



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
“ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017”
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**

Проспект Свободный - 2017

Материалы научной конференции
посвященной Году экологии в Российской Федерации
17-21 апреля 2017 г.

Электронное издание

Красноярск
СФУ
2017 г.

**Экологические и технологические
проблемы теплоэнергетики**

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Иванова У.С.

Научный руководитель д-р техн. наук Москвичев В.В.

Сибирский федеральный университет

Устойчивое развитие регионов и страны в целом в значительной мере определяется проблемами природно-техногенной безопасности. Возникновение ЧС обусловлены природными, техногенными и социальными факторами, при этом наблюдается многофакторность угроз, взаимно влияющих друг на друга. Аварийная ситуация приводит к одному или совокупности следующих последствий: ухудшению состояния окружающей среды, гибели человека или отклонению здоровья от среднестатистического значения, материальным потерям [1, 2].

Реализация комплексного подхода к решению проблем безопасности предопределяется решением ряда научных и организационных задач. Актуальными становятся задачи по разработке направлений устойчивого развития регионов на основе управления рисками. При анализе рисков субъектов РФ целесообразно представлять их как социально-природно-техногенную систему (С-П-Т система), включающую социосферу, экосферу и техносферу [3,4]. В работе анализируются модели и методы оценки базовых техногенных рисков на потенциально опасных производственных объектах техносферы в С-П-Т системе на примере Красноярского края.

Красноярский край является одним из крупных промышленных регионов РФ, в котором более 700 потенциально опасных объектов с функционально сложными и высокоопасными системами производства [5,6], характеризующимися риском возникновения аварий и катастроф. Базовыми рисками для промышленного региона будут являться:

- индивидуальный риск;
- коллективный риск;
- социальный риск;
- материальный риск;
- экономический риск;

Проведенные расчетные количественные оценки техногенного риска получены на основании статистических данных [7], представленных в государственных докладах МЧС России.

Индивидуальный риск связан с деятельностью отдельного человека или если он подвергается риску в составе части общества (проживание в экологически неблагоприятных регионах, вблизи источников повышенной опасности) и применяется для установления качественного значения с целью управления административными территориями [8]:

$$R = N_n / N_n, (1)$$

где N_n – число погибших за год при определённом виде ЧС и происшествии на заданной территории; N_n – количество населения, проживающего на данной территории.

Для Красноярского края индивидуальный риск, количественные значения которого приведены в таблице 1, не превышает предельно допустимых значений $R < 10^{-5}$.

Таблица 1 – Количественные показатели индивидуального риска на территории Красноярского края

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
число техногенных ЧС	5	3	3	5	4	6
Число погибших	20	0	8	17	11	39
Индивидуальный риск при техногенных ЧС	$7,07 \cdot 10^{-6}$	0	$2,82 \cdot 10^{-6}$	$5,97 \cdot 10^{-6}$	$3,86 \cdot 10^{-6}$	$1,36 \cdot 10^{-5}$

Коллективный риск определяет ожидаемое количество пострадавших людей в результате возможных аварий за определенный интервал времени [9]:

$$R_{колл} = \sum_{i=1}^k n_i p_i, (2)$$

где n_i – значение величины людских потерь при реализации i -го сценария аварийной ситуации из k возможных, который может осуществиться с вероятностью, равной p_i .

Значения коллективного риска для Красноярского края приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Количественные показатели коллективного риска на территории Красноярского края

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Число погибших при техногенных ЧС	20	0	8	17	11	39
Вероятность ЧС техногенного характера	0,00714	0,00428	0,00428	0,00714	0,00571	0,00857
Коллективный риск	0,14286	0	0,03429	0,12143	0,06286	0,33429

Материальный риск связан с потерей материальных или финансовых средств в результате возможных техногенных ЧС [10]:

$$R_{mat} = \sum_{i=1}^k g_i p_i, \quad (3)$$

где g_i – значение стоимости оценки материального ущерба при реализации i -го сценария аварийной ситуации, который может осуществиться с вероятностью, равной p_i .

