

LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

2. Об охране природы : Закон Респ. Узбекистан от 09 декабря 1992 г. № 754-ХП : в ред. от 29 января 1993 г. // LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

3. Об охране атмосферного воздуха : Закон Респ. Узбекистан от 27 декабря 1996 г. № 353-I : в ред. от 03 января 1997 г. // LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

4. Об отходах : Закон Респ. Узбекистан от 05 апреля 2002 г. № 362-II : в ред. от 02 мая 2002 г. // LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

5. Об экологической экспертизе : Закон Респ. Узбекистан от 25 мая 2000 г. № 73-II : в ред. от 01 июля 2000 г. // LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

6. Об экологическом аудите : Закон Респ. Узбекистан от 15 марта 2021 г. № ЗРУ-678 : в ред. от 17 марта 2022 г. // LexUZ on-line: информ.-поисковая система (дата обращения: 03.01.2025).

УДК 502.3

Е.Н. Демиденко, студ.; Е.Н. Казимирская, асп.;  
А.В. Лихачева, зав. кафедрой, канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ВЫБОР ВАРИАНТА ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

Одним из элементов экологической политики Республики Беларусь является развитие зеленой экономики. В таком случае одним из важных направлений является использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов.

При разработке новой технологии переработки отходов необходимо предусмотреть все источники и факторы воздействия на окружающую среду при ее реализации. Существуют разные подходы к оценке социальных, экологических, экономических последствий реализации проектируемой деятельности, но одним из наиболее перспективных подходов является оценка жизненного цикла продукта. Поэтому при обосновании выбора технологии переработки отходов необходимо рассматривать жизненный цикл производства продукции из традиционных видов сырья и из отходов.

В работе приведен сравнительный анализ жизненного цикла магнитных сорбентов, получаемых из природного и техногенного сырья. В качестве природного сырья для получения магнитных сорбен-

тов служит железная руда. Добыча железной руды оказывает значительное воздействие на окружающую среду, которое сопровождается загрязнением атмосферного воздуха, изменением ландшафтов, уничтожением местообитаний живых организмов, изменением уровня подземных вод, сбросом сточных вод, образованием отходов, а также физическим воздействием.

После извлечения руды происходит дробление и измельчение для увеличения поверхности контакта. Для увеличения содержания железа в минерале происходит обогащение руды с использованием магнитной сепарации, флотации или гравитационного разделения. На стадиях обработки минерала образуется значительное количество твердых отходов.

На сегодняшний день магнитный сорбент получают из чистых химических веществ, поэтому следующим этапом жизненного цикла в данном варианте является получение химически чистых соединений железа. Данная стадия будет характеризоваться таким воздействием на окружающую среду как загрязнение атмосферного воздуха, образование сточных вод и образование отходов.

Стадия получения магнитных сорбентов включает в себя осаждение оксидов железа из растворов, фильтрование, промывку и сушку осадка. На этой стадии происходит образование сточных вод, загрязняется атмосферный воздух [1].

В качестве альтернативного сырья для получения магнитных сорбентов являются железосодержащие отходы металлургических предприятий, например, железосодержащая пыль.

Изначально осуществляется сбор, классификация и сортировка отходов. На данной стадии происходит загрязнение атмосферного воздуха, образование отсортированных отходов непригодных для переработки, а также оказывается физическое воздействия.

Далее осуществляется получение магнитного сорбента. Эта стадия, от аналогичной в первом варианте, отличается тем, что добавляется стадия выщелачивания железа из отходов, а последующая обработка раствора, содержащего железа такая же как и в первом варианте. На этой стадии, в сравнении с первым вариантом, дополнительно происходит образование отходов.

Следующая стадия жизненного цикла в обоих рассматриваемых вариантах – это использование магнитных сорбентов и при необходимости их регенерация. Процесс использования магнитных сорбентов (материалов) включает их применение в очистке сточных вод, обезвреживании медицинских отходов, очистке воздуха, производстве и разработке лекарственных препаратов.

Магнитные сорбенты могут быть регенерированы путем обработки химическими веществами, термической и электрохимической обработки для восстановления их адсорбционных свойств.

После длительного применения магнитных сорбентов и многократной их регенерации, они теряют свою эффективность, подвергаются физическому износу и становятся непригодными для использования. В связи с этим необходимо предусмотреть переработку отработанных магнитных сорбентов. Учитывая то, что по своему химическому составу они представляют собой смешанный оксид железа (II, III), то их можно применять в других отраслях промышленности, например, в металлургической.

Таким образом, как видно из представленной характеристики, стадии жизненного цикла при производстве магнитных сорбентов из природного сырья это:

- добыча железной руды,
- обогащение руды,
- получение химически чистых веществ,
- получение магнитных сорбентов,
- использование и утилизация отработанных магнитных сорбентов.

Если же рассматривать вариант получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов, то стадии жизненного цикла следующие:

- сбор, классификация, сортировка отходов,
- получение магнитных сорбентов,
- использование и утилизация отработанных магнитных сорбентов.

Получение магнитных сорбентов из природного сырья имеет более длинную цепочку жизненного цикла, характеризующейся большим воздействием на окружающую среду.

Выполненная экспертная оценка воздействия на окружающую среду магнитных сорбентов по стадиям жизненного цикла по обоим вариантам, позволила сравнить степень их воздействия на окружающую среду. Оценка проводилась по пятибалльной шкале, в которой 1 балл означал очень слабое воздействие, 5 баллов – очень сильное воздействие. По результатам оценки всех факторов воздействия на каждом этапе жизненного цикла было установлено, что воздействие на окружающую среду жизненного цикла магнитных сорбентов, полученных из природного сырья, составило 57 баллов, а из отходов производства – 41 балл.

Таким образом, оценку жизненного цикла продукта целесообразно использовать для сравнительного анализа разных способов производства продукции и для выбора варианта технологических решений по переработке отходов производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казимирская Е.Н., Лихачева А.В. Производственные отходы как сырьевой ресурс для получения магнитных сорбентов // Химия и жизнь. Сборник статей XXI Международной научно-практической студенческой конференции. Новосибирск, 2022. – С. 322-324.

УДК 628.3

К.Д. Ковалева, студ.;  
А.В. Лихачева, зав. кафедрой, канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

Фотохимические реакции играют важную роль в процессах, протекающих в природной среде. Это послужили толчком для развития так фотохимических технологий очистки сточных вод, которые сочетают высокую эффективность в мягких условиях и безопасность для окружающей среды. Основу таких технологий составляют фото-каталитическое окисление органических веществ в воде.

Фотокатализаторы, в присутствии которых протекают фотокаталитические реакции, определяются как материалы, которые разлагают вредные вещества под воздействием солнечного света, содержащего УФ-лучи.

В литературе в качестве фотокатализаторов используются несколько полупроводниковых материалов, наиболее распространенными из которых являются оксиды ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  и т. д.).

В настоящее время среди фотокаталитических процессов окисления наибольшей популярностью пользуются реакции, протекающие на гетерогенных катализаторах на основе диоксида титана.

Установлено, что диоксид титана видимый свет не поглощает, поэтому его эффективное действие наблюдается только под действием ультрафиолетового света. Поэтому в данных процессах может быть использована только малая часть солнечного излучения, достигающего земной поверхности. Однако практический интерес заключается в фотокаталитических реакциях, использующих в качестве источника