

Министерство образования и науки Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

Н.А. Кобелева, С.А. Буймова, Ю.В. Царев

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по курсу «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Учебное пособие

Иваново 2011

УДК 519.22+658.56

Кобелева, Н.А. Лабораторный практикум по курсу «Промышленная экология»: учеб. пособие / Н.А. Кобелева, С.А. Буймова, Ю.В. Царев; Иван. гос. хим. - технол. ун-т. - Иваново, 2011.- 80 с.

В учебном пособии авторы разработали типовые лабораторные работы для учебного курса «Промышленная экология», которые выполняются студентами кафедры Промышленной экологии. Издание содержит задания к работам, приведен порядок их выполнения, необходимые расчеты.

Предназначено для бакалавров направления 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» профиля «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», может быть использовано при самостоятельной подготовке.

Табл. 16. Ил. 7. Библиогр.: 18 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

кафедра БЖД Ивановской государственной текстильной академии; кандидат химических наук М.В. Воронин (Ивановский филиал Российского государственного торгово- экономического университета)

© Ивановский государственный химико-технологический университет, 2011

Введение

Со времен промышленной революции деятельность фирм, больших и маленьких, определяла большую долю взаимодействий человечества с окружающей средой. Однако такие взаимодействия традиционно не являлись значимыми для лиц, принимающих корпоративные решения. Воздействие технологии на природу и в особенности потенциальные масштабы такого воздействия по всему спектру промышленной деятельности были недооценены миром бизнеса.

Ни одна фирма не существует в вакууме. Каждый вид промышленной деятельности связан с тысячами других транзакций и видов деятельности и их воздействием на окружающую среду. Крупная фирма, производящая высокотехнологичные продукты, имеет десятки тысяч поставщиков по всему миру, изменяющихся ежедневно. Фирма может выпустить и предложить на продажу сотни и тысячи отдельных продуктов бесчисленному множеству покупателей, каждому с учетом их индивидуальных потребностей и культурных предпочтений. Каждый покупатель, в свою очередь, может использовать продукт абсолютно по-разному; они могут жить в областях с сильно различающимися экологическими характеристиками, различные аспекты использования и обслуживания продукта могут быть источником потенциального воздействия на окружающую среду (например, отработанное автомобильное масло). Когда продукт выбрасывают (заканчивается его жизненный цикл), он может оказаться практически в любой стране, на высокотехнологичном полигоне, мусороперерабатывающем заводе, у дороги или в реке, которая обеспечивает местных жителей питьевой водой.

Подход к взаимодействиям промышленности и окружающей среды и направленный на оценку и минимизацию негативного воздействия, называется **промышленной экологией**. Промышленная экология — это частично технологическая дисциплина. В приложении к производству она включает

разработку промышленных процессов, продуктов и услуг с двойственной позиции — конкурентоспособности продукта и экологических проблем. Промышленную экологию также частично можно считать и социологической. В этом аспекте она признает, что человеческая культура, индивидуальный выбор и общественные институты играют основные роли в определении взаимодействий между нашим технологическим обществом и окружающей средой.

Промышленная экология — это средство, позволяющее человечеству обдуманно и рационально достигать и поддерживать устойчивость, заданную продолжающейся экономической, культурной и технологической эволюцией. Концепция требует, чтобы производственная система рассматривалась не в отрыве от окружающих ее систем, а во взаимодействии с ними. Это системный взгляд, в рамках которого стараются оптимизировать общий материальный цикл от первичного сырья до полупродуктов, комплектующих, продукта, использованного продукта и его конечной утилизации. Факторы, которые необходимо оптимизировать, включают ресурсы, энергию и капитал. В этом определении акцент на обдуманно и рационально отличает путь промышленной экологии от незапланированных, быстрых и, возможно, довольно дорогих и разрушительных альтернатив. Кроме того, определение показывает, что практика промышленной экологии обладает потенциалом для поддержания устойчивого мира с высоким качеством жизни для всех в противоположность, например, альтернативе, когда уровень численности населения контролируется голодом.

Практики в области промышленной экологии интерпретируют слово «промышленность» очень широко: предполагается, что она представляет собой сумму человеческой деятельности, включая добычу полезных ископаемых, производство, сельское хозяйство, строительство, производство и использование энергии, транспорт, использование продуктов покупателями и поставщиками услуг и захоронение отходов. Промышленная

экология не ограничивается рамками заводских стен, но охватывает все воздействия на планете, возникающие в результате присутствия и деятельности человека. Таким образом, она охватывает использование обществом ресурсов всех типов.

