

И.В. Анциферова, А.И. Зенков

I.V. Antsiferova, A.I. Zenkov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
State National Research Politechnic University of Perm

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОЛОГИИ

THE USE OF NANOTECHNOLOGY DEVELOPMENTS IN ECOLOGY

Рассказывается о возможностях применения развивающихся нанотехнологий в решении вопросов защиты и сохранения окружающей среды. Описаны современные примеры использования нанотехнологических достижений в различных областях человеческой жизнедеятельности: производство энергии и ее эффективное использование, водопользование, восстановление окружающей среды, «умная» упаковка, производство изоляционных материалов, переработка отходов и так далее.

Ключевые слова: нанотехнологии, окружающая среда, загрязнения, последствия, молекулярный уровень, защита окружающей среды.

In article it is told about possibilities of application of developing nanotechnologies in the solution of questions of protection and environment preservation. Examples of use of nanotechnological achievements existing for today in various human sphere activity are described: energy production and its effective use, water use, environment restoration, «clever» packing, production insulating materials, processing of a waste and so on.

Keywords: nanotechnology, environment, pollution, effects, molecular level, the protection of the environment.

Проектирование материалов на молекулярном и атомарном уровне и манипулирование ими открывает перед учеными огромные возможности для создания новых методов защиты окружающей среды. Уникальные свойства наноматериалов могут дать ощутимые преимущества в методах производства энергии, ее эффективного использования, водопользования, а также восстановления окружающей среды [1].

Основная экономическая проблема современности – поиск альтернативных и возобновляемых источников энергии. Основные надежды в этой области сейчас связаны с использованием силы ветра, а также с прямым преобразованием солнечной энергии в электрический ток. Эксперты считают, что создание фотогальванических элементов на основе полупроводниковых наночастиц позволит сократить расходы на 80 %. Многообещающими являются

также проекты, базирующиеся на использовании слоев синтетических красителей, способных с высокой эффективностью поглощать слабые и рассеянные (диффузные) потоки света. Эта способность достигается именно за счет особенностей структуры нанопокрывтия, содержащего частицы красителя. Применение таких наноструктурных материалов уже сейчас позволяет повысить эффективность поглощения света на 8 % и КПД преобразования энергии на 12 %. Дешевизна исходных материалов и простота производства наноструктур с красителями делает производство таких преобразователей экономически выгодным даже при существующем уровне разработок.

Прогресс в полимерной электронике позволяет создать гибкие, механически подвижные и экономически выгодные солнечные батареи, которыми в будущем можно будет покрывать стеклянные перекрытия и сводчатые поверхности зданий большой площади. В далеком будущем можно представить себе даже функциональную интеграцию элементов из органических солнечных элементов в обычную одежду. Технически проблема сводится лишь к повышению эффективности преобразования энергии такими устройствами, которая в настоящее время находится на уровне 3 %.

Большинство экспертов уверены, что будущее энергетики связано с использованием водорода, который станет основным горючим для производства всех остальных видов электрической и тепловой энергии. Водородная энергетика, в свою очередь, предполагает эффективное получение, накопление и расход водорода, включая крошечные наноячейки хранения водорода (для мобильных устройств) и очень мощные аккумулирующие батареи для децентрализованного снабжения электричеством и теплом домов, стационарных промышленных и транспортных устройств и т.д. Ожидается, что нанотехнологии должны сыграть очень важную роль в решении некоторых задач, связанных с предполагаемым «круговоротом» водорода в промышленности и бытовой технике [2].

