

Контроль за численностью микроорганизмов осуществляется по истечении 3 суток после формирования бурта и далее еженедельно, до окончания процесса.

Плановая продолжительность процесса от 15 до 90 суток (в зависимости, например, от температуры окружающей среды в разные времена года).

Внедрение данной технологии на ОСК г. Юрги может иметь практическое применение, данная идея направлена на улучшение природоохранных мероприятий на предприятии и дает возможность практического применения образующегося осадка в качестве органоминерального удобрения, рекультиванта земель и изоляционного материала на полигоне захоронения бытовых и промышленных отходов, а так же позволит предприятию ООО «Юрга Водтранс» снизить затраты при утилизации образующихся на иловых картах осадков сточных вод.

Литература.

1. Лобовиков А.О. Эколого-экономическая эффективность использования наилучших доступных технологий утилизации осадков сточных вод: канд. дис. на соискание ученой степени / А.О. Лобовиков. – Благовещенск: сам. издат., 2008. – 180 с.
2. Перспективы использования активных илов станций аэрации в качестве органических удобрений / Кириллов М.В, Асонов А.М. // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 2. – С. 43–45.
3. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. «Водоснабжение и канализация» и «Очистка природных и сточных вод» / С.В. Яковлев, А.Я. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.
4. Чемерис М.С. Экологические основы утилизации осадков городских сточных вод: канд. дис. на соискание ученой степени / М.С. Чемерис. – Новосибирск: сам. изат., 2006. – 302 с.

ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ

И.В. Толстихин, И.С. Рыбалко, студенты группы 17390

*Научный руководитель: Пеньков А.И., старший преподаватель каф. БЖДЭиФВ
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Введение

Опасность непредсказуемых изменений в стабильном состоянии биосферы, к которому исторически приспособлены природные сообщества и виды, включая самого человека, столь велика при сохранении привычных способов хозяйствования, что перед нынешними поколениями людей, населяющими Землю, возникла задача экстренного усовершенствования всех сторон своей жизни в соответствии с необходимостью сохранения сложившегося круговорота веществ и энергии в биосфере. Кроме того, повсеместное загрязнение окружающей нас среды разнообразными веществами, подчас совершенно чуждыми для нормального существования организма людей, представляет серьезную опасность для нашего здоровья и благополучия будущих поколений.

В нынешних условиях, когда российская атомная энергетика находится на подъеме и активно сооружаются новые ядерные энергоблоки, вопрос о воздействии атомных станций на окружающую среду приобретает первостепенную важность. В статье раскрывается ряд аспектов, связанных с безопасностью выбросов АЭУ.

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, АЭС. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, цезия, стронция, молибдена, рутения и плутония, газы - криптон, ксенон, реже - оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта.

Основная часть

Обеспечению безопасности атомных энергоустановок (АЭУ) изначально, со времени их создания, уделялось постоянное внимание. В последние два десятилетия оно существенно возросло. В настоящее время значительные усилия направлены на разработку комплекса технических и органи-

зационных мер по безаварийной эксплуатации АЭУ как в штатных режимах, так и при чрезвычайных ситуациях.

Вместе с тем опыт работы атомной энергетики свидетельствует, что учесть все факторы, возникающие в процессе функционирования названной отрасли, невозможно. Это относится и к человеческому фактору, прежде всего к целенаправленным действиям людей. Так, например, сколько бы ни совершенствовались конструкция реактора, внешняя его защита, системы управления, подбор кадров для АЭС и т.д., всегда остаются реальной опасностью злонамеренные действия преступников (террористов).

Несомненно, недопущение аварийных режимов работы реакторов путём принятия мер технического и организационного характера снижает вероятность появления чрезвычайных ситуаций. Но было бы неосторожно и неразумно априори предполагать их стопроцентную эффективность. Даже при малой вероятности событий, подобных аварии на АЭС Тримайл-Айленд или на Чернобыльской (ЧАЭС), возможность возникновения таковых (или сколь угодно небольших ЧС) не равна нулю, и это необходимо учитывать.