Промышленная экология может концентрироваться на изучении отдельных продуктов и их экологических воздействий на разных стадиях их жизненных циклов, но возникает дополнительный объект этого анализа — производственный комплекс, где производятся продукты. В таком комплексе сырье, полуфабрикаты и, возможно, комплектующие, произведенные в другом месте, составляют входные потоки. На выходе потоки, наряду с энергией, создают сами продукты, выбросы и сбросы в почву, воду и воздух и отходы энергии, преобразованные в тепло и шумы. Подход промышленной экологии к такому комплексу рассматривает бюджеты и циклы входных и выходных потоков и пытается найти пути, в которых меньшая доля отходов теряется, а большая — сохраняется и рециклируется в рамках этих же или других производственных комплексов. Ключевые концепции включают сохранение массы (необходимо учитывать все вещество в системе), сохранение энергии (необходимо учитывать всю энергию в системе) и «технологическую ось времени» — понимание того, что в то время, как общество становится более технологически развитым, оно опирается на свою старую технологическую базу и поэтому не может поддерживаться или улучшаться без сильной опоры на технологию.

Одна из наиболее важных концепций промышленной экологии заключается в том, что, как и биологическая система, она отказывается от концепции отходов. Словари определяют отходы как бесполезный или потерявший свою ценность материал. В природе, однако, ничего не выбрасывается навсегда; различным образом все материалы используются повторно, обычно с большой эффективностью. Эти закономерности сформировались в природных системах, потому что добыча материалов из

их запасов дорога по затраченным энергии и ресурсам и, таким образом, ее по возможности следует избегать. В нашем индустриальном мире выбрасывать материалы, добытые из геосистемы с большими затратами, вообще говоря, неблагоразумно. Следовательно, материалы и продукты, которые стали ненужными, должны называться остатками, а не отходами (например, в английском языке слово waste означает и отходы, и потери, и расточительство), и нужно признать, что отходы — это действительно просто остатки, которые наша экономика пока не научилась эффективно использовать. Мы будем иногда использовать термин «отходы», если контекст указывает на материал, который выбрасывается или был выброшен, но мы поддерживаем использование термина «остатки» или, возможно, даже менее уничижительного, «использованные ресурсы», таким образом привлекая внимание к инженерным характеристикам и общественной ценности, содержащимся в ненужных продуктах всех типов и размеров. Деля это, мы признаем, что закон энтропии запрещает полное повторное использование без потерь, но такой взгляд более полезен в установлении этой важной перспективы, чем научная строгость.

Полное рассмотрение промышленной экологии должно было бы включать всю сферу экономической деятельности: добычу полезных ископаемых, сельское хозяйство, лесное хозяйство, производство, сектор услуг и потребления.

Противоположность между традиционными экологическими подходами к промышленной деятельности и подходами, предлагаемыми промышленной экологией, может быть продемонстрирована несколькими временными горизонтами и типами деятельности. Первая тема, восстановление, имеет дело с такими процессами, как устранение токсичных соединений из почвы. Она принимает во внимание ошибки прошлого, очень дорого стоит и ничего не добавляет к эффективности промышленности. Вторая тема, переработка, хранение и захоронение, имеет

дело с переработкой остатков сегодняшних производственных процессов. Издержки включены в цену ведения бизнеса, но слабо или вообще не влияют на успех корпорации, кроме предотвращения нарушений законодательства и судебных исков. Ни один из этих видов деятельности не относится к промышленной экологии. В противоположность этому промышленная экология связана с деятельностью, которая смотрит в будущее и старается направить промышленность к экономически эффективным процессам, способным сделать взаимоотношения с окружающей средой более гуманными и оптимизировать весь производственный цикл ко всеобщему благу (и, мы полагаем, к финансовому благу корпорации). Руководители корпораций знакомы с требованиями к взаимодействиям промышленности и окружающей среды прошлого и настоящего. Задача промышленного эколога — показать, что рассмотрение этих взаимодействий с точки зрения будущего относится к активам корпорации, а не к ее обязательствам.

Промышленные процессы и продукты взаимодействуют со многими общественными структурами, и инженеры-проектировщики должны интерпретировать концепцию общественных ресурсов очень широко. Концепция, конечно, включает в себя местные объекты, такие, как городской воздух, местные водные бассейны и естественные среды обитания. Сюда также включаются региональные ресурсы, например, подземные воды и выпадение осадков (и возможное изменение их химического состава). Глобальные общественные ресурсы ассоциируются с другими системами: глубокими океанами (могут ли разливы нефти и захоронение отходов существенно испортить этот ресурс, или действия человечества умеренны?) и, разумеется, атмосферой (и ее озоном и климатом).

1. Лабораторная работа «ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ МЕТОДОМ АДСОРБЦИИ»

1.1. Цель работы

1. Изучение теоретических основ и возможностей технологии абсорбционного метода очистки газовых выбросов предприятий.
2. Изучение технологии регенерации сорбентов с целью их повторного многократного использования в цикле очистки и предотвращения загрязнения окружающей среды отработанными сорбентами.

