wave-dispersive spectrometer "Spectroscan MAX-GV" (RPA "SPEKTRON LLC", St. Petersburg). The material analysis was studied by a scanning electron microscope Vega3 SBH (Tescan) including an energetic dispersive adapter X-Act (Oxford Instruments, INCA microanalysis system).

According to the analysis of the sludge sample, various minerals containing rare earth metals were found in it. The most common mineral - loparite mainly was presented in all fractions as intergrowths or inclusions in the rock minerals, and practically never occurred as separate grains.

In the future work, results of the selected sludge fraction will be presented in more details, and suggestions for further separation and reprocessing will be made.

Korolev D.A., Guzeev V.V., Shchipkova G.A.

SYNTHESIS OF ANODES FOR ELECTROLYTIC PRODUCTION OF FLUORINE FROM ION-CONDUCTING MATERIALS

*Seversk Technological Institute NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk region, 636036
e-mail: denkor9911@gmail.com*

In the nuclear fuel cycle, to produce uranium hexafluoride, fluorine is used. It is obtained by electrolysis of the melt of acidic potassium fluoride $\text{KF} \cdot 2\text{HF}$, which is formed when the KF melt is saturated with hydrogen fluoride up to 40-41 % HF . This method is an industrial one conducted in steel electrolyzers with a steel cathode and a carbon anode. The disadvantage of this method is the activity of the element leading to the carbon anode consumption. The solution to this problem was found in the creation of an anode from the fluorides Pb , Sn and tetrafluoride Pb and Sn . With them, the fluorine will not react and therefore the anode will last longer. These compounds are solid electrolytes.

Solid electrolytes are solid-phase materials in which the ions of one of the sublattices have a sufficiently large mobility, that causes the conductivity values comparable to those of strong liquid electrolytes. The difference from liquid electrolytes is that solid electrolytes are substances that are intermediate in structure and properties between normal crystalline solids with a regular three-dimensional structure built from "immobile" atoms or ions, and liquid electrolytes that do not have a regular structure, but have mobile ions.

The conductivity of solid electrolytes is based on the Frenkel - Schottky mechanisms. They are based on the fact that the structure of real crystals at temperatures above absolute zero always deviates from ideal lattices. In both cases, vacant nodes appear in the grid, or, as they are usually called, vacancies. The phase transition from a normal crystal to a highly conducting superionic conductor is accompanied by the rearrangement of one of the sublattices and the melting of another one.

Lithium-ion batteries are an example of solid electrolytes operation. The principle of operation is based on the reversible embedding of lithium ions in the material of the positive and negative electrodes, while the conducting medium for lithium ions is the electrolyte, and a microporous separator to hold back the contact of the opposite electrodes with each other.

REFERENCES

1. Ukshe E. A. Solid electrolytes / E. A. Ukshe, N. G. Bukun. M.: Nauka, 1977. - 175 p.
2. Gurevich Yu. Ya., Solid electrolytes / Yu. Ya. Gurevich; Ed. by A. P. Levanyuk; AN SSSR. - M.: Nauka, 1986. - 171 p.

Maslennikova Yu.Yu., Kazantseva T.Yu.

AUTOMATION OF THE "SMART HOUSE" SYSTEM

*Seversk Technological Institute of NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: ulia57177@gmail.com*

The smart home system is an automated control system designed to monitor and control engineering systems at home. The relevance of the topic is due to the high potential for the development of smart home systems and the lack of uniform standards for devices included in these systems. Practical significance of the developed software and hardware complex is to be used both in civil and industrial purposes. All devices of the smart home system - operator panels, remote controls, computers, tablets and mobile phones - are combined into an information network to exchange data between the nodes of the system. The key point is the remote control and management of the smart home system via the Internet. The functional diagram of the system contains information on the composition of the equipment (controllers, sensors and actuators) and methods of its connection (serial port number, address, etc.) used at the facility.

The general algorithm of the smart home system is the following:

1. Through its own control network, information from sensors or interfaces goes to the central control processor.
2. The central processor software processes the received information and generates commands for control devices.

Methods to generate commands as well as the form and composition of the displayed information about the state of systems are laid down at the stage of software development taking into account the requirements of the project.

