

УТИЛИЗАЦИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Кутовая О.В.¹⁾, Журавский А.А.²⁾, Ковалевская И.В.³⁾

¹⁾Кафедра технологий фармацевтических препаратов

Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина

²⁾ГП «УХИН», г. Харьков, Украина

³⁾Кафедра заводской технологии лекарств

Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина

azhuravskiy@mail.ua, inga.kovalevskaya@gmail.com

В настоящее время в мировой практике реализуется достаточно технологий утилизации фармацевтических отходов. Анализ передового опыта и практики в сфере утилизации опасных отходов [1, 2] показал, что наиболее эффективным и экономически целесообразным методом является использование существующих промышленных предприятий, где применяются высокотемпературные технологии, обеспечивает реальную и экономически доступную альтернативу.

Нами рассматривается возможность утилизации фармацевтических отходов в коксовых батареях и газогенераторах. Технологические параметры промышленных процессов коксования и газификации делают их привлекательными для решения проблемы утилизации отходов фармацевтической промышленности.

В газогенераторах достигается высокая температура процесса – до 1200 °С, существует возможность регулирования расхода воздуха и получения неполных оксидов [3], что облегчает задачу очистки полученного газа от токсичных веществ. Необходимая температура достигается за счет сгорания газогенераторного топлива, смешанного с фармацевтическими отходами. В качестве топлива могут использоваться отходы древесины, сельского хозяйства (например, лузга подсолнечника), низкосортные и бурые угли и т.п. Главное преимущество этой технологии заключается в том, что образующийся газ после очистки можно использовать как силовой в различных типах двигателей

внутреннего сгорания энергоустановок и в топках котлов. Использование этого метода дает возможность создать малогабаритную мобильную установку и сделать утилизацию фармацевтических отходов рентабельной.

На коксохимических предприятиях температура шихты в камерах коксования достигает 950-1050 °С [4], что является также абсолютно приемлемым для утилизации непригодной фармацевтической продукции. При этом предполагается фармацевтические отходы добавлять в небольших количествах после несложной подготовки, а, возможно, и без неё. Как уже отмечалось выше, при термической утилизации образуется большое количество вредных веществ, которые также необходимо нейтрализовать. В камере коксования они переходят в состав коксового газа. На коксохимических предприятиях уже имеется развитая инфраструктура для улавливания и использования вредных летучих веществ, например, соединений азота, серы, цианидов с получением сульфата аммония, серной кислоты, сульфида натрия, коллоидной серы и других полезных в народном хозяйстве веществ. Газообразные продукты, образующиеся после коксования, большей частью уходят на сжигание в отопительную систему коксовых батарей или других потребителей (например, в отопительные колодцы металлургических комбинатов), где температура составляет 1200-1400 °С, что так же способствует дополнительному термическому разложению оставшихся опасных и токсичных газообразных продуктов.

Задача исследований заключалась в установлении влияния на свойства кокса присутствия в угольной шихте фармацевтических отходов и эффективности утилизации отходов.

В ходе экспериментов установлено, что способность угля к спеканию не меняется при наличии примесей до 1 %. Однако превышение этого количества приводит к существенному снижению этого показателя. 2% примесей снижает индекс Рога на 17%, а 50 % – более чем в 2 раза.

Были проведены микроскопические исследования таблеток ацетилсалициловой кислоты, глюконата кальция и порошка таблеточной массы

ацикловира, термически обработанных в лабораторных условиях при температурах 350 °С и 1000 °С. Внешний вид всех образцов после обработки при 350 °С представлял собой спекшуюся вспученную массу темного цвета, что свидетельствует о том, что данная температура обеспечивает кипение, плавление и разложение органических составляющих с выделением газообразных компонентов. Непрерывный подъем температуры способствует тому, что формирование новых структур начинает происходить в условиях, когда старые связи в соединениях еще полностью не разрушены.

Нами был проведен рентгенофазовый анализ таблеток аспирина, валидола и порошка ацикловира до и после термической обработки в лабораторных условиях.

Рентгенографические исследования показали, что после прокалики образцов всех анализируемых лекарственных препаратов при 1000 °С остается зола, состав которой во многом определяется присутствующими в них вспомогательными веществами. Так в случае аспирина зола представляет собой силикат магния, как результат разрушения структуры талька. Дифракционные максимумы $Mg_2(Si_2O_6)$ четко наблюдаются при рентгенофазовом анализе. Другие рефлексы на дифрактограмме отсутствуют.