Печальный опыт чернобыльской аварии показал, что одной из наиболее актуальных задач является предотвращение распространения выброса радиоактивной пыли. В случае взрыва на АЭС крупные фрагменты силовой установки и тяжелые частицы оказываются на поверхности земли в непосредственной близости от места аварии, а пылевые - микронных и субмикронных размеров, поднимаясь высоко в атмосферу, уходят на большие расстояния, преодолевая государственные границы. При этом их выделение из зоны взрыва, как мы видели на ЧАЭС, может продолжаться неделями и месяцами, пока не удастся создать вокруг разрушенной конструкции идеально непроницаемую оболочку. На 4-м блоке ЧАЭС утечка радиоактивных аэрозолей в атмосферу в небольших масштабах отмечается до настоящего времени, хотя он оборудован объектом «Укрытие» (саркофаг).

Способы локализации аэрозольных выбросов.

Все известные экологически вредные аэрозольные выбросы условно можно разделить на две группы:

- мощные, в открытую атмосферу (аварийные ситуации с залповым выбросом), предотвратить которые весьма затруднительно (например, при запроектной аварии типа чернобыльской);
- местные, происходящие при локальных аварийных ситуациях в замкнутом объеме или при выполнении технологических операций (например, при резке и утилизации конструкций, содержащих радиоактивные материалы и т.п.).

Для локализации мощных выбросов (необходимость в этом стала особенно очевидна после аварии на Чернобыльской АЭС) предлагаются различные способы и устройства, в основе которых лежит использование заградительной завесы из газо-жидкостных струй или создание интенсивного СВЧ-поля с применением РЛС большой мощности и высоковольтного электрического разряда, возникающего между электродами, размещенными на вышках значительной высоты.

Один из способов включает в себя образование над источником выброса заградительной завесы из газо-жидкостных струй, которые затем улавливают в сборник-поглотитель, содержащий жидкость, способную связывать продукты выброса.

Другой способ принудительного управляемого осаждения изотопов из радиоактивного облака заключается в его облучении с помощью специального устройства электромагнитными волнами в СВЧ-диапазоне посредством мощной РЛС. По мнению авторов этого способа, таким образом обеспечивается коагуляция радиоактивных изотопов. Кроме того, происходит высоковольтный электрический разряд между электродами разрядных вышек, способствующий соответственно возникновению разряда между облаком и заземленными электродами и приводящий к осаждению радиоактивных частиц.

Предложен также способ локализации и осаждения радиоактивных изотопов из воздушной среды.

При этом предполагается создание над разрушенным реактором АЭС аэрозольного облака из капель воды (диаметр частиц 0,01-0,2 мм), на которое воздействуют СВЧ-излучением с двумя электромагнитными полями одинаковой частоты и начальными фазами, отличающимися на величину $\pi/2$ - для положительно заряженных частиц, для отрицательно заряженных - на величину $3/2 \pi$.

Недостаток двух последних способов - необходимость ввода в атмосферу весьма большой мощности СВЧ-излучения, при том, что его распространение за пределы зоны выброса нежелательно, поскольку небезопасно для окружающей среды.

Основными общими недостатками всех трёх способов являются:

- громоздкость, значительный объем и сложность используемого оборудования, а также высокая стоимость его;

- невозможность увеличения скорости осаждения вредных аэрозолей, включая коагулированные, поскольку осаждение происходит только за счет поля гравитации Земли;
- стационарность расположения оборудования у места выброса, что при наличии воздушных потоков в значительной мере делает предлагаемые способы неэффективными;
- общий низкий КПД локализации и осаждения вредного аэрозольного выброса.

Эти способы не могут быть использованы даже при масштабах выбросов, имевших место на АЭС в Тримайл-Айленде (не говоря уже о ЧАЭС), так как требуют создания конструкций многокилометровых размеров, что нереально.