Ключевой проблемой является накопление и хранение газообразного водорода, особенно в мобильных и миниатюрных устройствах, где не может быть и речи о сжижении водорода под давлением или его охлаждении до сверхнизких температур. Высокоперспективными материалами для этих целей представляются нанопористые вещества со специфически большой активной поверхностью. Исследователи возлагают большие надежды на металлоорганические сотовые структуры, типа нанокластеров из частиц окиси цинка, химически связанных терефталевыми лигандами. Из этих веществ легко создаются крупные по размеру и легкие пористые решетки с открытыми порами и каналами нанометрового размера. Такие пористые твердые тела при малом весе (плотность $0,59 \text{ г/м}^3$) обладают высоким значением внутренней поверхности пор (около $3000 \text{ м}^2/\text{г}$), значительно превосходящим соответствующие параметры для углеродных нанотрубок ($200 \text{ м}^2/\text{г}$), цеолитов ($700 \text{ м}^2/\text{г}$) и активированных углей ($800\text{--}2000 \text{ м}^2/\text{г}$).

По-видимому, такие вещества разумнее применять для создания не крупных аккумуляторов энергии, а небольших транспортабельных батарей и топливных элементов, а также, например, миниатюрных источников питания для компьютеров, портативных видеокамер, мобильных телефонов и беспроводных приборов. Для промышленности и экономики имело бы большое значение достижение 10 % накопительной емкости (в пересчете на вес водорода относительно общего веса конструкции), когда топливные элементы станут примерно в 10 раз превосходить по энергоемкости существующие литиевые аккумуляторы. В целом, стоит отметить, что наноструктурные материалы приобретают все большее значение в разработках и производстве электродов, катализаторов и мембран топливных элементов.

Реальный рывок к экологически чистой водородной энергетике произойдет лишь тогда, когда будут разработаны экономически выгодные методы получения водорода из воды, что позволит окончательно отказаться от использования ископаемых углеводородов. Прогнозировать время этого принципиального изменения основ энергетике почти невозможно, тем более, что эта проблема связана не только с технологическими разработками, но и глобальными экономическими вопросами, включая ситуацию с запасами ископаемых видов топлива. Согласно оценкам, сегодняшняя годовая потребность в нефти составляет 3,4 млрд т, а достаточно точно разведанные ее запасы (с учетом стандартных технологий добычи) соответствуют примерно 140 млрд т. По некоторым предположениям, еще 100 млрд т нефти могут содержать месторождения в арктической зоне и морских глубинах. В настоящее время добыча нефти в этих регионах затруднена по различным техническим причинам. Например, в северных районах из-за низкой температуры нефть обладает высокой вязкостью, в результате чего многие современные технологии ее добычи оказываются малоэффективными.

Еще одно направление использования нанотехнологий в энергетике и экологии связано с созданием новых высокоэффективных изоляционных материалов. Например, создаваемый на основе нанопористой кремниевой кислоты материал по своим теплоизоляционным характеристикам (коэффициент теплопроводности около 18 мВт/мК) значительно превосходит используемые в настоящее время изоляторы. Кроме того, нанопористые материалы можно комбинировать с вакуумной изоляцией, что позволяет дополнительно уменьшить теплопроводность (лежащий в основе этого механизм заключается в том, что средняя свободная длина пути молекул воздуха превышает размер пор, в результате почти полностью подавляется конвекция). На сегодня объем мирового рынка микропористых изоляционных материалов уже составляет примерно 150 млн долл., и в будущем ожидается его рост и развитие, поскольку такие материалы имеют очень большой диапазон применения.

Нехватка чистой воды является большой экологической проблемой, особенно в развивающихся странах с военными конфликтами и частыми стихийными бедствиями. Рост народонаселения и интенсивное ведение сельского хозяйства связаны с постоянно растущим потреблением чистой воды, поэтому все более актуальными становятся поиски новых методов ее очистки. Применение наноматериалов может помочь улучшить существующие, а также создать совершенно новые технологии и материалы, используемые для очистки воды.

Использование керамических мембран позволяет очищать воду. Эти мембраны и фильтры разнообразных размеров используются для разделения веществ. В зависимости от своих свойств им удается выполнять эту работу с переменным успехом. При ультрафильтрации создается повышенное давление с одной стороны мембраны, которое способствует прониканию компонентов с малым молекулярным весом сквозь поры. При этом более крупные молекулы могут перемещаться только вдоль мембраны и не проникают сквозь поры из-за своего размера. Полунепроницаемая ультрафильтрационная мембрана имеет поры величиной от 0,0025 до 0,01 мкм.