REFERENCES

1. Security system "Krona" – [electronic resource] - access mode: <https://www.mckrona.ru/blog/umnyy-dom/>
2. Smart home on a microcontroller – [electronic resource] - access mode: <https://konkurs.donnews.ru/archive/projects/ymnii-dom-microcontrolere/>
3. Kutylyina Yu.V. Report on the topic "smart home", Volga State University of Service, Tolyatti. – 2011. – p. 6 – [electronic resource] - access mode: <https://studfile.net/preview/7409725/>

Mironov V.V., Molokov P.B., Valeeva E.V.

DETERMINATION OF THE SPECTRAL EFFECT OF REES ON URANIUM IN SOLUTIONS BY THE ICP-AES METHOD

*Seversk Technological Institute of NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: vlad-vlad-mironov98@mail.ru*

Methods such as mass spectroscopy, atomic emission spectrometry, etc. are more widely used to solve problems of the multielement express analysis. These methods make it possible to simultaneously determine the content in samples of all declared components with high metrological parameters. Of greatest interest is the application of the ICP-AES method in the nuclear industry: control of the content of transuranic elements and fission products, the possibility of optimizing the SNF reprocessing technology, where strict analytical control is required at all stages of the cycle. Despite the large number of works on the determination of REE, the analytical problem of determining these elements by the ICP-AES method remains relevant.

The main purpose of this study was to develop a simple technique for the simultaneous determination of the mass concentration of uranium in a wide range of concentrations in solutions of complex composition in the presence of REEs (Nd, La, Ce) and to assess the possible spectral effect of these REEs on uranium.

In the course of the work, the main analytical spectral lines of the elements were determined, a method for the determination of REE and U in model solutions and an assessment of the spectral effect of REE on uranium were developed.

The maximum spectral effect on uranium in solution among the presented elements was exerted by Nd at a U: Nd ratio of 1:10 and 1:20. La was the least influential.

REFERENCES

1. Naumova Yu.A. Determination of REE in nitric acid solutions with a high content of uranium and macrocomponents/ Yu.A. Naumova, N.V. Sapozhnikova, O.N. Egorova, A.A. Lumpov// JOURNAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY, 2015, volume 70, no. 4, p. 389-398.
2. Naumova Yu.A. Determination of the concentration of fission products by the ICP-AES method in technological solutions during SNF reprocessing/ Yu.A. Naumova, N.V. Sapozhnikova, O.N. Egorova, A.A. Lumpov //Radiochemistry, 2017, vol. 59, N 6, p. 544-548.

Ogneva A.A., Valeeva E.V.

AN ALTERNATIVE METHOD OF ENERGY PRODUCTION: THERMONUCLEAR FUSION

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

At present life without producing a large amount of energy is impossible because energy is required everywhere. Many methods are known for generating energy. Basically, humanity uses thermal power plants, hydroelectric power plants and nuclear power plants. There is a wide demand for mining with the help of nuclear power, for example, obtaining energy from using U-235 with the help of the mass defect. All of the above methods use exhaustible resources.

In connection with this problem, we propose to consider an alternative method of energy production, called thermonuclear fusion. This is an innovative method of energy extraction from light nuclei. This method allows you obtaining a colossal amount of energy with minimal fuel consumption.

When fusion reactors become a reality, they are to absolutely reshape the worldwide energy balance that will set the stage for a clean energy revolution. Being safe carbon-free energy source that does not generate long-live radioactive waste, thermonuclear fusion will ultimately result in the eliminating of fossil-fueled power plants and uranium-based nuclear plants. There will be the source that can provide us with stable energy on an unlimited scale.

REFERENCES

1. Artsimovich L.A.. Controlled thermonuclear reactions / L. A. Artsimovich .— M.: Fizmatgiz, 1961, p. 461-467.
2. Coursera [Electronic resource]. Access mode: <https://www.coursera.org/learn/elementy-atomnoj-i-yadernoj-fiziki/>.
3. Sci-News [Electronic resource]. Access mode: <https://sci-news.ru/2019/termojadernyj-sintez-jenergija-budushhego/>

Ogneva A.A., Valeeva E.V.

