Учёные СФУ — соавторы метода по безопасной утилизации органических отходов

Российские химики совместно с итальянским коллегой предложили новый способ получения висмутата бария — перспективного материала для переработки органических отходов и получения водородного топлива из воды.

Новый метод помог увеличить химическую активность соединения, благодаря чему оно более эффективно разлагает органические загрязнители. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда (РНФ), опубликованы в журнале Photochemical and Photobiological Sciences.

Утилизация отходов — одна из наиболее острых экологических проблем, с которыми столкнулось человечество. Органические отходы — такие, как сбросы химических заводов и пестициды, — несут опасность для экосистем и здоровья человека, поэтому учёные ищут эффективные методы их переработки в более безопасные соединения. Перспективны фотокаталитические материалы, которые при облучении солнечным светом расщепляют органические загрязнители до простых молекул, например углекислого газа и воды. Чаще всего в этой роли используется недорогой и стабильный оксид титана, но он эффективен только при облучении ультрафиолетом, что ставит под сомнение его промышленное применение, поскольку без специальных ламп не обойтись. Недавно химики предложили новые фотокаталитические материалы на основе висмута, которые активируются солнечным светом.

Висмутат бария ($BaBiO_3$) эффективно разлагает органические загрязнители, расщепляет воду и углекислый газ, поэтому его можно использовать для утилизации отходов, снижения уровня CO_2 в атмосфере и даже для изготовления водородного топлива. Но общепринятый метод синтеза висмутата из углеродсодержащих соединений не позволяет получить чистый материал — он всегда оказывается загрязнён карбонатом, что снижает химическую активность фотокатализатора и усложняет изучение его структуры и свойств.

Научная группа Сибирского федерального университета с коллегами из Дальневосточного федерального университета (Владивосток), Санкт–Петербургского государственного университета (Санкт–Петербург), Дальневосточного государственного университета путей сообщения (Хабаровск), Института физики имени Л.В. Киренского (Красноярск) и Университета Павии (Италия) синтезировала висмутат бария новым методом — из оксида и нитрата бария, что помогло избежать примесей карбоната в материале. Для этого смесь оксида и нитрата бария тщательно измельчали и спекали при высоких температурах. Затем из полученного порошка сформировали тонкие плёнки на кварцевой подложке. После этого исследователи определили химический состав и зонную структуру образцов — распределение энергетических зон электронов по разрешённым и запрещённым уровням. Зонная структура определяет фотокаталитические свойства полупроводниковых материалов, к которым относится и висмутат бария, однако для этого соединения ранее не было её однозначного понимания.

Результаты анализа показали, что висмут в составе частиц материала присутствует в разных степенях окисления: существуют ионы Bi^{3+}, которые потеряли три электрона, и Bi^{5+}, у которых

недостает пять электронов. Присутствие двух вариантов висмута и супероксид–радикалов в материале обеспечило фотокаталитические свойства образцов.

Чтобы оценить фотокаталитическую активность висмутата бария, химики добавили его в водный раствор фенола и проследили, насколько быстро органические молекулы распадутся. Фенол широко применяется в химической промышленности, нефтепереработке, медицине и даже косметологии, но при этом довольно токсичен. Оказалось, что реакция его разложения протекала быстрее с висмутатом бария, чем в присутствие оксида титана. Чтобы выяснить механизм процесса, учёные дополнительно вносили в реакцию различные вещества–поглотители радикалов, которые взаимодействовали либо с электронами, высвобождающимися из висмутата на свету, либо с положительно заряженными дырками, из которых они вылетали. В ходе экспериментов удалось показать, что фотокаталитическая активность висмутата бария обусловлена фотодырками и супероксидными-радикалами — активными частицами, образующимися на поверхности материала из обычного кислорода за счёт присоединения электронов. Именно они атакуют растворенный в воде фенол, разрушая его.

«Результаты нашего исследования помогут прогнозировать, в каких других реакциях может проявляться фотокаталитическая активность висмутата бария. Это позволит использовать его сразу в нескольких областях экологически чистой, так называемой „зелёной“ экономики, например, для очистки сточных вод от органических загрязняющих веществ, а также для фотокаталитического получения водорода из воды для нужд водородной энергетики», — подводит итог руководитель проекта по гранту РНФ Дмитрий Штарев, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пленочных технологий кафедры физики низкоразмерных структур института наукоёмких технологий и передовых материалов, а также заместитель директора института по научной работе Дальневосточного федерального университета.

Пресс-служба РНФ, пресс-служба СФУ, 18 октября 2021 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: https://news.sfu-kras.ru/node/25401