

Разработка средства дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты на основе малореагентных химических составов

Приведены результаты разработки средства дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты на основе малореагентных химических составов для уменьшения объемов жидких радиоактивных отходов.

Ключевые слова: дезактивация, радиоактивные отходы, спецодежда, средства индивидуальной защиты.

В. Г. Иванец

Розробка засобу дезактивації спецодягу та засобів індивідуального захисту на основі малореагентних хімічних складів

Наведено результати розробки дезактивації засобу спецодягу і засобів індивідуального захисту на основі малореагентних хімічних складів для зменшення об'ємів рідких радіоактивних відходів.

Ключові слова: дезактивація, радіоактивні відходи, спецодяг, засоби індивідуального захисту.

© В. Г. Иванец, 2010

В последние десятилетия широкое применение в технике, промышленности, медицине и науке нашли технологии с использованием источников ионизирующего излучения, радиоактивных веществ и ядерных материалов. Любой вид деятельности человека совместно с пользой для общества несет за собой и негативные последствия. Одним из таких негативных последствий в сфере использования ядерной энергии является образование радиоактивных загрязнений поверхности. Для снижения или устранения радиоактивного загрязнения поверхностей применяют различные способы дезактивации. Естественно, к процессу дезактивации сформулированы требования, связанные с соблюдением санитарно-гигиенических норм, причем особенно жесткие требования — к дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты как наиболее влияющих на здоровье человека в процессе его трудовой деятельности.

Основным способом дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты персонала в настоящее время служит стирка. В процессе стирки происходит значительное образование жидких радиоактивных отходов, имеющих повышенное содержание поверхностно активных веществ (ПАВ) и других реагентов, препятствующих в дальнейшем их эффективной переработке — упариванию и цементации. Поэтому разработка малореагентных способов дезактивации спецодежды и средств индивидуальной защиты при условии сохранения или увеличения эффективности по сравнению с существующими аналогами является актуальной задачей, решение которой позволит повысить экологическую безопасность радиационных технологий.

Стиркой называют процесс очистки спецодежды, спецодежды и средств индивидуальной защиты от загрязнений при помощи водных растворов ПАВ. Радиоактивное загрязнение спецодежды (СО) и средств индивидуальной защиты (СИЗ) имеет свои особенности. СО и СИЗ могут быть загрязнены жиромасляными отложениями, лакокрасочными покрытиями, цементной и металлической пылью, сажей и уличной грязью, липкими веществами, которые закрепляются на тканях, проникая между волокнами в поры и щели.

Радионуклиды в «загрязнении», главным образом, представлены соединениями типа простых Me_nO_m (UO_2 , PuO_2 , SrO , Cs_2O и др.) и сложных форм образования $Me_n^+Me_p^-Me_c^{++}O_m$, где Me^+ , Me^{++} , где Me^{++} — элементы периодической системы Менделеева: кальций, магний, железо, алюминий, кремний, цезий, уран, плутоний и др. Кроме того, радионуклиды могут находиться в виде твердых частиц пыли и в трудноудаляемой сложной адсорбированной на тканях форме, а также в различных степенях окисления в виде сорбированных на тканях растворимых или полимеризованных форм. Например, рутений-106 и церий-144 образуют соединения, сорбированные на тканях: рутений — со степенью окисления от 0 до 8, а церий — от 2 до 4.

В общем виде процесс загрязнения волокон тканей состоит из следующих фаз:

- осаждения частичек пигментов из внешней среды на поверхность волокна;
- адсорбции загрязнения внешней поверхностью волокна;
- диффузии загрязнения внутрь волокна;
- фиксации загрязнений волокнами.

Основными факторами, влияющими на загрязнение, являются статическое электричество, износ тканей, жиромасляные пленки, структура и вид ткани.

В воде с естественной концентрацией солей растворимость радионуклидов составляет от $n \cdot 10^{-7}$ до $n \cdot 10^{-10}$ Ки/л, что значительно меньше, чем необходимо для дезактивации с требуемой эффективностью. Поэтому для дезактивации нужно применять дезактивирующие растворы, которые:

быстро и полно смачивают обрабатываемую поверхность и загрязняющее вещество;

разрушают связь радиоактивного вещества с поверхностью и переводят загрязнение в раствор;

предотвращают повторную сорбцию радиоактивного загрязнения поверхностью;

не оказывают разрушающего действия на поверхность и не вызывают увеличения сорбционной способности поверхности материала;

при переходе в сточные воды спецпрачечной обеспечивают очистку сточных вод с помощью установленного очистного оборудования и применяемой технологии.

Таким образом, технология дезактивации СО и СИЗ должна исключать возможность образования труднорастворимых соединений в процессе стирки и способствовать переводу загрязнения в раствор как в форме воднорастворимых соединений, так и в солубилизированной форме дисперсных труднорастворимых соединений.

