

5. Акимов Ю.К., Игнатов О.В., Калинин А.И., Кушнирук В.Ф. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике.—М.: Энергоатомиздат, 1989. 344 с.
6. Друзягин А.В., Исаков А.П., Романцев В.П., Ткаченко В.В. // АНРИ. 1994. №3. С. 12-16.

METROLOGY OF TECHNICAL MEANS FOR RADIOECOLOGICAL INVESTIGATION IN TOMSK

V.D. Karataev, V.S. Iakovleva, D.E. Ergashev, N.I. Bashkirov*

*Tomsk Polytechnical University, *The Tomsk centre for hydrometeorology and monitoring of an environment*

Use of semi-conductor gamma spectrometers in radioecology allows precisely and reliably to identify radioactive elements (radionuclides) in samples of environment, and also to determine their activity. Such spectrometers are certified and established in different laboratories of Tomsk. As all these laboratories make radioecological researches in parallel in territories of city and area, their potential can be used more effectively, if nobody will be of doubts in reliability of obtained results. The present work is executed with the purpose of the comparative analysis of metrological characteristics of semi-conductor spectrometers of five Tomsk laboratories.

УДК 621.039.736

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТВЁРДЫХ И ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ю.В. Островский

Новосибирский государственный проектно-изыскательский институт "ВНИПИЭТ"

В статье представлены результаты исследований по созданию новых технологий обезвреживания жидких и твёрдых радиоактивных отходов органического и неорганического происхождения — термохимическая деструкция в расплаве солей и щелочей, окислительный пиролиз и каталитическое окисление в аппаратах кипящего слоя, гальванохимическая обработка водно-хвостовых растворов с последующей иммобилизацией радионуклидов в высокопрочные алюмосиликатные матрицы.

Переработка облучённого ядерного горючего приводит к накоплению значительного количества радиоактивных отходов (РАО) различного происхождения. Проблема обращения с отходами вызывает повышенный интерес в связи с их потенциальной опасностью РАО для экосферы.

В процессе производственной деятельности отечественных предприятий ядерного топливного цикла непрерывно образуются как твердые (ТРО), так и жидкие отходы органического и неорганического происхождения (ЖРО), загрязненные ураном, трансурановыми элементами и продуктами их деления.

ТРО —отработанные иониты, ткань Петрянова, резиновые изделия, пластикат, бумага и т.д. Повторное их использование не представляется возможным вследствие потери технологических свойств, и поэтому из-за отсутствия экологически безопасной технологии переработки в настоящее время они захораниваются в приземном слое на специальных полигонах.

Органические ЖРО, представляют собой отработанные индустриальные и вакуумные масла, экстрагенты и их растворители. На большинстве предприятий отрасли из-за отсутствия технологии переработки эти отходы либо накапливают в ёмкостях, либо закачиваются в глубинные скважины, либо сжигаются в открытом пла-

мени. Все три способа признаны мировой общественностью небезопасными, представляющими потенциальную угрозу окружающей среде

ЖРО неорганического происхождения с высоким содержанием, загрязненные долгоживущими α -изотопами, как правило, сбрасываются на хвостохранилища или закачиваются в подземные горизонты, что не является радикальным решением проблемы.

Учеными и специалистами НГПИИ "ВНИПИЭТ", ИК СО РАН, СХК и АЭХК разработаны и предлагаются к применению новые технологии обезвреживания жидких и твердых отходов предприятий ядерного топливного цикла.