Таблица 3 – Количественные показатели материального риска для Красноярского края

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Число погибших при техногенных ЧС	20	0	8	17	11	39
Число пострадавших	44	2	45	23	22	121
Ущерб от потери человеческой жизни и здоровья, млн	24,4	0,2	12,5	19,3	13,2	51,1
Материальный риск	0,1743	0,00086	0,0536	0,1378	0,0754	0,438

Социальный риск оценивается динамикой погибших, рассчитанной на 1000 человек и характеризует масштабы и тяжесть чрезвычайных ситуаций [11]:

$$R_c = \frac{1000 C}{L}(t), \quad (4)$$

где C - число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе, L - общая численность исследуемой группы. Данные по Красноярскому краю приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Количественные показатели социального риска для красноярского края

год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Число погибших	20	0	8	17	11	39
Социальный риск при техногенных ЧС	0,007071	0	0,00282	0,00597	0,00385	0,0136

Экономический риск определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом от рассматриваемого вида деятельности [11]:

$$R_s = \frac{B}{П} \cdot 100, \quad (6)$$

где B - вред обществу от рассматриваемого вида деятельности; $П$ - польза. Определение экономического риска от техногенных ЧС достаточно сложно, в связи с отсутствием полноты информации по данным показателям.

Развитие промышленных регионов должно осуществляться без ущерба для будущих поколений. При этом риски для человека и окружающей среды должны быть минимальны. Для рационального планирования основными показателями становятся уровни приемлемого риска. Сравнительные предельно-допустимые показатели, на основании которых возможен анализ, присутствуют только в методике оценки индивидуального риска, что не позволяет объективно оценить степень безопасности региона.

Список используемых источников

1. Безопасность и риски устойчивого развития территорий: монография/ В.Е. Левкевич, А.М. Лепихин, В.В. Москвичев, П.Г. Никитенко, В.В. Ничепорчук, Н.Я. Шапарев, Ю.И. Шокин. – Красноярск: Сиб.федер.ун-т, 2014.-224 с.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций. – М.: МГОФ «Знание», 2015. – 864 с.
3. Научные основы прогнозирования и прогнозные показатели социально-экономического и научно-технологического развития России до 2030 года с использованием критериев стратегических рисков / Н.А. Махутов, Б.Н. Кузык, Н.В. Абросимов – М. ИНЭС, 2011. – 137 с.
4. Махутов Н.А., Абросимов Н.В., Гаденин М.М. Обеспечение безопасности – приоритетное направление в области фундаментальных и прикладных исследований. *Журнал. Экологические и социальные переменны: факты, тенденции, прогноз*, 2013, №3 (27), с. 46-71.

5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности. Красноярский край. – М.:МГФ «Знание», 2001.-576 с.

6. Москвичев В.В., Воронов С.П., Закревский М.П., Лепихин А.М., Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф., Тридворнов А.В., Черняев А.П. Техногенные риски с учетом территориальных особенностей Красноярского края. – Препринт № 4. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2004. – 60 с.

7. Ежегодные государственные доклады МЧС России «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», 2009-2015 гг.

8. МР 2-4-71-40. «По порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов).Методические рекомендации» (утв. Министерством РФ по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 15.07.2016).

9. В.А. Акимов, А.А. Быков, В.Ю. Востоков, Н.Н. Долин, В.М. Кондратьев-Фирсоф, Ю.Д. Макиев. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации). *Журнал. Проблемы анализа риска*, 2005, №1, с-6-32.

10. Сборник методических документов, применяемых для независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороне и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Союз организаций, осуществляющих, экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций промышленной, пожарной и экологической безопасности. Часть 1. Москва, 2008. – 704 с.

11. Сборник методических документов, применяемых при анализе и оценке техногенных рисков. Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности. – Москва. 2011. – 416 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ОТ ГЛИНОЗЕМНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Бачкова С. О.

Научный руководитель д-р техн. наук Кулагина Т. А.

Сибирский федеральный университет

Присутствие риска в век развивающихся технологий и производств неоспоримо. Сам риск и его понятие изучены не в достаточной степени из – за его неопределенности и внезапности возникновения.