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT AND TRANSITION TO A CLOSED FUEL NUCLEAR CYCLE

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

In our time, the relevance of the problem arising from the methods of nuclear energy production with an increase in the number of nuclear power plants is growing. As a result, the natural reserve of uranium is depleted, which makes it difficult to increase the volume of its production and the amount of accessible nuclear fuel [Kroysh, 2006, p. 5].

The way out of this situation can be improved by means of fast neutron reactors and the closure of the nuclear fuel cycle. Leading scientists of the State Atomic Energy Corporation Rosatom are engaged in this topic, but it is still insufficiently studied. The purpose of this work is to study the principle of the closed nuclear fuel cycle (CNFC) action, and the importance of its introduction into the nuclear industry of the future.

The tasks are determined by studying the principle of operation of a fast neutron reactor [Walter, Reynolds, 1986, p. 1-3]; comparing the amount of generated energy in the world, including Russia; tracking the strategy for the construction of nuclear power plants [Adamov, 2001, p. 257-258]; elucidation of the breeding factors of new fuel, identification of the pros and cons of the closed nuclear fuel cycle.

Thus, the development of the nuclear fuel re-manufacture in CNFC on fast neutrons will provide a breakthrough in the production of atomic energy. Switching to this method will allow the efficient use of natural uranium with the lowest cost per unit capacity of a nuclear power plant.

REFERENCES

1. Kroysh Yu. [et al.], Nuclear Fuel Cycle // NUCLEAR ENERGY: MYTH AND REALITY, Issue No. 3, FEBRUARY 2006, p.45
2. Walter A., Reynolds A., Fast breeder reactors, trans. from English, M., 1986, p. 85
3. Adamov E.O [et al.], White Book of Nuclear Energy / M.: Publishing house of GUP NIKIET, 2001, p.270

Ogneva A.A., Molokov P.B., Muslimova A.V., Valeeva E.V.

X-RAY PHASE ANALYSIS FOR QUALITATIVE DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF OXIDE AND NITRIDE FUEL

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

At present, IV generation fast reactors are being actively developed. A specific feature of these reactors is the closure of the nuclear fuel cycle. Over the past few years, Rosatom State Corporation has been paying a lot of attention to the lead-supported reactors and the replacement of oxide fuel with nitride fuel. The recent Breakthrough project focusing on that is very promising. [1]. Nitride nuclear fuel has a higher fissile density and thermal conductivity compared to conventional oxide fuel. However, it has a number of disadvantages, namely: decomposition of nitrides upon contact with air and water, and low thermochemical stability, which is one of the main problems [2] leading to destruction of the fuel element cladding. The situation is complicated by the fact that this process is still poorly understood.

To study the properties and assess the quality of oxide and nitride fuels a complex of different analysis methods is usually used, and often it includes X-ray phase, or X-ray structural analysis. It serves to determine the crystal structure and identify the phases based on the diffraction pattern analysis. The analysis is based on the phenomenon of X-ray diffraction on the crystal lattice [3]. Due to the fact that X-ray phase analysis has some disadvantages, it has to be used in conjunction with other methods. Among the disadvantages are: the ability to determine the phases, the content of which is quite high (at least more than 1 Wt. %); limited set of standard cards for phase identification; and impossibility of identifying isostructural phases without using other methods of analysis.

REFERENCES

1. Project "Breakthrough". - URL: <https://www.tvel.ru/activity/project-proryv/>
2. Mikhalechik V.V. Thermochemical stability of uranium-based model nitride nuclear fuel: dis. ... Cand. tech. Sciences: 04.01.07: protected 11.13.2019. - M., 2019, 137 p.
3. Kurzina I.A. X-ray phase analysis of nanopowders. - Tomsk: Publishing house of the Tomsk Polytechnic University, 2010. - 14 p.

Panfilova M.V., Sofronov V.L.

CARBOTHERMAL SYNTHESIS MNUP

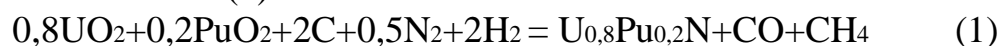
*Seversk Technological Institute of NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: panfilova_masha1999@mail.ru*

One of the main tasks of the current stage of nuclear energy development is to develop reactors conforming to the principle of "natural safety and self-protection". The increase of internal security is achieved by using physical and chemical properties of nuclear fuel, coolant and other components as well as passive protection facilities.