1. Научно-исследовательской лабораторией НГПИИ "ВНИПИЭТ" совместно со специалистами СХК и ПО "ЭХЗ" в течение ряда лет ведутся работы по созданию технологии переработки ТРО, загрязненных радионуклидами, альтернативной пламенному сжиганию. В основу разрабатываемого процесса положена низкотемпературная термохимическая деструкция (окислительный пиролиз) органических веществ расплавами щелочей или солей в высокоэффективном реакторе эрлифтного типа [1–3]. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

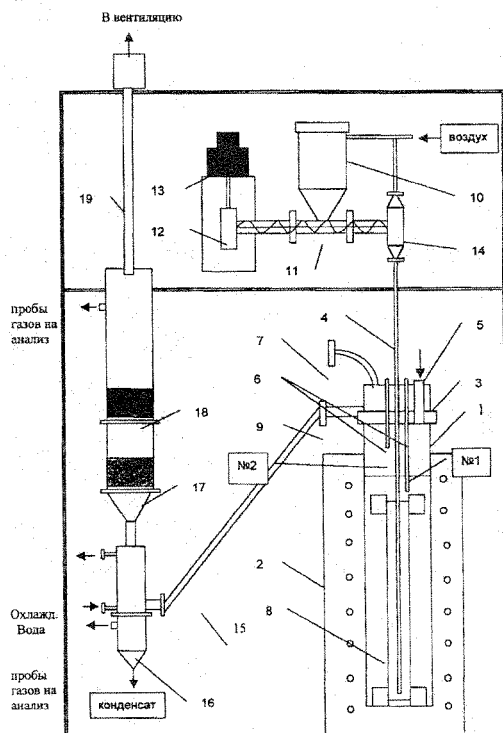


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема процесса окислительного пиролиза

ТРО расплавами щелочей в эрлифтом реакторе

1 – корпус реактора, 2 – электрическая печь, 3 – крышка реактора, 4 – барботажная трубка, 5 – пробоотбор, 6 – термодатчики, 7, 9 – элементы конструкции корпуса, 8 – эрлифт, 10, 14 – элементы конструкции питателя, 15 – газотводная трубка, 16, 19 – элементы системы очистки отходящих газов

Твёрдые органические отходы, попадая в расплав щелочей, подвергаются термохимической деструкции и газифицируются преимущественно до диоксида углерода и паров воды с образованием углистого остатка (пироуглерода), который, циркулируя в реакционном объеме, также окисляется кислородом воздуха до CO_2 .

В ходе выполнения работы изучен окислительный пиролиз ионитов ТВЭКСФ, ТВЭКС-Д, ЧФО, ВП-1АП, СФ-3, ткани Петрянова, лавсана, резиновых перчаток, пластика и ряда других типов отходов в расплавах солей и щелочей. Процесс при

температуре расплава 450–500 °С протекает с высокими скоростями и удельной нагрузкой. Установлено, что основная масса примесей цветных, тяжелых и радиоактивных металлов, а также хлора, фтора, серы концентрируется в расплаве.

Выяснено, что в процессе пиролиза ТРО наряду с органической составляющей и “кислыми газами” генерируется тонкодисперсная твердая фаза с размером частиц менее 3 мкм. Абсорбционно-конденсационная система очистки газов эффективно локализует частицы твердой фазы в малом объеме [4].

Пиролиз в расплаве отличается простотой конструкции и компактностью специально для этих целей разработанного трехзонного эрлифтного деструктора [5], удобством его обслуживания и сравнительно низкой чувствительностью к дисперсному составу уничтожаемых твердых органических отходов. Предложена комплексная аппаратно-технологическая схема экологически безопасной деструкции твердых органических радиоактивных отходов расплавами солей и щелочей. Процесс удовлетворяет всем технологическим и экологическим требованиям, предъявляемым к процессам переработки радиоактивных материалов.

2. ИК СО РАН, НГПИИ “ВНИПИЭТ” для ОАО “Новосибирский завод химконцентратов” разработана технология экологически безопасного каталитического обезвреживания отработанных промышленных и вакуумных масел, содержащих уран, с последующей эффективной очисткой отходящих газов от газообразных и твердых включений [6,7]. Уникальная особенность технологического процесса – возможность полного окисления органических соединений углеводородного происхождения при сравнительно низких температурах (700–800 °С), при которых практически не образуется термических оксидов азота. Комбинированная четырехступенчатая система очистки газов, сочетающая в себе различные физико-химические процессы, позволяет понизить содержание вредных примесей до уровней ниже предельно-допустимых [8]. Аппаратно-технологическая схема процесса показана на рис. 2.