Наноструктурные материалы находят все возрастающее применение в процессах переработки и обезвреживания отходов, от окисления органических загрязнителей с помощью частиц TiO_2 до связывания атомов тяжелых металлов наномасштабными поглотителями. Во многих случаях в качестве агентов окисления могут использоваться активированные облучением частицы (в растворах или аэрозолях). Недавно было обнаружено, что наноразмерные частицы TiO_2 , подвергнутые УФ-облучению, могут очищать воздух от различных загрязнителей, включая опасные органические соединения, клетки, вирусы и ядовитые химикаты. Наноразмерные частицы после соответствующей химической обработки их поверхности (образования производных соединений) лигандами или реагентами могут эффективно связывать атомы тяжелых металлов или пассивировать загрязненные поверхности. Кроме того, предполагается, что нанотехнологии позволят так организовать химические производственные процессы, что в ходе их будет образовываться меньше отходов.

Одним из способов применения нанотехнологии выступает использование нанокатализаторов – веществ или материалов, которые обладают каталитическими свойствами и имеют по крайней мере один наноразмер и благодаря увеличению поверхностной площади обладают большей контактной поверхностью и более эффективно реагируют, чем сплошные материалы. Нанокатализаторы можно использовать, например, для очистки загрязненных грунтовых вод, в обычных устройствах для очистки воды, а затем восстанавливать их, т.е. возвращать в рабочее состояние, с помощью наномембран.

Железо, один из наиболее распространенных металлов на Земле, может стать недостающим звеном в решении мультимиллиардной проблемы. Дело в том, что в США и других странах имеется огромное количество загрязненных в результате промышленной деятельности регионов, подземных хранилищ вредных веществ, заброшенных шахт и горных выработок. Железо обладает способностью легко окисляться и образовывать ржавчину. Если это окисление происходит в присутствии таких опасных загрязняющих веществ, как трихлорэтилен, тетрахлорид углерода, диоксины или полихлорированные дифенилы, то их сложные молекулы распадаются на более простые и менее токсичные углеродные компоненты.

Аналогичное явление наблюдается, когда окисление железа происходит в присутствии таких опасных тяжелых металлов, как свинец, никель, ртуть и даже уран. Тогда эти металлы образуют нерастворимые формы, которые оседают в почве и не переносятся по пищевой цепочке (следовательно, их вредное влияние на окружающую среду уменьшается).

Поскольку железо не обладает токсичным эффектом и в большом количестве присутствует в горных породах, почве и воде, многие компании в настоящее время начали применять железный порошок для очистки своих промышленных отходов перед выбросом их в окружающую среду. Эта технология прекрасно подходит для новых промышленных отходов, но ученых беспокоит ситуация и со старыми отходами. В этом деле им могут помочь наночастицы железа. Наночастицы железа в 10–1000 раз активнее обычных макроскопических частиц железа. Обладая меньшим размером и большей активной поверхностью, наночастицы могут легко проникнуть в центр загрязненной зоны. Они легко переносятся вместе с грунтовыми водами и попутно очищают окружающее пространство.

Полученные материалы могут быть использованы в разработке новых технологий очистки окружающей среды от радиоактивных и токсичных элементов, переработки и захоронения жидких радиоактивных отходов, а также в создании новых материалов с уникальными оптическими свойствами. С помощью достигнутых разработок помимо принципиально новых подходов к решению проблемы утилизации ядерных отходов станет возможным создание новых материалов на основе урана, а также усиление защиты окружающей среды при его транспортировке.

