

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЦИОННО-ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТРОЙНЫХ СИЛИКАТОВ В РЕЖИМЕ САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ

Проект направлен на создание нового класса неорганических материалов с наночестрами, дифференцированными по выполняемым функциям. Фотокаталитические центры разрушают органические загрязнения, а сорбционные центры поглощают высвобожденные тяжёлые металлы. Материал предназначен для реабилитации нарушенных природных территорий и предотвращения аварийных ситуаций.

Руководитель проекта - д.т.н. Г.Г. Михайлов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование закономерностей формирования саморегулирующихся композиционных сорбционно-фотокаталитических систем и синтеза материалов на основе силикатов и алюмосиликатов кальция с использованием структурообразующих модификаторов

ПУБЛИКАЦИИ

1 монография

16 научных статей

3 научных доклада

1 заявка на патент РФ

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

8 статей в SCOPUS

2 статьи в Web of Science

8 статей в РИНЦ

Проблема реабилитации территорий, загрязненных техногенными отходами, имеет глобальное экологическое значение для биосферы. Преимущество в решении данной проблемы имеют энергосберегающие, простые в использовании способы, не требующие последующей утилизации используемых реагентов, в сочетании с деструктивными методами разложения вредных веществ. Существуют различные способы очистки природных объектов, но эффективные экономически оправданные методы комплексной очистки от органических и неорганических веществ отсутствуют.

Для разрушения органических загрязнителей известно использование фотокаталитического метода. Фотокаталитическое окисление относится к деструктивным экологически чистым способам очистки воды и воздуха. К настоящему времени доказано, что на поверхности оксида титана могут быть окислены (минерализованы) до CO_2 и H_2O практически любые органические соединения.

В гетерогенном катализе особый интерес представляют "привитые" гетерогенные системы, в которых нанесенное фотокаталитическое покрытие структурно связано с молекулами подложки. Локально распределенные координационно-ненасыщенные фотокаталитически активные наночастицы являются наиболее активными в процессах адсорбции, катализа, химических реакциях, нежели массивные оксиды.

Использование в природных условиях нанопорошков фотокатализаторов недопустимо из-за их высокой активности и экологической опасности. Поэтому активные наночастицы должны быть синтезированы и прочно закреплены на подложках с варьируемой плотностью с целью использования в качестве плавающих барьеров на

водоёмах или при отсыпке загрязнённых нефтепродуктами почв.

В гетерогенном фотокатализе давно признана важность роли координационной ненасыщенности поверхностных атомов (центров). Существует огромное множество примеров того, что нанесенные системы значительно более активны, нежели массивные оксиды. Как правило, нанесенные оксидные системы представляют собой инертные или малоактивные подложки (SiO_2 , MgO , Al_2O_3 и др.), содержащие частицы или отдельные ионы переходных металлов.

В нанесенных системах примесные атомы (ионы) обычно хорошо диспергированы на поверхности носителя и не образуют поверхностной фазы оксида. Особый интерес представляют "привитые" системы. В известных "привитых" системах в качестве подложки используются, как правило, инертные материалы, а способы подготовки подложек и последующее формирование фотокаталитических центров трудоемки и связаны с использованием токсичных органических растворителей.

Для увеличения активности фотокаталитических центров необходимо использовать химически активную подложку, участвующую в сорбционном процессе и активирующую фотокаталитическое разложение, то есть синтезировать сорбционно-фотокаталитическую систему.

НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

В ранее проведенных работах синтезирован композиционный сорбент, обладающий способностью к необрати-



тому поглощению катионов тяжелых металлов в широком интервале pH и концентраций растворов сорбата при сохранении прочности и диффузионной проницаемости. Разработана технология нанесения фотокаталитических наночастиц на инертные подложки. Эффективность работы сорбента доказана на модельных и загрязненных природных объектах, а для фотокаталитических систем - при разложении нефтепродуктов. Проблема совмещения сорбционного и фотокаталитического способов очистки загрязненных объектов (воды, почв) ранее не рассматривалась.

Новизна заявляемой разработки заключается:

- в разработке оригинального способа получения эпитаксиально закрепленных на поверхности сорбента структурных фрагментов оксида титана в высокоактивном наноразмерном состоянии;
- в оптимизации сорбционных и фотокаталитических стадий очистки техногенных объектов от неорганических и органических загрязнителей.