The choice of fuel compound for future fast reactors is determined by a number of thermal and physical, supporting, physical and chemical characteristics. Nitride fuel meets requirements of fuel production efficiency and manufacturing fuel elements, high burnout and fuel compatibility with coolant. It is a prospective nuclear fuel for fast reactors.

Carbothermal synthesis is one of the processing stages of the nitride fuel fabrication. Carbothermal synthesis is to keep uranium and plutonium mixture dioxides at 1400–1800 °C in a constant flow of nitrogen and hydrogen mixture. Uranium and plutonium oxides, carbon as druss, chemical pure argon, nitrogen and argon-hydrogen mixture are used as starting materials for the carbothermic method. Charge, oxides and carbon, is mixed in an automatic vortex mixer for 4-5 hours.

As a result of the chemical reactions occurring in synthesis, a mixture of the elements nitrides is obtained from the starting powders of uranium and plutonium dioxides (1).



REFERENCES

1. Ma B. M. Materials of nuclear power plants. Moscow: Energoatomizdat, 1987. – 408 p.
2. Gromov B.V. Chemical technology of irradiated nuclear fuel. Moscow: Atomizdat, 1971. – 448 p.
3. Andreev G. G., Dyachenko A. N. Introduction to Chemical Nuclear Fuel Technology. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2010. – 165 p.

Popova Y.V., Valeeva E.V.

AUTOMATED REFRIGERATION PLANT CONTROL SYSTEM

*Seversk Technological Institute of NRNU "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: ehpopova7@gmail.com*

The automated control system of the refrigeration unit is designed to maintain the temperature of technological containers with various contents and the normal operation of the refrigeration unit equipment. It also allows you to: collect data from sensors for monitoring technological parameters, namely: pressure, temperature, level, pH, and the state of actuators; execution of PID control algorithms, setting setpoints; remote control of executive mechanisms; displaying information about the progress of the technological process on the PVEM screen, operational control and displaying emergency and technological messages on the screen.

The refrigeration unit works as follows: refrigeration machines serve only to cool the coolant such as calcium chloride. From them, a cooled solution enters the storage tanks - they serve to collect the brine in case of low consumption (there are few tanks for freezing) or to increase the output at high consumption (many tanks for freezing), the pumps pump the cooled solution to the set points. After cooling the tanks, which are installed in the product condensation mode, the warm brine is drained back into the tanks, from which the brine is constantly circulated from the tanks to the machines using a system of pumps to maintain the set temperature.

REFERENCES

1. Operating Instructions for Condensing and Evaporating Units. JSC "SHK" - 2021, 355 p.
2. Apeltsin I. E. Desalination of water / I.E. Apeltsin, V.A. Klyachko. – M.: Stroyizdat, 1968. - 224 p.

Samosudova A.V., Valeeva E.V.

THE CONCEPT OF SAFE OPERATION OF THE NEAR-SURFACE STORAGE OF SOLID RADIOACTIVE WASTE OF CLASSES III AND IV WITHIN THE SEVERSKY BRANCH OF FSUE NO RW

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

In international practice, the safest way of radioactive waste isolation (hereinafter RW) is their fixation in disposal sites. Near-surface point of radioactive waste storage of classes III and IV (NSPBRW) of the Seversky branch intended for near-surface disposal of RW.

As part of the operation of the NSPBRW, and radiation safety control, it was planned to create a monitoring system for the RW storage. The purpose of monitoring was to assess the safety of the isolation of NSPBRW and its impact on the personnel, the resident population, the environment and the qualitative composition of groundwater, as well as to control the migration of radionuclides into the environment during the NSPBRW operation.

To achieve this goal, the following tasks were being solved: creation, preservation and expansion of a network of observation wells (in the amount of at least 9 pieces). An additional survey and monitoring of the technical condition of buildings and structures of the NSPBRW which must be carried out in solving certain problems were conducted.

The implementation of the safe operation concept for the NSPBRW will ensure that there is no negative impact of the facility on the environment and the population during construction and operation. The main advantages in the implementation of this concept are: reduction of costs for the operation of the NSPBRW by increasing the efficiency of maintenance of the facility; improvement of the safety of NSPBRW due to the implementation of a remote monitoring system.