На пилотной установке производительностью 1 кг/ч проведен полный комплекс испытаний по обезвреживанию промышленных и вакуумных масел. Испытания показали высокую эффективность процесса обезвреживания с полным подавлением выброса токсичных веществ в атмосферу. Были проведены исследования улавливания пыли аппаратами газоочистки при каталитическом сжигании на пилотной установке производительностью 1 кг/ч и полный комплекс испытаний по обезвреживанию промышленных и вакуумных масел. Испытания показали высокую эффективность процесса обезвреживания с полным подавлением выброса токсичных веществ в атмосферу. Результаты исследования улавливания пыли аппаратами газоочистки при каталитическом сжигании промышленного масла И-50А приведены в табл. 1.

Для изучения распределения примесей, загрязняющих в ходе обезвреживания масла, в него были введены соли вольфрама, выбранного в качестве имитаторов радионуклидов. Анализ полученных результатов показал постепенное накопление металлов в слое катализатора, в катализаторной пыли из циклона и в орошающих жидкостях узлов газоочистки при высоких показателях каталитической деструкции органической фазы и работы аппаратов газоочистки.

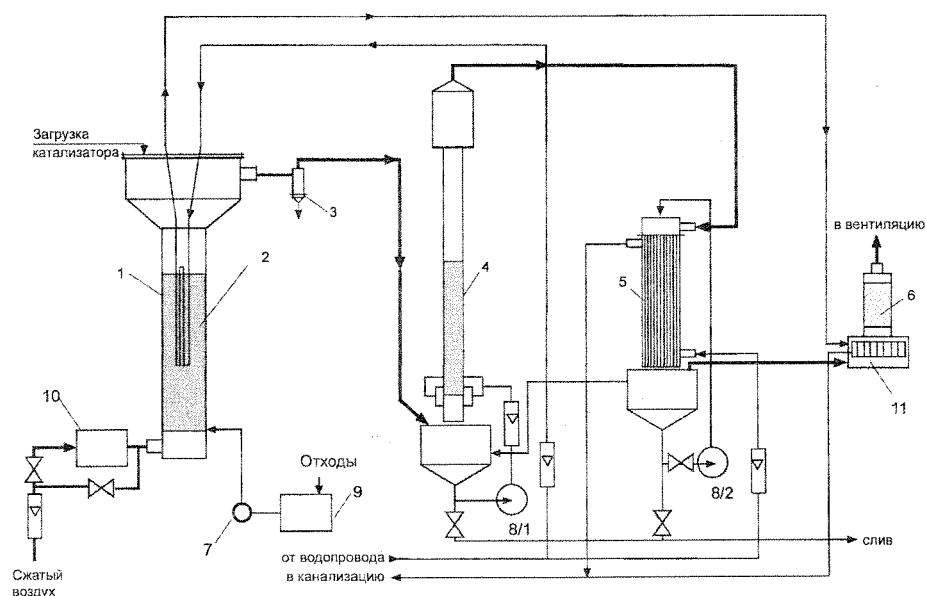


Рис. 2. Аппаратурно-технологическая схема пилотной установки каталитического обезвреживания жидких органических радиоактивных отходов
 1 – реактор; 2 – катализатор; 3 – циклон; 4 – скруббер; 5 – конденсатор; 6 – фильтр;
 9, 10 – ёмкости; 7, 8 – насосы; 11 – калорифер