Риск – возможность возникновения неблагоприятной ситуации или неудачного исхода производственно – хозяйственной или какой – либо другой деятельности.

Чаще всего в России глиноземные комбинаты располагаются в черте городов и наносят ущерб не только работникам предприятия, но и жителям, проживающим неподалеку от промышленного узла в котором располагается комбинат. Снижение влияние таких предприятий на экологию региона является важнейшей природоохранной задачей.

АГК (Ачинский глиноземный комбинат) является крупнейшим в России предприятием по производству глинозема, входящий в состав алюминиевой компании «РУСАЛ». История АГК начинается с 1955 года, правительством СССР было принято решение о строительстве на базе Кия – Шалтырского месторождения нефелинов рудника и глиноземного комбината вблизи города Ачинска. АГК был поострен без учета розы ветров Ачинска, что повлекло за собой ряд экологических проблем, которые по сей день вносят непоправимый ущерб на экологию не только города Ачинска, но и всего региона в целом [3].

Проблема загрязнения воздуха от АГК стоит остро, еще в 1980 – е годы на комбинате пытались внедрять многоступенчатую систему газоочистки, которая в то время не прижилась из – за громоздкости оборудования и несовершенства технологии того времени. Спустя 35 лет на АГК стали применять вторую ступень газоочистки. Так называемая «мокрая» газоочистка скрубберного типа, принцип действия такой ступени очистки основан на пропускание пенного газа через водяную завесу – газоздушную смесь с мельчайшими частицами воды. Вторая ступень следует после ступени очистки газов через электрофилтры [1].

На АГК за последние годы были проведены следующие мероприятия, направленные на улучшение экологической ситуации в целом:

- Реконструкция шламохранилища ОАО «РУСАЛ Ачинск» (ШК №3);

- Строительство шламовой карты №4;
- Продление срока эксплуатации карты № 2 шламоохранилища ОАО «РУСАЛ Ачинск» с реконструкцией гидротранспорта;
- Продление срока эксплуатации карты № 1 шламоохранилища ОАО «РУСАЛАчинск» до отметки 312.00 м;
- Мероприятия по Выпуску 1 (перевод ТЭЦ на оборотное водоснабжение, строительство очистных КПЛ);
- Реконструкция газоочистных сооружений печи спекания № 10, электрофильтры № 19, 20;
- Реконструкция газоочистных сооружений печи обжига известняка №2 (завершающий этап) [2].

По данным из государственного доклада Красноярского края можно сказать о том, что в городе Ачинске средние за год концентрации в 1,19 ПДК_{с.с.} раз превысили гигиенические нормативы.[3]

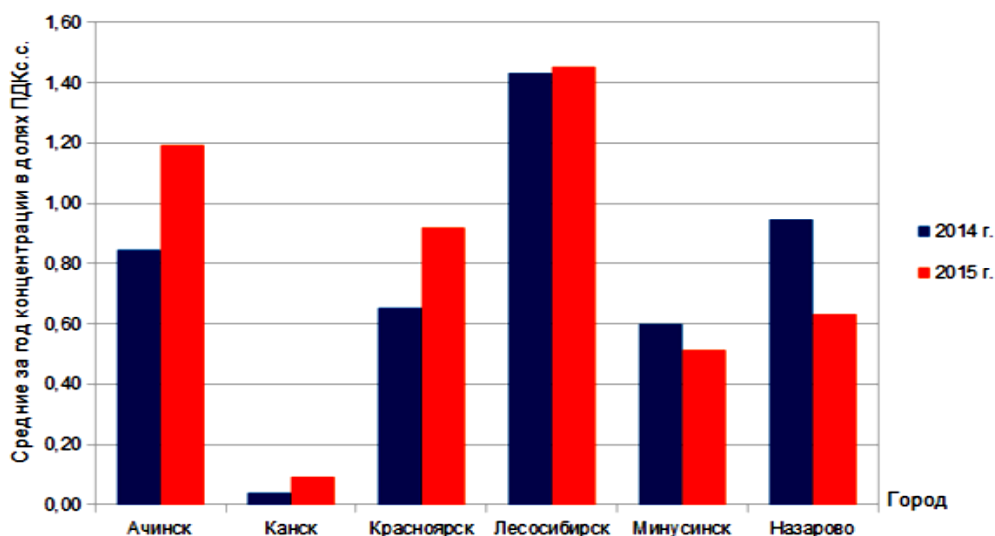


Рис. 2 – Среднегодовые концентрации взвешенных веществ в долях ПДК_{с.с.} в 2014 – 2015 гг.

