



Методы контроля и предупреждения промышленных выбросов

Е.А. Гребенюк (ИПУ РАН)

Рассматриваются проблемы обеспечения экологической безопасности на промышленных предприятиях: организации производственного экологического контроля, контроля промышленных выбросов, и формирования комплексной оценки воздействия деятельности предприятия на окружающую среду.

Ключевые слова: промышленные выбросы, экологический мониторинг, LIMS, оценка состояния, модели распространения, экологические риски.

Введение

Промышленные предприятия по-прежнему остаются одним из основных участников загрязнения окружающей среды. По данным, опубликованным в Государственном докладе "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации" 2007 г. (<http://www.mnr.gov.ru>), ежегодно на территории России выпадает не менее 4,22 млн. т серы, 4 млн. т азота в виде кислотных соединений, содержащихся в атмосферных осадках. Высокие уровни выпадений серы (550...750 кг/км² в год) и суммы соединений азота (370...720 кг/км² в год) в виде больших по площади ареалов (несколько тыс. км²) наблюдаются в густонаселенных и промышленных регионах страны. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия топливно-энергетического комплекса, тяжелой промышленности, машиностроительных отраслей. Тепловые электростанции загрязняют атмосферу выбросами, содержащими сернистый ангидрид, двуокись серы, оксиды азота, сажу, соли тяжелых металлов в составе твердых пылевых частиц, предприятия цветной металлургии, машиностроения и металлообработки – соединениями цветных и тяжелых металлов, парами ртути, сернистым ангидридом, окисями азота, углевода и др. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность являются источниками таких загрязнителей атмосферы, как сероводород, сернистый ангидрид, окись углерода, аммиак, углеводород и бензапирен. Выбросы в атмосферу от предприятий неорганической химии содержат окиси серы и азота, соединения фосфора, свободный хлор, сероводород.

Для улучшения экологической обстановки необходимо проведение качественного и систематического контроля выбросов в атмосферу, совершенствование технологий очистки промышленных отходов, а также внедрение экологически чистых, малоотходных ТП. Обеспечение экологической безопасности функционирования промышленных объектов невозможно без получения достоверной и исчерпывающей информации о степени загрязнения воздуха, почв и вод. Необходимая информация получается в результате проведения экологического мониторинга концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, вод-

ной среде и почвах. По результатам мониторинга формируется комплексная оценка фактического состояния среды, включающая прогноз и риски возникновения экологически опасных ситуаций. По результатам комплексной оценки осуществляется регулирование выбросов вредных веществ в атмосферу: кратковременное сокращение их в периоды неблагоприятного развития ситуации.

Производственный экологический контроль выполняется с целью обеспечения установленных законодательством требований в области охраны окружающей среды. Если получена информация о возможности возрастания концентраций загрязняющих веществ вследствие неблагоприятных метеорологических условий или возникновения дополнительных внеплановых источников загрязнения (например, вследствие аварийной ситуации), то согласно РД 52.04.52-85. "Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях" на предприятиях в соответствии с заранее разработанным сценарием должны проводиться мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Если в результате промышленных выбросов в атмосферу, сбросов промышленных вод в водные объекты и несанкционированного захоронения промышленных отходов резко ухудшается состояние природной среды, то к предприятию предъявляются штрафные санкции и требования по совершенствованию качества ТП и очистного оборудования.

В настоящее время проблемы обеспечения экологической безопасности решаются на государственном уровне. Принят ряд нормативных актов РФ, направленных на совершенствование контроля за промышленной безопасностью, разрабатываются Федеральные законы "Об общем техническом регламенте об экологической безопасности" и "О плате за негативное воздействие на окружающую среду", направленные на усиление ответственности предприятий за загрязнение окружающей среды. Поэтому предприятия заинтересованы в оснащении производства современными средствами контроля и совершенствовании очистных сооружений. В статье рассматриваются средства контроля источников выбросов и комплексной оценки состояния окружающей среды.

Контроль промышленных выбросов предприятий

К объектам производственного экологического контроля на предприятии относятся источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (стационарные и передвижные), системы очистки отходящих газов, подземные и наземные стоки предприятия, объекты размещения и утилизации отходов производства и потребления (площадки временного хранения, полигоны и т. п.). Основным показателем ухудшения качества атмосферы и водных объектов являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе, в воде. Уровни ПДК одного и того же вещества различны для разных объектов внешней среды и различных временных интервалов. Различают среднесуточное ПДК, ПДКж.з. – жилой зоны, ПДКр.з. – в рабочей зоне, ПДК_{мр} – максимально-разовое значение, ПДК_{почв} – в почве. Максимально-разовое значение ПДК устанавливается для предотвращения рефлекторных реакций человека при кратковременном действии примесей. Среднесуточное значение ПДК устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного действия вещества на организм человека.