Вместе с тем описанные способы, по-видимому, работоспособны при осаждении радиоактивных выбросов в замкнутых объемах, а также для локализации мелкомасштабных - в атмосферу.

Поэтому как наиболее приемлемый рекомендуется способ локализации и быстрого осаждения аэрозольных вредных (в том числе радиоактивных) выбросов, причём любого масштаба. Посредством турбулентных струй, состоящих из сильно заряженных аэрозолей (воды или спецреагентов), формируется соответственно электрически заряженное облако, локализирующее источник выброса вредных аэрозолей. За счет сильного электрического поля между созданным облаком и поверхностью, на которую наслаиваются вредные аэрозоли, осуществляются физические процессы, которые позволяют существенно ускорить осаждение частиц выброса.

Такой способ может быть применен в свободном или замкнутом пространстве. Количество и технические характеристики установок, создающих заряженные струи, определяются размером вредного выброса, поскольку на базе имеющейся техники можно создать заряженные струи длиной не менее 500 метров, а затем на их основе - облака заряженного аэрозоля. Этот способ наиболее эффективный при чрезвычайно обширных аэрозольных выбросах в атмосферу. Рассмотрим его подробнее.

Осаждение крупномасштабных аэрозольных выбросов с помощью заряженных аэрозольных потоков реагентов.

Одним из основных достоинств предлагаемого выше способа является возможность при его использовании существенно ускорить осаждение аэрозольных частиц в электрическом поле создаваемого облака заряженного аэрозоля. Диапазон размеров этих частиц, особенно мелкодисперсных, весьма широк.

Известно, что именно мелкодисперсные вредные аэрозольные выбросы представляют главную опасность распространения на обширные территории (они составляют львиную долю аварийных и технологических выбросов).

Проведённый анализ показал, что в радионуклидном составе выброса аварийного 4-го блока присутствуют различные химические элементы: газы (Xe, Kr), сравнительно легко испаряющиеся вещества (J, Cs, Sr) и тугоплавкие элементы (Mo, Pu, Ru и др.)*. Длительные исследования свидетельствуют, что над разрушенным блоком ЧАЭС и созданным над ним объектом «Укрытие» за время наблюдения (май 1986 г.- декабрь 2004 г.) размеры аэрозольных частиц находились в интервале 0,3-10 мкм. Наблюдения осуществлялись в различных местах названного объекта, вблизи него, на расстоянии до 5 км, во все времена года при любых метеоусловиях и при проведении всевозможных работ. Отмечено, что аэрозольные частицы размером до 1 мкм в силу малой скорости гравитационного осаждения почти не выявлены вблизи территории ЧАЭС. Вероятно, они уносились по воздуху на весьма значительные расстояния.

Представляют в этом плане интерес данные по фракционному составу частиц выбросов на предприятии МосНПО «Радон», работающем с радиоактивными отходами атомной промышленности. В отходящих газах на установке сжигания остеклованных составов, включающих в себя золу, которая образуется при переработке радиоактивных отходов, дисперсный состав уносимых аэрозолей следующий (см.табл.1).

Таблица 1

Дисперсный состав уносимых аэрозолей в отходящих газах остеклованных составов при сжигании

Размер частиц, мкм	<1,5	1,5-2,2	2,2-3	3-3,4	4,3-5,3	5,3-7,4	7,4-10,6	>10,6
Содержание частиц в массе выброса, масс. %	14	19	23	8	5	6	17	9

А в случае остекловывания высокосолевыми жидких радиоактивных отходов и шламов дисперсный состав унесенной из плавителя пыли был такой (см.табл.2).