По сравнению с 2014 г. наблюдался рост среднегодовых концентраций оксида углерода в атмосфере города Ачинск, основными. Основные источники загрязнения атмосферы оксидом углерода – коммунальные и производственные котельные, предприятия металлургии, автотранспорт.

В 2015 г. уровень загрязнения г. Ачинска характеризовался как «высокий». Комплексный индекс загрязнения атмосферы города ИЗА5 ≥ 7 , значение СИ по

бенз(а)пирену – 5,9, НП превышения ПДК по взвешенным веществам – 4,5 %. Основной вклад в высокий уровень загрязнения города внесли среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, формальдегида, диоксида азота, оксида азота и взвешенных веществ. В течение года в атмосфере города зафиксированы случаи, когда разовые концентрации взвешенных веществ, диоксида азота, оксида азота, формальдегида превысили соответствующие гигиенические нормативы [3].

Так – же негативно на природную среду региона в котором расположен глиноземный комбинат влияет термическая обработка минерального сырья, при которой происходят выбросы в атмосферу аниогенных элементов. Существуют и значительные потери тепла, которые влекут за собой потребление большего количества энергетических ресурсов.

Таблица 1 – Выбросы в атмосферу основных предприятий обрабатывающей отрасли края в 2014-2015 гг.

Предприятия	Выбросы в атмосферу тыс. т		Доля предприятий в выбросах (%)			
	2014	2015	отрасли		Красноярского края	
			2014	2015	2014	2015
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»	1828,1	1883,2	93,0	93,0	77,6	76,1
ОАО «РУСАЛ Красноярск»	61,3	60,5	3,1	3,0	2,6	2,4
ОАО «РУСАЛ Ачинск»	33,9	32,3	1,7	1,6	1,4	1,3
Итого	1923,3	1976,0	97,6	97,6	81,6	79,8
Суммарные выбросы по отрасли	1966,6	2024,5	100	100		
Суммарные выбросы по краю	2355,8	2475,9			100	100

По сравнению с 2014 г. суммарные выбросы по двум предприятиям ОАО «РУСАЛ Ачинск» и ОАО «РУСАЛ Красноярск» уменьшились на 2,4 тыс. т. На 55,1 тыс. т увеличились выбросы ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» [3].

Ведущими критериями для выбора приоритетных загрязняющих веществ являются их токсические свойства, распространенность в окружающей среде и вероятность их воздействия на человека: количество вещества, поступающее в окружающую среду, высокая

стойкость вещества в объекте окружающей среды, способность вещества к межсредовому распределению, опасность для здоровья человека [1].

Исключение химических соединений из первоначального перечня анализируемых веществ осуществляется с использованием критериев:

- концентрация неорганических соединений ниже естественных фоновых уровней;
- концентрация вещества существенно ниже референтных (безопасных) уровней воздействия.

Международная методология оценки риска предполагает, что:

- канцерогенные эффекты при воздействии химических канцерогенов, обладающих генотоксическим действием, могут возникать при любой дозе, вызывающей инициирование повреждений генетического материала;
- для неканцерогенных веществ и канцерогенов с негенотоксическим механизмом действия предполагается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают.

Граница СЗЗ по расчету рисков удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" и СанПиН 2.1.6.1032 – 01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» [1].

Список использованных источников

1. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Введ. в действие 05.03.2004.

2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и Министерство здравоохранения СССР. Введ. в действие 01.07.1991.

3. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2015 г.