Таблица 1

Результаты анализа состава отходящих газов процесса каталитического обезвреживания индустриального масла И-50 на катализаторе ИК-12-73 при $T = 775\text{ }^{\circ}\text{C}$

| № п/п | Место отбора проб, (после) | Тв. фаза мг/м ³ | CO, мг/м ³ | NO, мг/м ³ | NO ₂ , мг/м ³ | SO ₂ , мг/м ³ | T _{газа} , °C |
|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 1 | Реактор | 165 | 168 | 21 | 0 | 10 | 300 |
| 2 | Циклон | 36,4 | 168 | 21 | 0 | 10 | 220 |
| 3 | Дожигатель CO | - | 0 | 20 | 0 | 10 | 205 |
| 4 | Струйный скруббер | 8,5 | 0 | 21 | 0 | 0 | 52 |
| 5 | Абсорбер-конденсатор 1 | 2,2 | 0 | 19 | 0 | 0 | 20 |
| 6 | Абсорбер-конденсатор 2 | < 1 | 0 | 21 | 0 | 0 | 27 |

Основная часть вольфрама удерживается гранулами катализатора. Тем не менее, основные характеристики катализатора – прочность, удельная поверхность и активность остаются в пределах, достаточных для стабильного проведения процесса каталитического обезвреживания.

Полученные данные легли в основу создания на ОАО “НЗХК” демонстрационной опытно-промышленной установки производительностью 50 т/год по обезвреживаемым отходам.

В настоящее время установка смонтирована. Ведутся пуско-наладочные работы. Для возможности работы с ураном, обогащенным изотопом U^{235} , разработаны конструкции аппаратов в ядерно-безопасном исполнении [4,9].

3. НГПИИ «ВНИПИЭТ» и ИК СО РАН разработана технология экологически безопасного окислительного пиролиза отработанных экстракционных смесей, с последующей эффективной очисткой отходящих газов от газообразных и твердых включений [10].

Особенностью технологического процесса является возможность полного окисления фосфор-органических соединений кислородом воздуха в кипящем слое инертной насадки при сравнительно низких температурах (700–800 °C). Из-за невоз-

возможности прямого пиролиза экстракционной смеси, вследствие сильного недожога керосиновой фракции, основной технологический процесс проводится в три стадии:

- разделение экстракционной смеси с использованием муравьиной кислоты на две фазы: разбавитель и смесь трибутилфосфата с муравьиной кислотой;
- окисление разбавителя в псевдоожигенном слое катализатора до безвредных веществ;
- пиролиз смеси трибутилфосфата с муравьиной кислотой — в пиролизной зоне реактора кипящего слоя с инертной насадкой.

Комбинированная система очистки газов, сочетающая в себе различные физико-химические процессы, позволяет минимизировать содержание вредных примесей в отходящих газах.

Схема установки экологически безопасного обезвреживания экстракционной смеси с двухзонным реактором представлена на рис. 3.

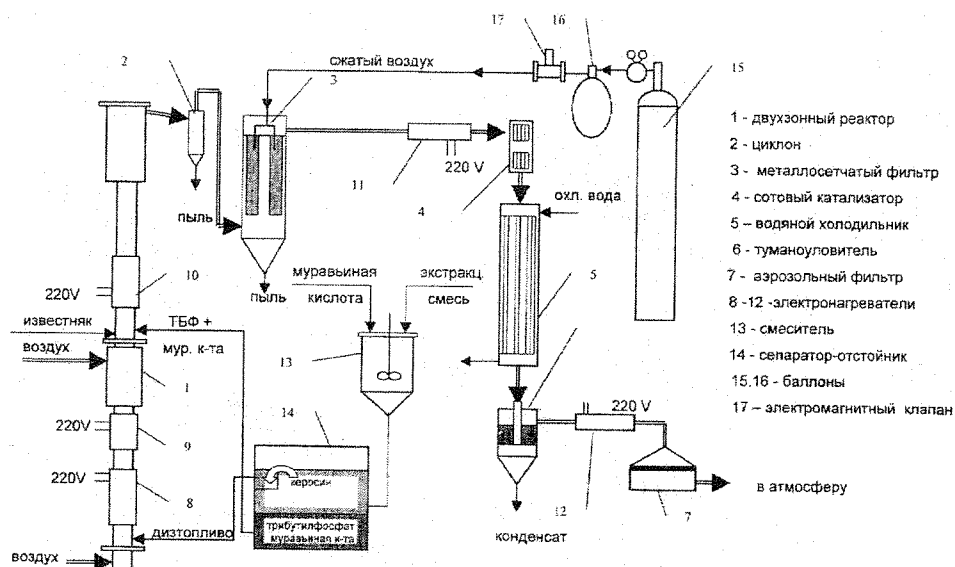


Рис. 3. Аппаратурно-технологическая схема окислительного пиролиза трибутилфосфата