При проведении первого этапа исследований синтезирован композиционный материал сорбента-подложки для последующего нанесения фотокаталитически активных наночастиц оксида титана в присутствии структурообразующего модификатора методом низкотемпературного активированного спекания. Разработаны способы нанесения оксида титана на активную подложку:

1. Метод сорбции хлорида титана из раствора, сопровождаемый щелочным гидролизом $TiCl_3$.

2. Метод прямых обменных процессов на поверхности с минимизацией роли воды как среды переноса.

Проведенные эксперименты показали, что разработанные способы позволяют получить сорбционно-фотокаталитические системы, обеспечивают возможность регулирования концентрации фотокаталитически активных наночастиц на поверхности при сохранении сорбционных центров. Электронно-микроскопический анализ показал, что фотокаталитические и сорбционные центры территориально разделены и не блокируют друг друга. Подтверждением эффективности сорбционно-фотокаталитических систем являются результаты проведенных экспериментов по сорбции сульфата меди и разложению газового конденсата.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Проведенные исследования позволили получить сорбционно-фотокаталитическую систему, эффективно взаимодействующую с органическими и неорганическими загрязнителями природной среды.

На следующем этапе работы планируется апробация сорбционно-фотокаталитических систем для разложения нефти, нефтепродуктов, пестицидов и других органических загрязнений.

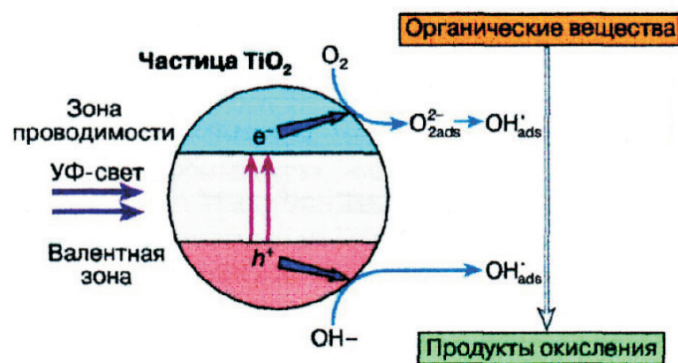


Рис. 1. Принцип действия диоксида титана как фотокатализатора

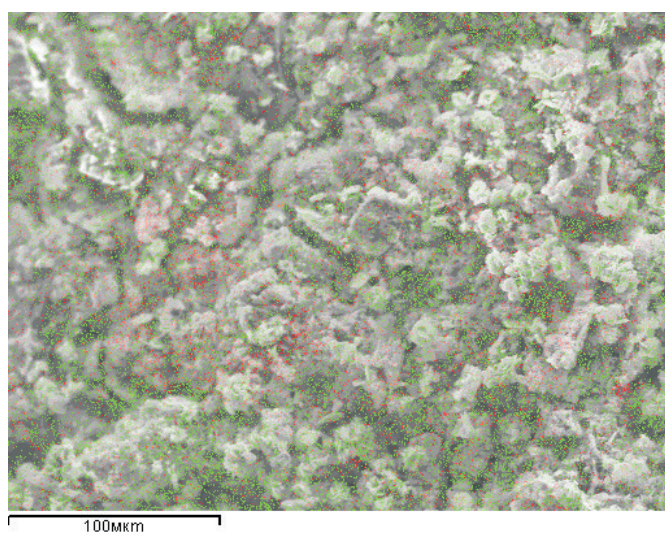


Рис. 2. Карта распределения сорбционных и фотокаталитических наночастиц

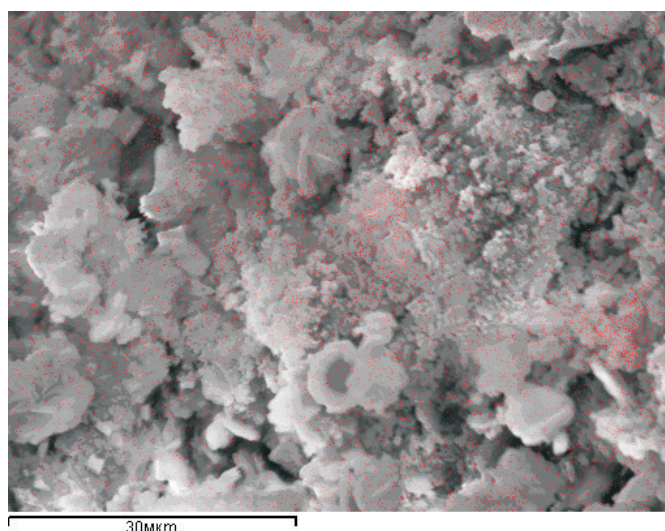


Рис. 3. Активные наночастицы