4. Матюшенко А.И. *Энциклопедия обращения с отходами* / А.И. Матюшенко, Т.А. Кулагина, Г.П. Крючков, Л.Н. Горбунова.; науч.ред. А.И.Матюшенко. – Москва – Смоленск: Изд-во «Маджета», 2007. – 472с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЕЗАКТИВАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАВИТАЦИОННО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ

В.В. Шеленкова

Научный руководитель д-р. техн. наук Т.А. Кулагина

Сибирский федеральный университет

При эксплуатации атомных электростанций, исследовательских реакторов, кораблей и судов с ядерными транспортными установками, предприятий ядерного топливного цикла, при добыче и переработке природных ископаемых (нефти, газа, цветных металлов), а также при переработке радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива происходит загрязнение оборудования, помещений и средств индивидуальной защиты персонала радиоактивными изотопами в различной химической форме и агрегатном состоянии.

Следует отметить, что поверхностное радиоактивное загрязнение является значимым фактором радиационного воздействия на персонал при проведении работ с использованием источников ионизирующего излучения. Поэтому в целях исключения дополнительных источников облучения персонала, образования радиоактивных аэрозолей и разноса радиоактивных загрязнений необходимо своевременно проводить дезактивацию оборудования, средств индивидуальной защиты и других загрязненных радиоактивными веществами поверхностей.

Реализация любого способа дезактивации осуществляется в две стадии. Первая стадия процесса дезактивации заключается в преодолении связи между радиоактивным веществом (молекулы, ионы, радиоактивные частицы) и поверхностью обрабатываемого объекта. Вторая стадия включает транспортировку радиоактивного вещества с обрабатываемой поверхности загрязненного объекта. Если вторая стадия осуществляется не в полной мере, то происходит оседание радиоактивных веществ из отработанной среды обратно на поверхность и повторное загрязнение поверхности уже в процессе дезактивации.

Разграничение всего процесса дезактивации на две стадии дает возможность обосновать параметры, характеризующие конкретный способ дезактивации. К таким параметрам относятся: состав дезактивирующих растворов, норма их расхода на единицу поверхности, условия применения дезактивирующих сред (скорость обработки, давление и др.) [1].

В настоящее время для дезактивации применяются химические, физико-механические, физико-химические способы. Наибольшее распространение получили химические и механические способы дезактивации.

В группе химических методов средством воздействия на загрязненную поверхность является дезактивирующий раствор или другая среда, содержащая химические реагенты. Процесс дезактивации поверхностей материалов в этом случае можно выразить следующим образом [1]: (поверхность + загрязняющее вещество) + моющий раствор → поверхность + (моющий раствор + загрязняющее вещество). Поверхность освобождается от радиоактивного загрязнения, а радиоактивное вещество переходит в моющий раствор, т.е. происходит разрушение связи загрязнения с поверхностью. При этом состав моющего раствора подбирают таким образом, чтобы наиболее эффективно разрушить связь радиоактивных изотопов с поверхностью и предотвратить их повторную сорбцию, т.е. приведенный выше процесс должен быть направлен только слева направо.

Основные компоненты дезактивирующих растворов – вода, поверхностно-активные и комплексообразующие вещества, кислоты, щелочи, окислители и некоторые соли. В большинстве случаев используют сложные растворы, состав которых выбирают с учетом сил, удерживающих загрязняющее вещество на поверхности. Хороший эффект часто дает поочередное использование различных растворов, например, кислого и щелочного, окислительного и восстановительного [2].

В данной статье описан эксперимент по дезактивации загрязненных образцов нержавеющей стали с использованием кавитационно-активированной воды [3-8]. Эксперимент планируется реализовать на промплощадке ФГУП «Горно-химический комбинат» г. Железногорск. Для проведения эксперимента предлагается использовать натурные образцы нержавеющей стали. Основная определяемая величина в ходе эксперимента – коэффициент дезактивации, равный отношению активности образца до и после обработки. Дезактивация образцов будет проводиться тремя способами: дезактивация погружная, растиранием раствора, струйная.