1.2. Содержание работы

1. Экспериментальное определение времени защитного действия слоя сорбента, степени очистки воздушного потока от данного загрязняющего вещества при определённых условиях процесса.
2. Построение зависимости времени защитного действия слоя от высоты слоя сорбента, расчёт основных параметров адсорбции: коэффициента защитного действия периода формирования фронта адсорбции, предельной высоты слоя, времени работы до регенерации.
3. Выбор оптимальных режимов процесса адсорбции (тип сорбента, расход очищаемого воздушного потока и др.).

1.3. Основные положения

Суть адсорбционного метода очистки газовых выбросов заключается в поглощении загрязняющего вещества твёрдым пористым материалом.

Твёрдый поглотитель называют адсорбентом (или просто сорбентом), поглощаемый компонент (загрязняющее вещество) в газовой фазе - адсорбтивом, в сорбированном (поглощённом) состоянии - адсорбатом.

Сорбционными свойствами в разной степени обладают практически все твёрдые материалы, однако практическое применение нашли только материалы, имеющие сильно развитую поверхность (с большим числом пор).

Число пор в единице объёма или массы сорбента зависит от размера этих пор. По размеру пор твёрдые поглотители разделяют на следующие типы: микропористые (величина эффективного радиуса пор $r_{\text{п}} = 5-15$ ангстрем), переходнопористые ($r_{\text{п}} = 15-2000$ ангстрем), макропористые ($r_{\text{п}} > 2000$ ангстрем). Обычно один и тот же сорбент имеет поры различных размеров, и целесообразно говорить лишь о преобладании того или иного размера пор, определяющего тип сорбента.

Кроме пористости (% объёма всех пор от объёма сорбента) и радиуса пор важнейшими техническими характеристиками сорбентов являются удельная поверхность (площадь поверхности всех пор в единице массы или объёма сорбента) и сорбционная ёмкость (способность к поглощению определённой массы загрязняющего вещества единицей массы или объёма сорбента). Сорбционная ёмкость может быть статической или динамической в зависимости от условий проведения процесса очистки.

Наибольшее распространение в промышленности для очистки воздушных потоков получили такие сорбенты, как: активированные угли, силикагели, алюмогели, алюмосиликаты, органические смолы.

Равновесие процесса адсорбции (статика процесса) характеризуется зависимостью количества загрязняющего вещества, поглощённого единицей массы или объёма сорбента от температуры и концентрации (парциального давления) загрязняющего вещества в очищаемом воздухе. В случае постоянства температуры эта зависимость называется изотермой адсорбции. Вид изотермы адсорбции определяется в основном характером пор сорбента.

Кинетика процесса адсорбции характеризуется скоростью его протекания, которая в свою очередь определяется сочетанием внешнего (перемещение адсорбтива в воздушном потоке к поверхности сорбента) и внутреннего (перемещение адсорбата внутри пор сорбента) переноса.

На практике при изучении конкретных условий процесса адсорбции (конкретные: загрязняющее вещество, сорбент, температура, расход

очищаемого воздуха, исходная концентрация загрязняющего вещества и т.д.) удобным для определения характеристик процесса является построение зависимости времени защитного действия слоя от высоты слоя сорбента (рис. 1). В частности, для расчета динамики процесса в неподвижном слое применяют модель фронтальной (послойной) отработки слоя адсорбента, предложенную Н.А. Шиловым.

$$\tau_{\text{пр}} = k L - \tau_o, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{пр}}$ – время защитного действия слоя адсорбента (интервал времени от начала адсорбции до появления на выходе из слоя минимально допустимой концентраций адсорбтива), с; k – коэффициент защитного действия (интервал времени, в течение которого слой адсорбента единичной высоты задерживает адсорбат в условиях стационарного режима), с/м; L – высота слоя адсорбента, м; τ_o – потеря времени защитного действия, связанная с начальным периодом формирования кривой, распределения адсорбата в слое, с.

С помощью этой зависимости можно определить такие важные параметры процесса, как период формирования фронта адсорбции (τ_o), предельную высоту слоя (L_o), коэффициент защитного действия (k), рассчитать время работы до регенерации для различных областей изотермы адсорбции. Уравнение (1) позволяет определить время защитного действия слоя адсорбента любой высоты, если экспериментально установлены величины k и τ_o для определенного режима адсорбции (определенная скорость движения раствора через слой, его концентрация и т.д.). Рис. 1 иллюстрирует общий вид зависимости времени защитного действия слоя $\tau_{\text{пр}}$ от его высоты L . Как следует из уравнения (1), τ_o равно отрезку, отсекаемому от оси ординат, а k равно тангенсу угла наклона α к оси абсцисс прямолинейного участка данной кривой. Из рис. 1 видно, что высота слоя адсорбента меньше так называемой высоты работающего слоя L_o . Следовательно, в данном случае имеет место период формирования фронта