Таблица 2

Дисперсный состав пыли в случае остекловывания высокосолевыми жидких радиоактивных отходов и шламов

Размер частиц, мкм	<0,9	0,9-1,3	1,3-1,7	1,7-2,5	2,5-3,1	3,1-4,3	4,3-6,1	>6,1
Содержание частиц в массе выброса, масс. %	14	19	23	8	5	6	17	9

Как следует из вышеизложенного, данные по размерам частиц аэрозолей удовлетворительно согласуются между собой и могут служить базой для оценок при исследовании возможностей использования заряженных струй и облаков для осаждения радиоактивных аэрозолей, образующихся во время работы предприятий атомной промышленности или возникающих во время техногенных аварий,

Процессы взаимодействия аэрозольных частиц вредных выбросов (в том числе радиоактивных) в сильных электрических полях в присутствии сильно заряженных частиц спецреагентов, внедренных в эти выбросы, ведут к ускорению процесса коагуляции элементов смеси, а также к абсорбции заряженными частицами комплексов вредных выбросов. В результате существенно уменьшается время осаждения продуктов реакций частиц вредных выбросов со спецреагентами и непрореагировавших аэрозолей. Так, для частиц размером менее 30 мкм скорость гравитационного осаждения в неподвижной атмосфере весьма мала - может составлять десятки минут и часов. С учетом конвекции и ветра в реальной атмосфере время гравитационного осаждения становится неопределенно большим.

Использование искусственно формируемых облаков заряженного аэрозоля, способных создавать сильные электрические поля (с напряженностью электрического поля до 20 кВ/см), позволяет значительно ускорить как процессы коагуляции аэрозольных частиц, так и их осаждение на поверхность (например, на поверхность земли в открытом пространстве или на стены помещения).

В табл. 3 приведены расчетные значения установившейся скорости осаждения аэрозольных частиц (с плотностью γ част = 3,5 г/см³ при их зарядке в поле коронного разряда с напряженностью $E_{кор} = 5$ кВ/см во внешнем электрическом поле с напряженностью E). Из показателей табл. 3 видно, что скорость осаждения заряженных аэрозольных частиц под действием внешнего электрического поля будет на несколько порядков превышать скорость их гравитационного осаждения ($E = 0$) для аэрозольных частиц размером менее 15-20 мкм.

Таблица 3

Установившаяся скорость (м/с) осаждения заряженных аэрозольных частиц различного размера в зависимости от напряженности внешнего электрического поля

Напряженность поля, E , кВ/см	Размер частиц a , мкм						
	1	2	5	10	15	20	30
0	0,0004	0,0016	0,01	0,04	0,092	0,16	0,36
0,5	0,024	0,048	0,12	0,24	0,36	0,48	0,72
1	0,048	0,096	0,24	0,48	0,72	0,96	1,44
5	0,24	0,48	1,2	2,4	3,6	4,8	7,2

Эти данные подтвердились в эксперименте группы учёных**. Было выявлено уменьшение времени осаждения более чем на два порядка (в 200 раз) при введении струи заряженного аэрозоля в облако мелкодисперсного вредного аэрозоля (средний размер частиц $a = 0,3$ мкм). Таким образом, использование предлагаемого метода и созданных для его реализации устройств даёт возможность уменьшить время осаждения аэрозолей вредных продуктов выброса до десятков секунд.

Сейчас созданы устройства - генераторы заряженного аэрозоля (ГЗА), позволяющие получать протяженные сильно заряженные аэрозольные облака с предельными объемными зарядами до 10^{-3} - 10^{-2} - Кл/м³, которые обеспечат напряженность электрического поля в больших объемах промежутка «облако заряженного аэрозоля - земля (или поверхность осаждения)». По принципу действия они могут быть разделены на три группы: конденсационные ГЗА с коронным зарядным устройством;

пневматические ГЗА с индукционной зарядкой частиц; устройства, сочетающие пневматический ГЗА с высокоскоростным потоком.

В зависимости от места, мощности и состава вредного аэрозольного выброса могут быть предложены два варианта применения разработанного способа.