Погружная дезактивация благодаря своей простоте и эффективности является одним из наиболее широко используемых на практике способов. Способ заключается в погружении дезактивируемого изделия в ванну с дезактивирующим раствором. Этим способом можно обрабатывать изделия различной конфигурации и размеров.

Дезактивация растиранием раствора является разновидностью протирания. Удаление радиоактивных загрязнений осуществляется дезактивирующим действием раствора в сочетании с механическим воздействием щетки или ветоши – простой, универсальный и распространенный способ. К достоинствам можно отнести возможность проводить обработку оборудования сложной формы и труднодоступных участков.

Способ струйной дезактивации заключается в подаче дезактивирующего раствора на поверхность струей под давлением. При этом струя производит одновременное химическое,

механическое и термическое воздействие. Данный способ позволяет удалить рыхлые и плотные отложения с металлов и защитных покрытий [9].

Первоначально планируется провести две серии эксперимента. Первая серия эксперимента проводится с использованием воды и кавитационно-активированной воды без добавления химических реагентов. Перед началом дезактивации необходимо обязательно провести измерение общего и снимаемого радиоактивного поверхностного загрязнения [10]. Последовательно дезактивировать натурные образцы нержавеющей стали, используя перечисленные выше способы погружной, растиранием раствора и струйной дезактивации. После каждого цикла дезактивации необходимо проводить измерения общего и снимаемого радиоактивного загрязнения. После измерения радиоактивного поверхностного загрязнения для каждого цикла дезактивации рассчитать коэффициент дезактивации. Обработка каждого образца одним из способов будет проводиться в течение 5 минут при комнатной температуре.

Вторая серия эксперимента предусматривает использование кавитационно-активированной воды с добавлением химических реагентов. Последовательность проведения эксперимента аналогично первой серии, первая часть – вода с добавлением химических реагентов, вторая часть – кавитационно-активированная вода с добавлением химических реагентов.

После получения первых численных результатов планируется проводить последующие эксперименты с изменением исходных условий, таких как время обработки, условия внешней среды (температура), вид обрабатываемой поверхности и т.п.

Цель экспериментов не только увеличение эффективности процесса дезактивации, а также выбор режимов дезактивации, учитывающих время обработки изделия, количество, используемого дезактивирующего раствора, объемы жидких радиоактивных отходов, радиационное воздействие на персонал, экономический фактор.

Список использованных источников

1. Зимон А.Д., Пикалов В.К. *Дезактивация*. М.: ИздАТ, 1994. 336 с.
2. Белюсенко Н.А., Соловьянов А.А. Состояние и контроль радиационно-экологической безопасности в ТЭК России. *Безопасность труда в промышленности*, 1997, № 3, 16-20.
3. Кулагин В.А. О феноменологической модели механолиза воды, *Вестник КГТУ*. Красноярск: КГТУ, 1996. Вып. 2. 61–68.
4. Демиденко Н.Д., Кулагин В.А., Шокин Ю.И., Ли Ф.-Ч. *Тепломассообмен и суперкавитация*. Новосибирск: Наука, 2015. 436 с.

5. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. *Кавитационная технология*; ред. Г.В. Логвинович. Красноярск: Изд-во КГУ, 1990. 200 с.
6. Кулагин В.А. Гидродинамические воздействия на жидкости, золи, смеси и твердые границы потоков, *Вестник КГТУ*. Красноярск: КГТУ, 1997. Вып. 8. 26–43.
7. Кулагина Т.А., Козин О.А., Матюшенко А.И. *Экологическая безопасность техносферных объектов*, Красноярск, 2015, 323 с.;
8. Кулагин В.А., Кулагина Т.А., Матюшенко А.И. Переработка отработавшего ядерного топлива и обращение с радиоактивными отходами, *Журнал СФУ. Техника и технологии*. 2013, 6(1). 56–60.
9. Широков С.С., Кузнецов А.Ю., Холопова О.В. Исследование процесса дезактивации металлических изделий с учетом обратной сорбции радионуклидов *Радиохимия*, 2015, № 2, 154-156.
10. *Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы*. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.