На лабораторном стенде производительностью 0,5 кг/ч, что соответствует удельной нагрузке $\sim 640 \text{ кг/ч} \cdot \text{м}^3$ реакционного объема, проведены комплексные исследования по обезвреживанию экстракционной смеси, содержащей 30 % трибутилфосфата и 70 % керосина. При разделении этой смеси муравьиной кислотой была получена керосиновая фракция с содержанием трибутилфосфата не выше 0,2–0,3 % мас., при окислении которой на окисно-медном катализаторе в течение длительного времени не было отмечено снижения активности последнего. Содержание монооксида углерода на выходе из установки при каталитическом окислении керосина оставалось практически постоянным — в пределах 20–50 мг/м³.

После завершения каталитического окисления керосина в нижней зоне реактора и прогрева отходящими газами верхней зоны реактора до 740–750 °С смесь трибутилфосфата с муравьиной кислотой была пиролизирована в автотермическом режиме в псевдоожигенном слое инертной насадки из кварцевого стекла, куда одновременно дозировался хемосорбент (CaCO_3) с избытком над стехиометрическим количеством в 10–15 %.

При коэффициенте избытка воздуха 1,9–2,1 окислительный пиролиз смеси трибутилфосфат–муравьиная кислота происходит практически полностью. Недожог

отсутствует, а степень деструкции трибутилфосфата составляет величину не менее 99,96 – 99,98 %.

При обезвреживании экстракционной смеси, содержащей 25 мг/л нитрата тория, установлено, что в результате её разделения муравьиной кислотой нитрат тория концентрируется в смеси трибутилфосфат – муравьиная кислота, а после пиролиза этой смеси – в циклонной пыли. Присутствие нитрата тория в пиролизуемой смеси не ухудшает показатели процесса.

Основная масса уловленного фосфора была сконцентрирована в циклонной пыли. Содержание твердой фазы в отходящих газах на выходе из установки < 1 мг/м³.

4. Среди широкого спектра способов очистки ЖРО водного происхождения с высоким солевым фоном наибольший практический интерес, по нашему мнению, представляет гальванокоагуляция. Смесь токопроводящих материалов, например таких, как железо–кокс или железо–медь, помещенных в очищаемый раствор, образуют множество гальванопар, при этом за счет разности электрохимических потенциалов железо анодно поляризуется и переходит в раствор. Процесс протекает без наложения тока от внешнего источника.

Образовавшиеся при гальванокоагуляционной обработке полиформы гидроксидов железа обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам тяжелых металлов. Одновременно с сорбцией происходит соосаждение гидроксидов металлов и железа с образованием нерастворимых ферритов, катодное осаждение металлов, включение анионов в коллоидную мицеллу гидроксидов железа с образованием нерастворимых оксигидрокомплексов.

Гальванокоагуляторы (аппараты, в которых реализуется процесс) обладают рядом достоинств: простотой в эксплуатации, низким энергопотреблением, возможностью переработки пульп, использованием железного скрапа, отсутствием силового электрооборудования. Аппаратурно-технологическая схема процесса показана на рис. 4.

