

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

МРНТИ 541.128
УДК 661.183

[DOI: 10.4411/s00789-021-345](https://doi.org/10.4411/s00789-021-345)

А.А. Епанешникова

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: a.epaneshnikova@ttu.edu.kz)*

Современные подходы к созданию экологически чистых катализаторов для промышленного производства

В статье рассматриваются современные подходы к разработке экологически чистых катализаторов, способствующих повышению эффективности промышленных процессов при минимизации вредного воздействия на окружающую среду. Особое внимание уделено нанотехнологическим решениям, инновационным гетерогенным катализаторам и биокатализаторам, применяющимся в химической промышленности. Рассматриваются перспективы внедрения таких катализаторов в производство для сокращения выбросов парниковых газов и отходов, а также повышения энергоэффективности. Обсуждаются преимущества и сложности перехода к экологически безопасным технологиям в контексте устойчивого развития.

Ключевые слова: экологически чистые катализаторы, химическая промышленность, гетерогенные катализаторы, биокатализаторы, нанотехнологии, устойчивое развитие, энергоэффективность, снижение выбросов

Введение

В последние десятилетия химическая промышленность играет ключевую роль в глобальной экономике, обеспечивая широкий спектр материалов и продуктов, используемых в различных отраслях, таких как энергетика, фармацевтика, сельское хозяйство и транспорт. Однако одновременно с этим данный сектор является одним из наиболее значимых источников антропогенного воздействия на окружающую среду. Производственные процессы, использующие традиционные химические технологии, сопровождаются значительными выбросами парниковых газов, образованием токсичных отходов и потреблением большого количества энергии. В условиях обострения экологических проблем, связанных с изменением климата, истощением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды, возникает острая необходимость в разработке новых подходов, направленных на повышение устойчивости и экологической безопасности промышленного производства.

Одним из ключевых направлений развития современной химии является создание и применение экологически чистых катализаторов. Катализаторы играют важную роль в ускорении и повышении эффективности химических реакций, которые происходят в промышленном масштабе. Традиционные катализаторы, хотя и значительно повышают производительность процессов, зачастую сопряжены с проблемами их токсичности, неустойчивости и ограниченными ресурсами сырья для их создания. Поэтому перед учёными и инженерами встала задача создания инновационных катализаторов, которые не только обеспечивали бы высокую степень эффективности реакций, но и отвечали бы современным требованиям экологической безопасности.

С развитием науки о материалах и нанотехнологий, химики получили уникальные возможности для проектирования новых типов катализаторов, которые можно настраивать для специфических реакций. Наночастицы, с их высокой поверхностной площадью и необычными химическими

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

свойствами, открыли путь к разработке высокоэффективных катализаторов, которые обладают улучшенной селективностью и долговечностью. Современные гетерогенные катализаторы, работающие на границе фаз, и биокатализаторы, использующие ферменты, становятся объектом активных исследований и внедрения в промышленное производство. Они предоставляют возможность не только уменьшить использование токсичных реагентов, но и сократить энергетические затраты, что делает такие процессы более устойчивыми и экономически выгодными.

Не менее важным аспектом является и то, что экологически чистые катализаторы способствуют сокращению выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ. Например, в процессе крекинга нефти или синтеза аммиака катализаторы нового поколения позволяют значительно снизить углеродный след и объемы вредных отходов. Применение таких катализаторов в производстве способствует достижению международных целей по снижению глобального потепления и реализации Парижского соглашения по климату.

Однако несмотря на очевидные преимущества экологически чистых катализаторов, их внедрение в промышленность сталкивается с рядом вызовов. Необходимо преодолеть технологические и экономические барьеры, связанные с высокой стоимостью разработки и масштабного производства таких катализаторов, а также их адаптацией к существующим промышленным процессам. Инновационные катализаторы должны обладать не только высокой эффективностью, но и стабильностью, устойчивостью к агрессивным условиям, чтобы быть конкурентоспособными по сравнению с традиционными аналогами.

Таким образом, разработка экологически чистых катализаторов является важным и перспективным направлением, которое может обеспечить переход химической промышленности на новый уровень устойчивого развития. В настоящей статье будут рассмотрены основные современные подходы к созданию таких катализаторов, проанализированы возможности и ограничения их применения в различных областях химической промышленности, а также обозначены перспективы будущих исследований и внедрения инноваций в этой области.

Примером успешного применения экологически чистых катализаторов является развитие технологий на основе зелёного водорода, производимого с использованием возобновляемых источников энергии. В процессе электролиза воды с помощью солнечной или ветровой энергии выделяется водород, который можно применять в различных отраслях, включая транспорт, энергетику и производство удобрений. Важным этапом является использование катализаторов для ускорения реакции электролиза, поскольку без них процесс требует значительных затрат энергии.

Одним из перспективных решений является использование катализаторов на основе недорогих и доступных металлов, таких как никель и кобальт, для замены традиционных дорогих катализаторов на основе платины. Такие катализаторы демонстрируют высокую активность и стабильность в реакции электролиза, что делает процесс более энергоэффективным и экономически целесообразным. Эти новые катализаторы не только снижают стоимость производства водорода, но и позволяют сократить выбросы парниковых газов, что способствует улучшению экологической ситуации.