REFERENCES

1. Samosudova A.V., Ivanov K.A., Kokorev O.N. Implementation of the concept of safe operation of the near-surface storage of solid radioactive waste of classes III and IV within the Seversky branch of FSUE NO RW // Modern problems of geochemistry - 2021: Materials of the conference of young scientists (Irkutsk, 2021 September 14 - 17) – Irkutsk: Institute of Geochemistry of A.P. Vinogradov SB RAS, 2021. - 109 c.

Serbin A.V., Gutsul M.V., Noskov M.D., Kazantseva T.Yu.

THE MART OF TECHNOLOGICAL INDICATORS AT THE ENTERPRISE FOR URANIUM MINING BY IN-SITU LEACHING METHOD

*Seversk Technological Institute
National Research Nuclear University "MEPhI",
65, Kommunisticheskiy Prospekt, Seversk, Tomsk Region, 636036
e-mail: serbin-96@mail.ru*

In-situ leaching (ISL) is currently a cost-effective and environmentally acceptable method of uranium mining. The economic efficiency of the enterprise directly depends on the fulfillment of the planned indicators. In this regard, an actual problem is to carry out a plan-fact analysis – to compare planned with actual indicators of technological ones at the enterprise for a specific date or for a period (month/year) with the subsequent divergence calculation. To carry out a plan-fact analysis, it is advisable to use a specialized data mart.

The work presents a data mart displaying the planned and actual values of technological indicators within an enterprise, deposit, site, block. The considered technological indicators are uranium mining and its content in the productive solution, the volume of the productive solution, the output of finished products, etc. The data mart also displays the deviations of the actual indicators from the permissible interval formed relative to the planned ones.

The technological data mart is implemented as specialized software under the control of the Windows operating system family. The software is written in the C ++ programming language in the Embarcadero RAD Studio 10.2 integrated development environment using the principles of object-oriented programming. The user interface of the software is designed in a "tiled" style having the ability to use the functionality of an interactive panel. The source code of the software implements loading of planned and actual indicators of technological objects at the enterprise from databases using SQL queries, calculating deviations of actual indicators from planned ones and their graphic visualization on the software interface.

Using a data mart enables to provide actual information and release the management team from routine work during a plan-fact analysis.

Yakubov Ya.O., Noskov M.D., Serbin A.V.

DIGITAL TWIN OF THE PUMPING UNIT IN THE PRODUCTION WELL BY ISL

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

Currently one of the main methods of uranium mining is in-situ leaching (ISL). Production wells lifting the productive solution are of great interest in ISL. Every production well is equipped with a pumping unit (PU) consisting of a pump and an electric motor. PU operates in difficult conditions caused by a chemically corrosive medium and clogging of the well pore space near the filter zone. The most important tasks for enterprises are to provide long-term uninterrupted PU operation, PU condition and status control, to predict the expected failure and to carry out PU scheduled preventive maintenance (SPM). For data support of the personnel being responsible for the management of the PU equipage, it is desirable to use digital twin (DT) technology.

PU digital twin is a set of heterogeneous structured data about its physical counterpart including technical characteristics, operating data, data on operation of the engine and a pump for the entire period of operation, SPM experience, a mathematical PU model. Technical characteristics are power, head, flow, dimensions, weight and efficiency. These operating data include a list of production wells with PU, number of PU dry-running protection activations, running hours and state of the PU equipage in the present situation. Engine operation data contains temperature, output power and current, rotation speed, voltage, electromagnetic and load torque. SPM experience includes date and type of work. A mathematical PU model is a system of equations connecting PU input characteristics (voltage, rotation frequency, etc.) with output ones (pressure, productivity, efficiency, etc.).

PU digital twin can be used to optimize the management of the pumping equipage (PE), to analyze the state of PU, to determine the required volumes of purchases, to organize SPM, to predict malfunctions, and to define optimal operating modes of PU.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

13-16 декабря 2021г.

Материалы конференции

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

Компьютерное макетирование и набор текста:
Н.А. Гончарова

ISBN 978-5-93915-111-5



9 785939 151115