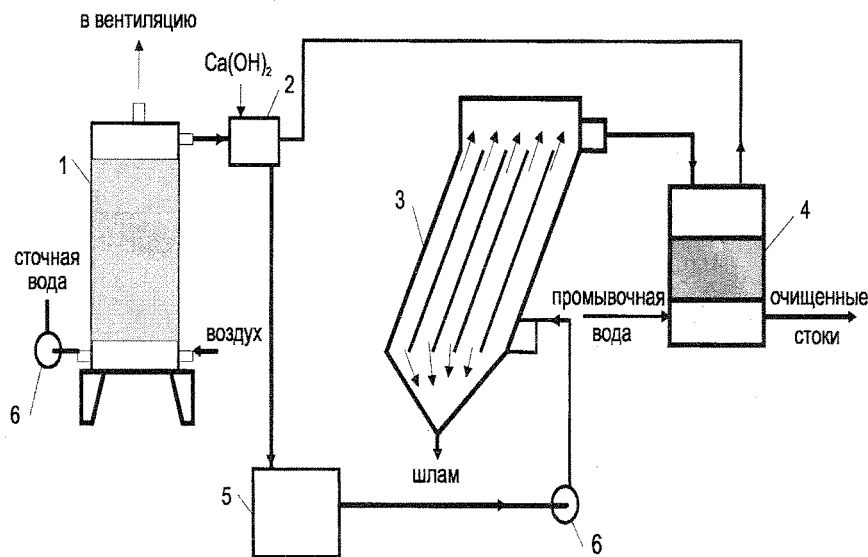


Рис. 4. Аппаратурно-технологическая схема гальванохимической обработки ЖРО

1 – коагулятор; 2 – корректор pH; 3 – отстойник; 4 – фильтр; 5 – ёмкость; 6 – насос

В процессе выполнения совместных работ специалистами НГПИИ “ВНИПИЭТ”, СХК и АЭХК по гальванохимической обработке декантатов хвостохранилищ был достигнут коэффициент очистки от Pu^{239} , равный $1.95 \cdot 10^6$ при остаточной активности раствора 4 Бк/л. Содержание U^{238} в очищенных растворах, в основном, было ниже 0.02 мг/л, что находится на уровне санитарных норм [11–15].

Гальванохимическая обработка производственных растворов с высоким содержанием (более 300 г/л) показала, что коэффициент очистки от Am^{241} составил величину порядка $1,38 \cdot 10^4$, что является весьма существенным, поскольку америций традиционно считается наиболее трудноулавливаемым компонентом.

Образующиеся пульпы гидроксидов железа с сорбированными на них радионуклидами легко отверждаются в высокопрочные алюмосиликатные стеклокерамики и стёкла, пригодных для длительного и безопасного хранения в когерентных горных структурах. Результаты выщелачивания молибдена морской водой по ГОСТ 29114-91 из алюмосиликатных спёков с различным массовым содержанием гидроксидов железа, полученных при $T = 1050 \pm 50^\circ\text{C}$ в течение $\tau = 2.5$ ч, приведены на рис. 5.

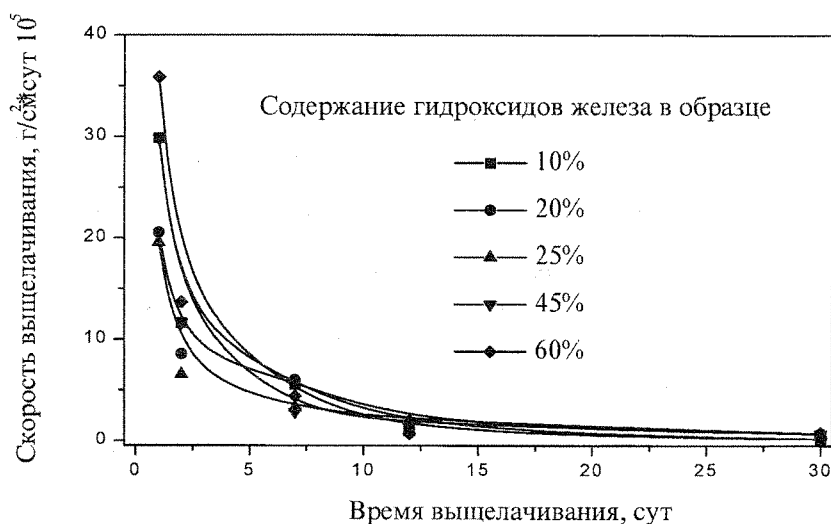


Рис. 5. Результаты выщелачивания молибдена из алюмосиликатных стёкол

Анализ результатов показал, что спёки достаточно устойчивы и параметр выщелачивания в стационарном состоянии характеризуется величиной $(1,7 - 7,7) \cdot 10^{-6}$ г/см²·сут.