Под выбросами понимается кратковременный или за определенное время (секунда, год) выпуск (сброс) в окружающую среду загрязняющих веществ и отходов производства (дыма, газов, сажи и иных химических веществ). В качестве нормируемых показателей приняты предельно допустимый выброс (ПДВ) и временно согласованный с организациями охраны природы выброс (ВСВ).

ПДВ в г/с (т/год) является научно-техническим нормативом, устанавливаемым для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы, исходя из условия, что выбросы загрязняющих веществ от него и всей совокупности источников в рассматриваемой зоне с учетом их рассеивания в атмосфере не создадут приземных концентраций, превышающих ПДК.

Основанием для установления временно согласованного выброса (ВСВ) загрязняющего вещества в атмосферу может являться наличие объективных технических или экономических причин, не допускающих достижения предприятием норматива предельно допустимых выбросов (ПДВ) в настоящее время.

Промышленные выбросы подразделяют на организованные и неорганизованные. Организованные выбросы поступают через специально сооруженные газоходы, воздухопроводы и трубы, неорганизованные выбросы поступают в атмосферу в виде ненаправленных потоков в результате нарушения герметизации, нарушения технологии производства или неисправности оборудования.

Производственный экологический контроль разделяется на:

- контроль технологического цикла производства (контроль выбросов, сбросов, отходов на каждой технологической стадии),

- контроль "на конце трубы" (выполнения ограничений на величину ПДВ, предельно допустимых сбросов (ПДС), проектных нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР));

- контроль на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ);

- контроль окружающей среды в жилой зоне.

Для контроля промышленных выбросов в атмосферу используются многокомпонентные газоанализаторы, каждый из которых в зависимости от модификации может измерять концентрации 3...6 газов, например, газоанализаторы АНК-310, КАСКАД-Н2, TESTO 350, КАСКАД-200, ГАНК-4С(Р)/2, анализаторы пыли "ДАСТ 47" (Россия), F-701 VEREWA (Германия), 8520 TSI (США).

С использованием этих приборов могут быть измерены концентрации кислорода (O₂), оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO₂), диоксида азота (NO₂), оксида азота (NO), диоксида серы (SO₂), сероводорода (H₂S) и др., общая (размер частиц до 100 мкм) и мелкодисперсная (размер частиц менее 10 мкм) фракции концентраций аэрозолей.

Для экспресс-контроля массовых концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах используются экспресс-анализаторы. Например, анализатор жидкости Флюорат-02, позволяющий проводить экспресс-анализ воды водоемов и водотоков на содержание загрязнителей, контроль загрязненности почв и грунтов нефтепродуктами и тяжелыми металлами, контроль содержания токсичных веществ в питьевых и сточных водах; анализатор "Инспектор-1-1", который включен в "Перечень средств измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий", разработанный Минприроды РФ. Для отбора проб пыли, аэрозолей кислот и щелочей из газоходов могут быть использованы экспресс-анализаторы "Инспектор-ЗПМ" и роботоотборный зонд ПЗ "АТМОСФЕРА".

Оборудование для непрерывного контроля загрязнения воздуха, анализа чистоты воды, измерения содержания токсичных соединений в промышленных выбросах и стоках, вспомогательное оборудование для непрерывного отбора проб газов и воды представлено на рынке многочисленными зарубежными производителями. В их числе: промышленная группа ABB Instrumentation and Analytical, компании Altech Environment U.S.A и K2BW Environmental Equipment Co, приборостроительная компания Mercury Instruments GmbH и др.

Загрязнение водных объектов происходит различными путями, из которых основным является сброс неочищенных и необезвреженных промышленных вод. Мониторинг состояния водных объектов включает проведение ежемесячных анализов их качества в нескольких точках замеров. В отобранных пробах проводится анализ концентраций взвешенных веществ, pH, хлоридов, сульфатов, фосфатов, солей металлов, нефтепродуктов, фенола, формальдегида и т.д.

Предприятия нефтеперерабатывающей, сланце-перерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной, металлургической и других отраслей промышленности являются источниками поступления в поверхностные воды большого количества нефтепродуктов и фенолов. Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние. В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, кислотно-щелочной баланс pH, ухудшается газообмен с атмосферой. Сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды являются основным источником поступления меди в природные воды. Медь может появляться в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения.

