СОРБЦИОННЫЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВЕРМИКУЛЛИТА

Абдуллажонов Ш.Т.[1], Шикназаров А.Т.[2], Исмаилова О.Б.[2], Даминова Ш.Ш.[2], Чимбергенова Г.Б.[2], Кадирова З.Ч.[2]

[1]Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

[2]Узбекско-японский молодежный центр инноваций, Ташкент, Узбекистан

Усовершенствованные процессы окисления (AOP), включающие процессы Фентона и фото-Фентона, озонирование и фотокатализ, характеризуются своей способностью генерировать высокоактивные формы кислорода, таке как гидроксильные радикалы (•OH), которые могут эффективно разлагать широкий спектр органических загрязнителей посредством неселективного окисления.

Целью данной работы являлась модификация вермикулита путем импрегнирования оксидом железа для создания гетерогенного катализатора для фото-Фентон процесса. Присутствие органических лигандов, таких как оксалаты, в реакционной среде может значительно повысить эффективность фото-Фентон процесса за счет влияния на редокс-цикл железа, способствуя образованию фотоактивных железосодержащих комплексов и потенциально расширяя эффективный диапазон pH 4.

Вермикулит представляет собой природный слоистый силикатный минерал типа 2:1, характеризующийся слоистой структурой, состоящей из силикатных листов с межслоевыми пространствами, содержащими обменные катионы (обычно Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}) и молекулы воды. Вермикуллит позволяет интеркалировать различные вещества при высокой удельной площади поверхности и катионообменной емкости. Использование вермикулита в качестве носителя предлагает практические преимущества с точки зрения стоимости, воздействия на окружающую среду и эксплуатационной стабильности каталитической системы, что делает его многообещающим материалом для практического применения в очистке воды.

Для получения катализатора вермикулит суспендировали в растворе нонагидрата нитрата железа(III) в воде, центрифугировали, промывали для удаления любых непрореагировавших реагентов или побочных продуктов, сушили и прокаливали при температуре 350ºC для получения кристаллической фазы оксида железа (α-Fe_2O_3, Fe_3O_4) и усиления взаимодействия между оксидом железа и носителем вермикулита.

Процесс фото-Фентона при использовании гетерогенных катализаторов усиливает образование •OH за счет включения светового облучения (УФ света). Свет способствует восстановлению Fe^{3+} до Fe^{2+} на поверхности катализатора, а способность оксалата ($C_2O_4^{2-}$) выступать в качестве бидентатного лиганда позволяет ему хелатировать с Fe^{2+}/Fe^{3+}, образуя различные железо-оксалатные комплексы, такие как ферриоксалат ($[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$). Прочная комплексообразующая способность является основополагающей для его роли усилителя в фото-Фентоне, поскольку ферриоксалат обладает высоким коэффициентом молярного поглощения в УФ и видимой областях, и при поглощении фотона он подвергается переносу заряда от лиганда к металлу, что приводит к образованию Fe^{2+} и декарбоксилированию оксалата с образованием CO_2 и супероксидного радикал-аниона (O_2^{-}•) или его протонированной формы, гидропероксильного радикала (HO_2•). Повышенная концентрация Fe^{2+} в системе ускоряет первичную реакцию Фентона, что приводит к усиленному образованию •OH радикалов. Оксалат поддерживает высокую скорость образования гидроксильных радикалов при pH 4.

Таким образом, установлено, что вермикулит, модифицированный оксидом железа, в сочетании с оксалатами и световым облучением может эффективно разлагать широкий спектр органических загрязнителей (красители и антибиотики). Сочетание вермикулита, модифицированного оксидом железа, и оксалатов демонстрирует широкую применимость для разложения различных органических загрязнителей в воде, что свидетельствует о его потенциале в качестве универсальной технологии очистки. Система вермикулит/оксид железа/оксалат/фото-Фентон обладает значительным потенциалом для применения в очистке различных типов загрязненной воды, включая промышленные сточные воды, содержащие красители, фармацевтические препараты и другие стойкие органические загрязнители, а также сельскохозяйственные стоки и загрязненные грунтовые воды. Способность работать при почти нейтральном pH и потенциал повторного использования катализатора делают его привлекательным вариантом для интеграции в существующую инфраструктуру очистки сточных вод или для разработки децентрализованных систем очистки.