1. Для локализации и осаждения вредного аэрозольного выброса в объеме замкнутого помещения (суммарный заряд аэрозольной системы, формирующей в нём электрическое поле, больше суммарного заряда аэрозольной системы, заряжающей частицы вредного аэрозольного выброса).

2. Для локализации и осаждения вредного аэрозольного выброса в открытом пространстве путем создания над ним мощного облака заряженного аэрозоля с помощью системы униполярно заряженных аэрозольных потоков и организации нескольких заградительных рубежей (ступеней) из групп заряженных аэрозольных потоков (крупномасштабные выбросы) (см.схему).

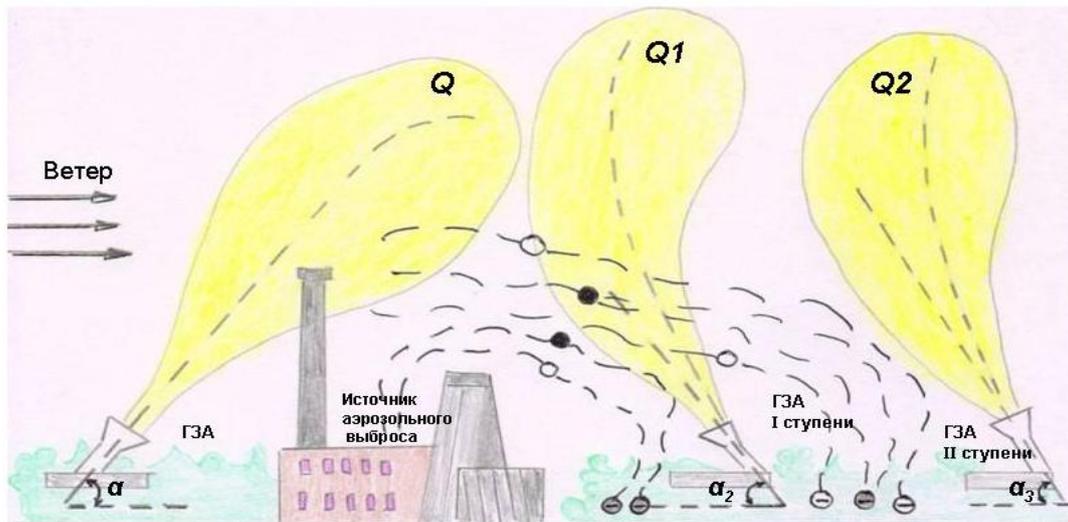


Рис. 1. Схема применения способа локализации и осаждения вредного аэрозольного выброса в открытом пространстве

Условные обозначения: Q, Q1, Q2 – облака заряженных аэрозолей, создаваемые генераторами заряженного аэрозоля (ГЗА); α , α_1 , α_2 – направление осей ГЗА.

Заключение

В заключение хотим ещё раз подчеркнуть, что способ, описанный последним, в настоящее время является единственным и наиболее эффективным при осаждении чрезвычайно обширных аэрозольных выбросов в атмосферу. В данный момент он не имеет альтернативы.

* Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленных для МАГАТЭ. Атомная энергия. 1986. т.61, вып. 5, с. 301-320.

** Салов В., Ширяев.С. и др. О физическом механизме подавления плотного дыма в замкнутых помещениях введением заряженного аэрозоля. Письма в ЖТФ, 2001, т. 27, вып., с 88-94.

Литература.

1. Данилов-Данильян В.И. «Экология, охрана природы и экологическая безопасность» М.: МНЭПУ, 1997 г.
2. Белов С.В. «Безопасность жизнедеятельности» М.: Высшая школа, 1999 г.
3. Салов В., Ширяев.С. и др. О физическом механизме подавления плотного дыма в замкнутых помещениях введением заряженного аэрозоля. Письма в ЖТФ, 2001, т. 27, вып., с 88-94.