Аналитический контроль воды в различных ТП, использующих ее как рабочую среду, например, в тепловой и атомной энергетике, и контроль состава водных сбросов промышленных предприятий до сих пор основаны на результатах лабораторных анализов периодически отбираемых проб. Для отбора проб используются отечественные батометры (Рутгнера, Молчанова ГР-18). Комплексное приборное оснащение для мониторинга водоемов должно обеспечивать автоматический отбор проб воды. Одним из ведущих поставщиков оборудования для мониторинга воды по всему миру является компания Solinst Canada Ltd.

Мобильные аналитические лаборатории для экологического мониторинга загрязнения воздуха и контроля газообразных промышленных выбросов в атмосферу и мобильные (транспортируемые) системы для непрерывного анализа состава дымовых газов и мониторинга промышленных газовых выбросов производит компания K2BW Environmental Equipment.

На предприятиях атомной энергетики осуществляется радиационный контроль. В объекте измерений выделяют три основные компоненты:

- источник — реакторная установка;
- объект — включает здания, сооружения и технологическое оборудование, непосредственно не входящее и не относящееся к реакторной установке;
- окружающая среда — измерения на промплощадке и в СЗЗ.

Для сбора и обработки информации о состоянии радиационной обстановки на объекте и о его влиянии на окружающую среду могут быть использованы автоматизированные системы контроля радиационной обстановки АСКРО [1], которые обеспечивают радиационный мониторинг АЭС и прилегающих территорий, газовых и аэрозольных радиоактивных выбросов, охлаждающей и технологической воды.

Последние достижения в области аналитического приборостроения значительно увеличили возможности лаборатории по проведению анализов. Увеличение числа выполняемых анализов в лаборатории требует использования специальных компьютерных ин-

Этика в экологическом смысле - это ограничение свободы действий в добродетель за существование.

Олдо Леопольд

формационных систем. Лабораторные информационно-управляющие системы LIMS (Laboratory Information Management System), предназначенные для автоматизации работы контрольно-аналитических лабораторий и отделов контроля качества производственных предприятий, включают функции, пригодные для использования в целях контроля выбросов и стоков предприятия:

- управление работой измерительных приборов,
- автоматическая регистрация результатов измерений непосредственно с измерительных приборов;
- проведение расчетов по результатам измерений и оценка результатов на соответствие требованиям законодательства;
- предоставление данных о состоянии окружающей среды экологическим службам предприятия;
- оценка достоверности и точности результатов;
- формирование отчетов.

На базе LIMS на предприятии могут разрабатываться информационно-аналитические системы экологического мониторинга, объединяющие результаты контроля всех видов выбросов и облегчающие принятие управленческих решений. Информационно-аналитическая система промышленного экологического мониторинга включает несколько подсистем.

Измерительная подсистема осуществляет контроль технологического цикла, контроль качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ, жилой зоны, рабочей зоны, промышленных выбросов, сбросов, отходов, природных вод, почв, донных отложений, биологических объектов.

Подсистема сбора, хранения и анализа информации осуществляет сбор, хранение, агрегирование информации и ее аналитическую обработку. В состав алгоритмического обеспечения должны быть включены алгоритмы, позволяющие формировать оценку состояния окружающей среды: прогноза распространения загрязняющих веществ на местности и во времени и оценки экологических рисков.

Формирование оценки состояния окружающей среды, прогноз распространения экологических нарушений среды на местности и оценка риска

Для характеристики уровня воздействия промышленных объектов на экологическое состояние природы недостаточно набора концентраций загрязняющих веществ. Методология установления ПДК в качестве норматива имеет ряд недостатков:

- значения фиксированных порогов могут изменяться под воздействием различных факторов, кроме того, установлено, что у многих химических загрязнителей, в частности, у канцерогенных веществ этот порог отсутствует;

- не учитывается совместное воздействие нескольких загрязнителей;

- санитарно-гигиенические показатели устанавливаются, исходя из требований экологической безопасности для человека, и не учитывают того, что допустимое для человека загрязнение может привести к нарушению состояния многих других компонент экосистемы.

Мерой уровня экологической безопасности человека и природной среды в настоящее время выступают показатели, определяющие состояние здоровья населения и качество среды обитания. Оценка воздействия на окружающую среду включает выявление, анализ и учет изменений в окружающей среде, как результат этих воздействий и последствий для общества, к которым приведут эти изменения.

