

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 присутствии 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>