Аналогичная ситуация наблюдается и для образца с таблеткой валидола. Присутствие кальция стеарата в качестве вспомогательного вещества в составе таблетки приводит к образованию золы, которая идентифицируется как оксид кальция. На дифрактограмме наблюдаются два сильных рефлекса CaO и один слабый CaO₂.

После прокаливания таблеток ацетилсалициловой кислоты и валидола в блистерах было обнаружено, что от упаковочного материала остается алюминиевая пленка, состав которой определяется соединениями алюминия. На рентгенограммах четко идентифицируются сильные дифракционные максимумы, характерные для Al₂O₃ и чистого алюминия. Также обнаруживаются очень слабые рефлексы силикатов магния и алюминия для аспирина.

Анализ содержимого т.н. «спутника» после проведения опытно-

промышленных испытаний на Авдеевском коксохимическом предприятии показал, что примеси полностью утилизированы, а основные свойства кокса – индекс реакционной способности, прочность после реакции, а также содержание летучих, зольность угля и влажность не претерпели никаких изменений, значения основных технологических показателей остались на прежнем уровне. Количество примесей не превышало 1 % масс.

Обработка результатов проведенных экспериментов позволяет сделать вывод, что в угольной шихте и органических примесях в виде фармацевтических продуктов при температурах коксования проходят аналогичные тепло и массообменные процессы: деструкция боковых цепей, образование газообразных компонентов и взаимодействия в газовой фазе; взаимодействие макромолекул, деструкция основной структуры макромолекул; формирование пластической массы, формирование макроструктуры; выход летучих продуктов. Макроскопические изменения состояния угольной загрузки и фармацевтических примесей имеют явную корреляцию с температурным режимом процесса. Разложение и плавление органических составляющих фармацевтических отходов происходит при температурах до 350-400 °С. Основные термохимические превращения в шихте в основном начинаются от 400-450 °С. В высокотемпературной области при 600-1000 °С угольная загрузка переходит в состояние полукокса и кокса, а органические составляющие фармацевтических отходов превращаются в золу.

Результаты исследований спекаемости угольной шихты показали, что присутствие фармацевтических примесей в количестве 1% не оказывают никакого влияния на этот показатель. При этом остальные характеристики кокса также остаются неизменными. Полупромышленные испытания с использованием «спутника» также показали, что в коксе не оказалось и следов полиэтиленовых упаковок, что говорит о полной их утилизации.

Выводы. Таким образом, разработка и внедрение альтернативных технологий утилизации фармацевтических отходов, которые позволили бы обеспечить экологическую безопасность, эффективность обезвреживания и

экономические преимущества, является весьма актуальной и сложной, требующей комплексного решения проблемой.

Температурный режим в коксовых батареях полностью удовлетворяет технологическим аспектам уничтожения фармацевтических отходов. Свойства кокса при условии содержания примесей не более 1 % не ухудшаются. Органические соединения, как показали исследования, уходят в газовую фазу, в золе присутствуют неорганические вещества, содержащие элементы (например, Al, Ca, Mg, Si), которые можно рассматривать в качестве эффективных добавок для металлургической промышленности. На коксохимических предприятиях имеется оборудование для улавливания и использования вредных летучих веществ, присутствие которых неизбежно при разложении фармацевтической продукции.

Добавление фармацевтических отходов в угольную шихту для коксования может сделать процесс их утилизации экологически безопасным и рентабельным. Учитывая масштабы производства кокса в Украине (10,4 млн.т/год) [5] можно эффективно обезвреживать до 100 т/год отходов фармацевтической промышленности.

Литература:

1. Тезисы докладов. 2-я Международная конференция *"Сотрудничество для решения проблемы отходов"*, 9-10 февраля 2005 г. Харьков. www.waste.com.ua
2. Альтернативный способ уничтожения высокотоксичных отходов / Гаврилов Р. В., Гладкий В. В., Бескорый А. П., Постникова В. А., Костенко О.В. // Тезисы докладов. 2-я Международная конференция *"Сотрудничество для решения проблемы отходов"*, 9-10 февраля 2005 г. Харьков. www.waste.com.ua
3. И.В. Шульга, О.В. Кутовая, Г.И. Гринь, Д.С. Кутовой. Определение оптимальных параметров процесса газификации твердого продукта термолиза // ISSN 0321-4095, *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2018, No. 5, pp. 97-101
4. Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий птэ-2017.
5. Украина: Украина в 2017 году сократила выпуск кокса. <https://ukrchem.dp.ua/2018/01/25/ukraina-v-2017-godu-sokratila-vypusk-koksa.html>
«Химия Украины».