Процессы распространения примесей в атмосфере представляют чрезвычайный интерес для многих видов человеческой деятельности. В настоящее время интерес к этим исследованиям объясняется в основном задачами экологии и одной из важнейших задач, возникающих при формировании комплексной оценки фактического состояния среды, а также при прогнозировании распространения загрязнений на территории при аварийных выбросах, является задача прогнозирования во времени и пространстве распределения концентраций выявленного загрязнения. Только на основе решения этой задачи можно правильно оценить возможные угрозы экологическому состоянию отдельных местностей региона и принять рациональные и своевременные меры по их отражению. При ее решении должны быть учтены замеренный темп генерации загрязняющего выброса его источником и метеорологические условия среды. В воздушной среде основными учитываемыми метеорологическими условиями являются текущие скорости перемещения воздуха по всем пространственным координатам, в водной среде – скорости течения. Решение этой задачи обычно базируется на построении математической модели, описывающей динамику концентраций искомым химических компонент и являющейся одним из вариантов диффузионных уравнений, параметры которых оцениваются текущими метеорологическими условиями. Математические методы составления подобных моделей, их упрощения и решения изложены в ряде известных работ [2].

К настоящему времени сложились три основных подхода для количественного описания процесса рассеяния выброса газообразных веществ в атмосфере:

1) гауссовские модели рассеяния, иногда также называемые дисперсионными моделями;

2) модели рассеяния, базирующиеся на интегральных законах сохранения либо в облаке в целом (зальповый выброс), либо в поперечном сечении облака (продолжительный выброс), иногда такие модели называют моделями с сосредоточенными параметрами (одна из подгрупп этих моделей называется моделью рассеяния "тяжелого газа");

3) модели, построенные на численном решении системы уравнений сохранения в их оригинальном виде (часто как модели или методы прямого численного моделирования). Метод прямого численного моделирования позволяет учесть практически все существенные факторы: рельеф местности и особенности ее застройки, климатические условия, поэтому он является самым точным, но одновременно и самым трудоемким.

Сложность использования рассмотренных выше моделей рассеяния для оперативного прогноза, необходимость сбора и актуализации большого числа эмпирических данных стимулировала применение статистического подхода к построению моделей для оперативного текущего прогноза. При статистическом подходе все соотношения между характеристиками загрязняющих веществ и другими факторами, влияющими на уровень загрязнения, определяются на основе результатов наблюдений. Модели изменения концентраций загрязняющих веществ во времени, построенные только на основании анализа прошлых наблюдений, исследовались многими авторами: модели авторегрессии и авторегрессии скользящего среднего учитывают динамику отдельного загрязнителя, регрессионные модели позволяют учитывать воздействие ряда загрязнителей и климатических параметров [3, 4].

По результатам наблюдений за концентрациями загрязнителей и прогнозирования их распространения определяется оценка состояния окружающей среды и планируется проведение соответствующих природоохранных мероприятий в случае фактического или прогнозируемого ухудшения экологической обстановки. К таким мероприятиям относятся: кратковременное сокращение интенсивности промышленных выбросов за счет снижения интенсивности производственных процессов, установка дополнительных оборудования для очистки выбросов в атмосферу и стоков, модернизация ТП, направленная на снижение экологической безопасности производства. Для облегчения и ускорения принятия рациональных оперативных мер при обнаружении экологических нарушений целесообразно использование экспертных систем реального времени, выдающих те или иные рекомендации по управлению в зависимости от текущей ситуации.

В настоящее время для оценки воздействия на окружающую среду все шире применяется подход, разработанный в 80-х годах прошлого века Управлением по охране окружающей среды США (EPA) и основанный на анализе рисков [5]. Экологический риск – это вероятность возникновения отрицательных изменений в окружающей природной среде, или отдаленных неблагоприятных последствий этих изменений, возникающих вследствие отрицательного воздействия на окружающую среду. Количественная оценка отрицательных изменений в окружающей природной среде – цена экологического риска, представляющая собой произведение оценки экологического ущерба опасного события на вероятность осуществления этого события.

Исходным этапом в процессе оценки риска является идентификация источников опасности в исследуемом регионе.

Первый этап. Установление источников постоянных выбросов, их количественных характеристик, физических и химических свойств загрязнителей, сбор и анализ данных о количестве и плотности населения региона. На этом этапе выполняется сбор данных о промышленных выбросах в регионе и численности населения. Основными параметрами, характеризующими выбросы загрязняющих веществ, являются: вид производства, источник выделения вредных веществ, источник выброса, число источников выброса, координаты расположения выброса, параметры газовой смеси на выходе из источника выброса, характеристика газоочистных устройств, виды и количество вредных веществ, класс опасности выбрасываемых в окружающую среду загрязнителей.

Второй этап. Моделирование переноса выбросов от источника к реципиенту для количественной оценки опасности. На втором этапе с использованием моделей рассеяния определяются среднегодовые концентрации в рецепторных точках.