Достаточно высокие показатели могут быть объяснены внедрением молибдена непосредственно в структуру матрицы. После проведения испытаний образцы не потеряли геометрической формы и механической прочности. Дистиллированной водой молибден в этих условиях вообще не выщелачивается [13].

Установлено также, что процесс высокоэффективен по отношению к ионам цветных металлов (Cu, Ni, Cr, Fe, Zn), а также может быть применён для очистки от сульфат-, фосфат-, фторид- и, частично, хлор- и нитрат-ионов.

Применение разработанных технологий для обезвреживания твердых и жидких радиоактивных отходов позволит решить многие экологические проблемы, стоящие перед предприятиями Минатома.

Литература

1. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А. и др.* Разработка процесса термической деструкции твердых органических отходов расплавами щелочей // Сб. докл. V науч. тех. конф. Сибирского химического комбината. – Секция 5. Обращение с радиоактивными отходами 20-22 октября 1998 г. Северск, 1999. С.107-119.
2. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А. и др.* Термохимическая деструкция твердых органических радиоактивных отходов в реакторе эрлифтного типа // Сб. докл. V науч. тех. конф. Сибирского химического комбината. – Секция 5. Обращение с радиоактивными отходами 17-20 октября 2000 г. Северск, 1999. С.170-176.
3. *Островский Ю.В., Матюха В.А.* Термическая деструкция твердых органических отходов расплавами щелочей // Известия академии промышленной экологии. – 1999. № 2. С. 60-67.
4. *Патент РФ № 2144840, МКИ В01D47/04.* Испарительно-конденсационный аппарат / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, З.Р. Исмагилов, М.А. Керженцев Заявлено 20.03.98.
5. *Патент РФ № 2160300, МПК⁷, C10B49/14, C10B53/00, F23G5/027.* Способ переработки твердых органических отходов, установка и деструктор для его осуществления / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, А.А. Шпак, В.А. Матюха Заявлено 15.09.98.
6. *Kerzhentsev M.A., Ismagilov Z.R., Lunyushkin B.I., et al.* Nontraditional application of catalysis-destruction of mixed radioactive organic wastes // Catalysis on the eve of the XXI century. Science and engineering. July 7-11, Part II. – Novosibirsk, 1997.
7. *Ismagilov Z.R., Kerzhentsev M.A., Ostrovski Yu.V.* Development of new treatment technology for mixed organic radioactive wastes // International symposium on radiation safety management – Taejon, Korea. 1997.
8. *Патент РФ № 2130209. МКИ G21F9/00.* Способ переработки органических отходов / З.Р. Исмагилов, М.А. Керженцев, Б.И. Лунюшкин и др. Заявлено 19.12.97.
9. *Патент РФ № 2131151. МКИ G21F9/00.* Реактор для каталитического обезвреживания органических отходов, содержащих радионуклиды. / З.Р. Исмагилов, М.А. Керженцев, В.Н. Коротких и др. Заявлено 27.11.97.
10. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Исмагилов З.Р., Керженцев М.А.* Пиролиз отработанных экстракционных смесей в кипящем слое инертной насадки // Мат. IV Международной конференции “Радиационная безопасность: Экология–атомная энергия” 24-28 сентября 2001. – СПб., 2001. С.225-226.
11. *Островский Ю.В.* Разработка технологий переработки жидких радиоактивных отходов/ Тез. докл. международной конференции по радиоактивности и радиоактивным элементам в среде обитания человека Томск, 1996. С.492
12. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А., Матюха В.А., Сафин Б.Р.* Гальванохимическая обработка жидких радиоактивных отходов // Радиохимия. 1999. Т. 41. № 4. С.364-367.
13. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А. и др.* Гальванохимическая обработка жидких радиоактивных отходов // Сб. трудов V науч. тех. конф. Сибирского химического комбината. Секция 5. Обращение с радиоактивными отходами, 20-22 октября 1998 г. – Северск, С.138-146.
14. *Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А. и др.* Гальванохимическая обработка жидких радиоактивных отходов – эффективный способ ликвидации наземных хранилищ ЖРО // Сб. трудов VI науч. тех. конф. Сибирского химического комбината. Секция 5. Обращение с радиоактивными отходами, 17-20 октября 2000 г. – Северск, С.92-102.
15. *Патент РФ № 2130433 от 22 мая 1997г. МКИ C02F1/46.* / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, А.А. Шпак, Н.З. Нечай Способ очистки промышленных сточных вод, установка и устройство для его осуществления. Заявлено 22.05.97.
16. *Патент РФ № 2147777 МКИ⁶ C02F1/62.* / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, А.А. Шпак, В.А. Матюха, Б.Р. Сафин Способ гальванохимической обработки радиоактивных растворов. Заявлено 24.04.98.
17. *Островский Ю.В., Шведенков Г.Ю., Ковалёв В.П. и др.* Гальванохимическая обработка жидких радиоактивных отходов с последующей консервацией радионуклидов в алюмосиликатных материалах // Мат. IV Международной конференции “Радиационная безопасность: Экология–атомная энергия”, 24-28 сентября 2001. – СПб. С.214-216.