Соответственно режимы дезактивации СИЗ должны обеспечивать:

значение коэффициента дезактивации не менее 20;

удаление нерадиоактивных загрязнений биологического и технического характера;

необходимую дезинфекцию СИЗ;

сохранение внешнего вида, защитных и эксплуатационных свойств дезактивируемых СИЗ;

непревышение усадки материалов и снижения прочности на разрыв значений, указанных в нормативной документации на материал [1].

Система водный растворитель — изделия — загрязнения — усилители характеризуется сложностью и многофакторностью. Основными факторами, непосредственно влияющими на процесс дезактивации при разработке нового состава с учетом режимов стирки, были выбраны концентрации смеси ПАВ, регуляторов pH дезактивирующих растворов, комплексобразователей, электролитов, отбеливателей, стабилизаторов, отдушки.

Основные и вспомогательные компоненты рецептур подбирались исходя из того, что современные моюще-дезактивирующие средства, независимо от товарной формы, должны быть удобными для использования, обеспечивать высокое моющее и дезактивирующее действие, предотвращать старение и разрушение дезактивируемых поверхностей, быть стабильными при хранении, легко выделяться из сточных вод или разлагаться не нанося экологического ущерба окружающей среде. При этом дезактивирующие средства должны способствовать снижению энергоемкости процесса стирки, сокращению образования жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и уменьшению их содержания, а также затрат на переработку и хранение ЖРО.

Поскольку обеспечить максимум удовлетворения всех требований невозможно ввиду их противоречивости, а иногда и взаимоисключения, каждая рецептура разрабатывалась исходя из понимания, что конечный продукт должен представлять собой разумный компромисс основных функциональных и эксплуатационных свойств, а также стоимости. В связи с этим поставленная в работе задача сводилась к разработке дезактивирующих средств, обладающих наилучшими моющими и дезактивирующими способностями

при заданной себестоимости и уровне воздействия на окружающую среду. При этом учитывалось, что производство дезактивирующих средств должно быть технологичным, а заложенные в рецептуру компоненты — доступными.

В результате работу по созданию нового дезактивирующего состава можно свести к определению и исследованию многокритериальной функции с определением интервала значений факторов для разработки оптимального дезактивирующего состава. Для этой цели было предложено использовать метод уступок, т. е. поиск не единственного точного оптимума, а некоторой области решений, близких к оптимальному, — квазиоптимального множества.

При решении многокритериальной задачи методом последовательных уступок вначале выполняется качественный анализ относительной важности частных критериев; на основании такого анализа критерии располагаются и нумеруются в порядке убывания важности, так что главным является критерий K_1 , менее важен критерий K_2 , затем следуют остальные частные критерии K_3, K_4, \dots, K_S . Максимизируется первый по важности критерий K_1 и определяется его наибольшее значение Q_1 . Затем назначается величина «допустимого» снижения (уступки) $\Delta_1 > 0$ критерия K_1 и ищется наибольшее значение Q_2 второго критерия K_2 при условии, что значение первого критерия должно быть не меньше, чем $Q_1 - \Delta_1$. Снова назначается величина уступки $\Delta_2 > 0$, но уже по второму критерию, которая вместе с первой используется при нахождении условного максимума третьего критерия, и т. д. Наконец, максимизируется последний по важности критерий K_S при условии, что значение каждого критерия K_r из $S - 1$ предыдущих должно быть не меньше соответствующей величины $Q_r - \Delta_r$; получаемые в итоге стратегии считаются оптимальными.

Таким образом, оптимальной считается всякая стратегия, являющаяся решением последней задачи из следующей последовательности задач:

$$1) \text{ найти } Q_1 = \sup_{u \in U} K_1(u)$$

$$\sup K_2(u)$$

$$2) \text{ найти } Q_2 = u \in U$$

$$K_1(u) \geq Q_1 - \Delta_1$$

$$\dots \dots \dots \sup K_S(u)$$

$$3) \text{ найти } Q_S = \sup_{u \in U} Q_S = \sup_{\substack{K_1(u) \geq Q_1 - \Delta_1 \\ \dots \\ K_{r-1}(u) \geq Q_{r-1} - \Delta_{r-1}}} K_S(u)$$

Если критерий K_S на множестве стратегий, удовлетворяющих ограничениям задачи S , не достигает своего наибольшего значения Q_S , то решением многокритериальной задачи считают максимизирующую последовательность стратегий $\{uk\}$ из указанного множества ($\lim K_S(uk) = Q_S$) [2].

Таким образом, при использовании метода последовательных уступок многофакторная задача сводится к поочередной максимизации частных критериев и выбору величин уступок. Величины уступок характеризуют отклонение приоритета одних частных критериев перед другими от лексикографического: чем уступки меньше, тем приоритет жестче.

В соответствии с вышеизложенным при создании дезактивирующих рецептур были выбраны следующие критерии с ограничением интервала исследований, в порядке ранжирования:

1. Концентрация ПАВ от 10,0 до 25,0%. Диапазон выбирался исходя из соображений достижения высокого моющего действия при сохранении приемлемой себестоимости конечного продукта.