Третий этап. Определение зависимостей "доза-эффект" между опасностью и эффектами так, чтобы эффекты или риск могли быть определены количественно. На третьем этапе по данным концентраций и рисков для одной единицы концентрации загрязняющего вещества на один год рассчитываются общие годовые риски. Для расчета популяционного риска полученное значение умножается на численность популяции.

Наличие количественных оценок экологических рисков позволяет провести их ранжирование и установить источники наиболее значимых рисков. Разработка системы мер обеспечения экологической безопасности с учетом величины реального и потенциального ущерба для здоровья человека каждого из загрязнителей в составе выбросов позволит направленно сокращать наиболее высокие риски. В настоящее время существует большое число работ, посвященное оценке промышленных рисков. Предлагаемые мето-

дологии используются при создании автоматизированных систем. Так, автоматизированная информационная система управления экологическими рисками эксплуатируется на Аксуском заводе ферросплавов (АИС УЭР) в Казахстане.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы, касающиеся проблемы обеспечения экологической безопасности на промышленных предприятиях. Важнейшим элементом улучшения экологической обстановки в промышленных областях является производственный контроль промышленных выбросов, который осуществляется на предприятиях. Использование для управления измерениями концентраций загрязнителей современных лабораторных информационно-управляющих систем повышает качество контроля. Разработанные на базе LIMS информационно-аналитические системы экологического мониторинга позволяют не только контролировать выход загрязнителей за допустимые пределы, но формировать комплексную оценку воздействия деятельности предприятия на окружающую среду.

Список литературы

1. *Чебышов С.Б., Черкашин И.И., Кашкин В.В. и др.* Автоматические системы радиационного контроля ядерных технологий и окружающей среды // Междунар. конф. по изотопной и ядерной аналитической технике для обеспечения безопасности человека и окружающей среды. Австрия. Вена. МАГАТЭ. Июнь. 2003.
2. *Бородулин А.И., Майстренко Г.М., Чалдин Б.М.* Статистическое описание распространения аэрозолей в атмосфере: метод и приложения. Новосибирск: Изд. НГУ. 1992.
3. *Ицкович Э.Л., Гребенюк Е.А.* Разработка автоматизированной системы экологической защиты региона от промышленных выбросов // Приборы и системы управления. 1994. № 9.
4. *Xie-Kang Wanga and Wei-Zhen Lub.* Seasonal variation of air pollution index: Hong Kong case study // Chemosphere.- 2006. Vol. 63. № 8.
5. *Vincent T. Covello and Jeryl Mumpower.* Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective. Risk Analysis. Vol. 5. № 2. 1985.

Гребенюк Елена Алексеевна — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник ИПУ РАН.

Контактный телефон (495) 334-76-40. E-mail: lngrebenuk@rambler.ru

Компания Siemens расширила функциональные возможности высоконадежной ОС PV RMOS3 для промышленных ПК Simatic

Новые функции позволяют ПК выполнять задачи для двухъядерного процессора в параллельном режиме и в два раза быстрее. Два новых программных пакета поддерживают обмен информацией Profinet и удаленный доступ к обработке данных.

Версия 3.50 ОС PV RMOS3 функционирует в рабочем режиме Symmetric Multicore Processing (SMP) и может применяться для задач по измерению и управлению во встроенных автоматизированных системах. Теперь промышленные ПК Simatic, реализованные на базе двухъядерной технологии, могут использоваться для сложных приложений, запущенных параллельно на нескольких процессорных ядрах. Это позволяет увеличить производительность ПК и избавляет от необходимости использовать дополнительные ПК, в помощи которых ранее возникала необходимость, например, для организации параллельной визуализации. Таким образом, пользо-

ватели увеличивают производительность своих приложений и одновременно сокращают затраты.

Новый программный пакет BSP SimaticPC V2.1 поддерживает изохронную передачу данных в PV посредством Profinet IO под управлением ОС RMOS3. Это обеспечивает высокопроизводительную, циклическую и изохронную передачу пользовательских данных. ПО включает также драйверы для USB, Ethernet, Profibus DP и CAN и предлагает различные возможности (мониторинг и диагностика оборудования).

Второй выпускаемый программный пакет RMOS3-Web V1.0 (распространяется на бесплатной основе) позволяет пользователям загружать данные процессов и получать доступ к информации через Internet-обозреватель, тем самым обеспечивая удаленное техническое обслуживание или ввод в эксплуатацию.

[Http://www.siemens.ru/ad](http://www.siemens.ru/ad)