Примером может служить разработка катализаторов на основе наночастиц никеля с добавлением углеродных нанотрубок, которые повышают проводимость и долговечность катализаторов. Данная технология уже находит применение в водородных электролизерах, способствуя масштабированию производства зелёного водорода для коммерческих нужд.

Этот пример показывает, как инновационные катализаторы позволяют улучшать процессы и переходить к более экологичным технологиям, соответствующим требованиям устойчивого развития. Именно этим методом впервые были получены нанотрубки японским ученым Сумио Иджимой в 1991 г. в виде острых иголок диаметром от 4 до 30 нм и длиной ~1 мкм на отрицательном конце углеродного электрода при постоянном токе дугового разряда.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

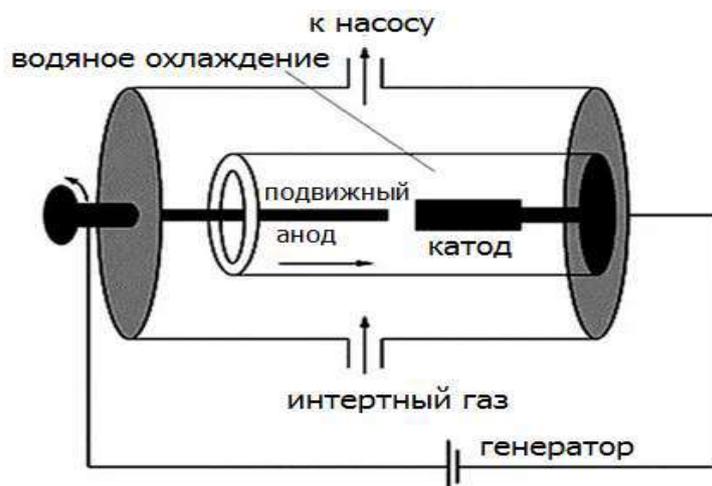


Рисунок 1. Схема установки для получения углеродных наноструктур электродуговым методом

На выход и морфологию нанотрубок влияет множество факторов. Наиболее важные из них:

- давление гелия в реакционной камере; оптимальное давление в условиях производства УНТ составляет ~ 500 торр;
- ток дуги; максимальный выход УНТ наблюдается при минимально возможном токе дуги;
- использование катализатора; в отсутствие катализатора образуются МУНТ с выходом 5 - 30 %, добавление в материал анода смешанных катализаторов из двух или трех металлов 3d-группы (например, Ni/Y, Ni/Co) приводит к образованию ОУНТ.

Преимущества метода: получение наиболее качественных ОУНТ длиной до нескольких микрометров с близкими морфологическими показателями и малым диаметром (от 1 до 5 нм). При этом выход ОУНТ не превышает 20-40 %.

Метод дугового разряда, использованный японским ученым Сумио Иджимой в 1991 году для получения углеродных нанотрубок (УНТ), открыл новый путь к синтезу этих уникальных материалов. В ходе экспериментов Иджима впервые обнаружил нанотрубки в виде острых иголок диаметром от 4 до 30 нм и длиной около 1 микрометра, образующихся на отрицательном конце углеродного электрода при постоянном токе дугового разряда.

Процесс получения нанотрубок в этом методе зависит от множества факторов. Одним из ключевых параметров является давление гелия в реакционной камере, оптимальное значение которого составляет около 500 торр. Кроме того, важную роль играет сила тока дуги: минимально возможный ток приводит к максимальному выходу УНТ. Важнейшим фактором является использование катализаторов. Без катализаторов образуются многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) с выходом всего 5-30 %. Однако добавление катализаторов, таких как смеси металлов 3d-группы (например, Ni/Y или Ni/Co), значительно повышает выход одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ).

Преимущества данного метода заключаются в возможности получения ОУНТ высокого качества с длиной до нескольких микрометров и стабильной морфологией. Диаметр трубок при этом варьируется от 1 до 5 нм, что делает их особенно привлекательными для различных применений. Однако выход ОУНТ, несмотря на их высокое качество, составляет всего 20-40 %, что является одним из ограничений метода дугового разряда в промышленном производстве.

Этот метод стал основой для многих последующих разработок и исследований в области синтеза нанотрубок, открывая перед учеными новые возможности для использования этих материалов в электронике, медицине, энергетике и других высокотехнологичных отраслях.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Выводы

Создание экологически чистых катализаторов для промышленного производства является важной и актуальной задачей в контексте глобальных вызовов, связанных с изменением климата и необходимостью перехода к более устойчивым технологиям. Современные подходы, включающие использование нанотехнологий, гетерогенных катализаторов и биокатализаторов, открывают новые возможности для повышения эффективности производственных процессов, одновременно снижая негативное воздействие на окружающую среду. Эти инновационные катализаторы позволяют сократить выбросы парниковых газов, уменьшить объемы токсичных отходов и снизить потребление энергии, что делает их важным элементом стратегии по достижению целей устойчивого развития.