2. Концентрация комплексообразователей от 15,0 до 20,0%. Диапазон выбирался для умягчения воды до уровней, способствующих достижению максимальной моющей способности ПАВ, а также исходя из необходимости стабилизации пероксидных соединений — компонентов разрабатываемых средств.

3. Концентрация регуляторов pH от 10,0 до 15,0%. Диапазон выбирался из соображений достижения и поддержания pH дезактивирующих растворов на уровне 7,8—10,2 для обеспечения максимального моющего действия используемых ПАВ.

4. Концентрация электролитов от 10,0 до 20,0%. Диапазон выбирался из соображений предельного уменьшения критической концентрации мицеллообразования использованных ПАВ.

5. Концентрация отбеливателей от 15,0 до 20,0%. Диапазон выбирался на основании статистического анализа типов и уровней загрязнений (жировые, масляные, белковые, радиоактивные, сажевые и др.) спецодежды, СИЗ с целью достижения в дезактивирующих растворах оптимальной концентрации свободного кислорода, необходимого для эффективного окислительного разрушения загрязнений.

Таким образом на первом этапе были получены наборы интервалов значений концентраций компонентов дезактивирующего раствора. На втором этапе экспериментально оценивались дезактивирующие свойства 106 рецептур растворов согласно требованиям ГОСТ 4.70–81 «Рецептуры дезактивирующие. Система показателей качества продукции». Для корректного сравнения эффективности разрабатываемых средств дезактивации и составления наилучшей рецептуры их экспериментальная проверка проводилась при одинаковых условиях исходного загрязнения, температуре, времени дезактивации и механическом воздействии.

В результате получен ряд рецептур с наилучшими режимами дезактивации в зависимости от природы дезактивируемой поверхности, видов радиоактивных, механических, масляно-жировых загрязнений, солевого состава используемой воды:

Наименование композиции	Назначение
ЩИТ КС	Очистка масляно-графитовых и радиоактивных загрязнений СО
ЩИТ С1	Очистка обычных, жирных, масляно-графитовых и радиоактивных загрязнений СО в жесткой воде
ЩИТ К *	Очистка от радиоактивных загрязнений СО, оборудования и помещений
ЩИТ Щ**	Очистка от радиоактивных загрязнений СО

На основании проведенных исследований разработано 8 дезактивирующих средств и получено 8 патентов Украины [3]. Также на разработанные средства дезакти-

вации марки «ЩИТ» получены ТУ У 23509551.003–97 и ТУ У24.6–31454306–001–2004. Производство данных средств налажено на научно-производственной базе ЗАО «Энергохим» (г. Киев).

Результаты испытаний в условиях промплощадки ОП «Южно-Украинская АЭС» и ОП «Запорожская АЭС» с использованием стандартных рецептур и малореагентных средств дезактивации марки «ЩИТ» свидетельствуют о том, что коэффициенты дезактивации 1 кг сухой СО и СИЗ средством «ЩИТ» аналогичны стандартным, а по ряду загрязнений увеличены до 10 раз; расход химических реагентов снижен на 50–70%; расход воды и объемы сточных вод — на 20–30%; солесодержание сточных вод спецпрачечных сокращено на 15–24%; объемы кубовых остатков после выпаривания сточных вод спецпрачечных уменьшены на 40–55%; стоимость — на 10–15%.

Кроме того, при применении дезактивирующих средств «ЩИТ» возникают положительные социальные и экологические эффекты: сокращается время дезактивации СО и СИЗ, что приводит к уменьшению дозовой нагрузки на персонал спецпрачечных; сокращается количество образующихся ЖРО, что проявляется в уменьшении экологических рисков и повышении безопасности АЭС; сокращается длительность работы оборудования, используемого для дезактивационных работ, а также для последующей переработки ЖРО, что ведет к снижению степени его износа, увеличению продолжительности межремонтного срока эксплуатации и, в конечном итоге, к увеличению сроков его эксплуатации.

Выводы

Предлагаемая методика исследований может быть с успехом адаптирована для других случаев проведения дезактивационных работ. Это позволит выявить оптимальные дезактивационные средства для технологического цикла предприятия в целом и соответственно снизить затраты на проведение дезактивационных работ, а также дозовые нагрузки на персонал, проводящий дезактивационные работы.

Список литературы

1. Носовский А. В., Гавриш В. М., Ключников А. А., Ткачев Д. А. Дезактивация. — К.: Основа, 2009. — 298 с.
2. Подиновский В. В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. — М.: Сов. радио, 1975. — 192 с.
3. Патент на винахід № 65169 від 15.08.2005. «Дезактивуєчий мийний засіб із зниженим піноутворенням».
4. Патент на винахід № 66017 від 15.12.2006. «Спосіб дезактивації спецодягу від радіоактивних забруднень».
5. Патент на винахід № 78517 від 10.2007. «Спосіб дезактивації спецодягу від радіоактивних забруднень».

Надійшла до редакції 06.07.2010.

* Средство с добавлением кислотных составляющих.

** Средство с добавлением щелочных составляющих.