DISPOSAL OF SOLID AND LIQUID RADIOACTIVE WASTES OF NUCLEAR INDUSTRY PLANTS

Yu.V. Ostrovsky

Novosibirsk State Design and Research Institute of Energy Technologies

Results of development new technologies of disposal solid and liquid radioactive wastes of organic and inorganic genesis – thermo-chemical distraction in molten salts, oxidizing pyrolysis and catalytic oxidation in fluidized bed, galvanochemical treatment water wastes with following immobilization radionuclides in aluminasilicates matrixes are shown in this article.

УДК 654.665

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А.Чулков

Томский политехнический университет

В работе представлены результаты разработки и формирования системы управления охраной труда в Томской области. Показаны механизмы её реализации по конкретным направлениям, применительно к условиям труда, сложившимся в организациях области.

Переход к рыночной экономике вызвал в России отказ от командно-административной системы управления народным хозяйством, в том числе и охраной труда. Отказ от отраслевого принципа управления, приватизация предприятий, привели к необходимости формирования территориальных систем управления охраной труда в субъектах Российской Федерации. В принятых в 1993 г. «Основах законодательства об охране труда в Российской Федерации» не была разработана система государственного управления охраной труда. Согласно статье 7, Президент РФ должен был определить орган, осуществляющий государственное управление охраной труда. В то же время в статье 37 Конституции России, принятой в 1991 году, закреплено право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности. В условиях неразработанности федерального законодательства и роста производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в конце 1994 г. началось формирование территориальной системы управления охраной труда в Томской области. Было принято решение о создании государственной экспертизы условий труда Томской области. Малочисленный штат отдела государственной экспертизы условий труда (три специалиста) не могли серьезно рассматриваться как структура, осуществляющая управление процессами сохранения жизни и здоровья около 500 тысяч работающих на более чем 20 тысячах предприятий различных форм собственности. В связи с этим нами было разработана «Система государственного управления охраной труда в Томской области», которая в мае 1995 г. была утверждена постановлением главы администрации Томской области [1]. В этой «Системе» были закреплены полномочия областных органов исполнительной власти, их взаимодействие и был создан Координационный совет инспекций по проблемам охраны труда.

В 17 из 20 районах (городах) области утверждены положения о системах управления охраной труда в муниципальных образованиях. Приняты отдельные постановления, определяющие порядок взаимодействия по вопросам охраны труда. В