Внедрение таких катализаторов в промышленность уже приносит первые результаты, как, например, в области производства зелёного водорода или применения наночастиц для более эффективного проведения химических реакций. Однако для более широкого распространения экологически чистых катализаторов необходимо преодолеть ряд технологических и экономических барьеров, связанных с их высокой стоимостью, масштабированием и адаптацией к существующим промышленным процессам.

Тем не менее, перспективы применения экологически чистых катализаторов очевидны. Они могут стать ключевым фактором в трансформации химической промышленности, способствуя её устойчивому развитию и снижению экологической нагрузки на планету. Продолжение исследований в этой области, поддержка инноваций и внедрение новых технологий будут определять будущее химической промышленности и её роль в решении глобальных экологических проблем.

Список литературы

1. Лекарева Н.П. Современные методы катализаторов в химической промышленности. – М.: Химия, 2019. – 320 с.
2. Иджима С. Углеродные нанотрубки: открытие, свойства и перспективы использования // Журнал наноматериалов. – 1993. – Т. 12. – № 4. – С. 131-140.
3. Дунц А. Нанотехнологии в промышленном катализе: теория и практика. – СПб.: Наука, 2020. – 256 с.
4. Плотников В.И., Сорокин Е.В. Гетерогенные катализаторы: применение и перспективы // Вестник химической промышленности. – 2021. – Т. 34. – № 5. – С. 97-110.
5. Thangavel, R., & Uddin, M. A. Catalysts for Sustainable Industrial Processes: Innovations and Challenges. – Elsevier, 2021. – 374 p.
6. Wirth, M., & Schmidt, T. Application of biocatalysts in the green chemical industry // Green Chemistry. – 2021. – Vol. 23. – P. 192-204.
7. Яковлев, А.В. Катализаторы на основе наночастиц: перспективы и проблемы внедрения в промышленность // Химический журнал. – 2023. – Т. 47. – № 2. – С. 89-102.

А. А. Епанешникова

Өнеркәсіптік өндіріс үшін экологиялық таза катализаторларды құрудың заманауи тәсілдері

Мақалада қоршаған ортаға зиянды әсерді азайту кезінде өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға ықпал ететін экологиялық таза катализаторларды әзірлеудің заманауи тәсілдері қарастырылады. Нанотехнологиялық шешімдерге, инновациялық гетерогенді катализаторларға және химия өнеркәсібінде қолданылатын биокатализаторларға ерекше назар аударылады. Парниктік газдар мен қалдықтар

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

шығарындыларын азайту, сондай-ақ энергия тиімділігін арттыру үшін өндіріске осындай катализаторларды енгізу перспективалары қарастырылуда. Тұрақты даму контекстінде экологиялық таза технологияларға көшудің артықшылықтары мен қиындықтары талқыланады.

Түйін сөздер: экологиялық таза катализаторлар, химия өнеркәсібі, гетерогенді катализаторлар, биокатализаторлар, нанотехнологиялар, тұрақты даму, энергия тиімділігі, шығарындыларды азайту.

A.A. Epaneshnikova

Modern approaches to the creation of environmentally friendly catalysts for industrial production

The article examines modern approaches to the development of environmentally friendly catalysts that enhance the efficiency of industrial processes while minimizing harmful environmental impacts. Special attention is given to nanotechnology solutions, innovative heterogeneous catalysts, and biocatalysts used in the chemical industry. The prospects for the implementation of such catalysts in production are considered, aimed at reducing greenhouse gas emissions and waste, as well as increasing energy efficiency. The article discusses the advantages and challenges of transitioning to environmentally safe technologies in the context of sustainable development.

Keywords: environmentally friendly catalysts, chemical industry, heterogeneous catalysts, biocatalysts, nanotechnology, sustainable development, energy efficiency, emission reduction

References

1. Lekareva N.P. Modern methods of catalysts in the chemical industry. – М.: Chemistry, 2019. – 320 p.
2. And Jim S. Carbon nanotubes: discovery, properties and prospects of use // Journal of Nanomaterials. – 1993. – Vol. 12. – No. 4. – pp. 131-140.
3. Dunts A. Nanotechnology in industrial catalysis: theory and practice. St. Petersburg: Nauka, 2020. 256 p
4. Plotnikov V.I., Sorokin E.V. Heterogeneous catalysts: application and prospects // Bulletin of the Chemical Industry. – 2021. – vol. 34. – No. 5. – pp. 97-110.
5. Thangavel, R., & Din, M. A. Catalysts for Sustainable Industrial Processes: Innovations and Challenges. – Elsevier, 2021. – 374 p.
6. Wirth, M., & Schmidt, T. Application of biocatalysts in the green chemical industry // Green Chemistry. - 2021. – Vol. 23. – P. 192-204.
7. Yakovlev, A.V. Catalysts based on nanoparticles: prospects and problems of introduction into industry // Chemical Journal. – 2023. – Vol. 47. – No. 2. – pp. 89-102.