Сито, фильтр и мембрана уже давно взяты на вооружение технологами производства продуктов питания. Дальнейшее применение нанотехнологий в этой области означает лишь их усовершенствование [3]. Фильтры с отверстиями менее 1 мкм могут задерживать бактерии, а меньшие отверстия не пропускают и вирусы. Кроме того, они могут использоваться при холодной стерилизации соков, молока и других жидкостей, позволяя сберечь витамины. Там,

где нужна особая точность, уже сегодня используются фильтры из кремниевых пластин, применяемые также для изготовления полупроводников.

Применение нанопрепаратов в растениеводстве может обеспечить повышение устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и увеличение выхода готовой продукции. Почти для всех технических и продовольственных культур – картофеля, зерновых, овощных, плодово-ягодных, хлопка и льна – показатели урожая с использованием нанотехнологий увеличились в 1,5–2 раза. Нанотехнологии уже активно внедряются при послеуборочной обработке подсолнечника, табака и картофеля, хранении яблок в регулируемых средах, озонировании воздушной среды.

Изучена биологическая роль кремния в живых организмах и активность органических соединений кремния – силатранов. Силатраны, являющиеся клеточным образованием и содержащие кремний, оказывают физиологическое действие на живые организмы на всех этапах эволюционного развития, от микроорганизмов до человека. Применение кремнийорганических биостимуляторов в растениеводстве позволяет повысить холодостойкость, выносливость к жаре и засухе, помогает благополучно выйти из стрессовых погодных ситуаций (возвратные заморозки, резкие перепады температуры и т.д.), усиливает защитные функции растений.

В области упаковки пищевых продуктов примером использования нанотехнологии являются материалы, которые находятся в контакте с пищевыми продуктами. В настоящее время нанокпозиционные материалы получили широкое распространение в качестве упаковок или покрытия, которое наносится на пластиковые емкости в целях ограничения диффузии газа и увеличения срока хранения. Упаковки, созданные на основе нанотехнологии, все шире используются в производстве antimicrobial материалов, находящихся в контакте с пищевыми продуктами, которые поступают в систему сбыта в качестве упаковок или покрытий. Нынешние исследования данных «чувствительных» поверхностей направлены на разработку материалов с такой поверхностью, которая может реагировать на бактериальное загрязнение и противодействовать размножению бактерий. Существуют также примеры косвенного применения нанотехнологий в пищевой промышленности. Силиконовые чипы изготавливаются с помощью нанотехнологий на протяжении уже более 20 лет, и имеются достаточные основания полагать, что сенсоры с наноразрешением, способные обнаруживать химические и биологические загрязнители, будут значительно способствовать повышению безопасности и качества продуктов питания. Кроме того, использование наномерных фильтров для улучшения качества воды и экологической реабилитации может способствовать повышению безопасности продуктов питания, в особенности в развивающихся странах. Прогресс в области технологии маркировки,

в основе которой будет лежать, скорее всего, использование полимерных светоизлучающих диодов, также откроет, как ожидается, новые способы хранения, отображения и считывания информации на упаковке. Достижения такого рода могут позволить людям получать больше информации об источнике, происхождении и хранении конкретных пищевых продуктов, их диетологических характеристиках и пригодности для генетической системы и образа жизни отдельных потребителей.

Наноупаковки могут хранить пищу в более безопасном режиме. Например, кислородные датчики состоят из чернил, которые содержат наночастицы диоксида титана, могут быть включены в упаковку. Эти наночастицы становятся чувствительны к уровню кислорода, когда подвергаются воздействию УФ, а затем меняют цвет, показывая, что продукт окислился или, может быть, уже испорчен.

Таким образом, несмотря на растущий уровень загрязнения окружающей среды, многие ученые говорят о возможности устранения последствий такого загрязнения. В первую очередь с помощью достижений нанотехнологии.

Список литературы

1. Энциклопедия систем жизнеобеспечения: сб. – М.: Техносфера, 2009. – 991 с.
2. Значение перспективных нанотехнологий для пищевых продуктов и их упаковки. – М.: Весь, 2010. – 245 с.
3. Европейский портал нанотехнологий [Электронный ресурс]. – URL: www.nanoforum.org.

Получено 3.02.2012