

УДК 661.66: 544.478

УГЛЕРОД НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ: ОТ ТОПЛИВ К НАНОМАТЕРИАЛАМ

© 2020 г. Д. А. Шляпин^{1,*}, Н. Н. Леонтьева^{1,**}, А. В. Лавренов^{1,***}

¹ Центр новых химических технологий ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН, 644040 Омск, Россия

*e-mail: dash@ihcp.ru

**e-mail: lavr@ihcp.ru

***e-mail: science@ihcp.ru

Поступила в редакцию 14.02.2020 г.

После доработки 14.02.2020 г.

Принята к публикации 15.07.2020 г.

DOI: 10.31857/S0023117720060109

Углерод имеет важное значение в жизни современного человека. Все живое на Земле более чем на 20% состоит из углерода. Жизнь существует и будет существовать, пока происходит процесс фотосинтеза, обеспечивающий перевод углерода из неорганической формы (углекислый газ) в органическую (углеводы). Веками человечество использовало углерод и углеродсодержащие материалы для своих нужд, прежде всего в качестве источника тепла и света (древесина, древесный уголь, каменный уголь, нефть, газ), а высшей ценностью считался углерод в виде алмаза. Шли века и сфера применения углеродсодержащих материалов постепенно расширялась. После специальной обработки уголь стали использовать в качестве сорбента, а с появлением огнестрельного оружия – как неотъемлемый компонент пороха.

Революция в создании и применении новых углеродных материалов, как и многое другое в развитии нашей цивилизации, произошла в XX веке. Углерод стал использоваться в производстве автомобильных шин как пигмент и наполнитель для окрашивания различных материалов и придания им улучшенных физических и механических свойств. Это послужило основой для создания промышленного производства технического углерода из углеводородного сырья, а на рубеже XX и XXI веков возникли производства наноструктурированных углеродных материалов, таких как нанотрубки, нановолокна, фуллерены.

Все возрастающий интерес к использованию углеродных материалов как природных, так и синтетических, наряду со стремлением к “чистой” энергетике, привел к появлению в середине 2000-х годов концепции перехода от углеводородной экономики к углеродно-водородной, основанной на использовании водорода, полученного разложением углеводородов, в качестве основного топлива и максимальном замещении традици-

онных конструкционных материалов на основе металлических сплавов и бетона углеродными композитами.

Наша страна не осталась в стороне от “углеродной” революции. В СССР была создана и интенсивно развивалась промышленность технического углерода, были разработаны и внедрены десятки марок углеродных материалов различного назначения. Развитие подотрасли технического углерода происходило на прочной научной основе. Необходимость оперативно реагировать на возрастающие потребности в углеродных материалах, расширение сфер их применения привели к созданию в 1968 г. в г. Омске Всесоюзного научно-исследовательского института технического углерода (ВНИИТУ МНХП СССР), который стал основой для развития технологий производства технического углерода в СССР в следующие несколько десятилетий.

В середине 1980-х годов омские химики с новосибирскими коллегами из Института катализа СО РАН (ИК СО РАН) создали уникальный углеродный материал Сибунит, спектр адсорбционных и каталитических приложений которого до сих пор не имеет мировых аналогов. Сегодня в Омске успешно развивается Центр новых химических технологий ИК СО РАН (ЦНХТ ИК СО РАН), одной из приоритетных задач которого является расширение использования углеродных материалов в катализе, с одной стороны, а с другой – разработка каталитических подходов к синтезу как новых, так и традиционных углеродных материалов. В публикуемом номере журнала “Химия твердого топлива” представлены работы сотрудников Центра новых химических технологий ИК СО РАН, посвященные современным аспектам получения и применения углеродных и углеродсодержащих материалов в условиях протекания каталитических процессов.

Сегодня подходы к регулированию свойств углерод-углеродных композитов типа Сибунит успешно используются для разработки технологии получения электрохимических конденсаторов сверхвысокой емкости. Об этом рассказывает работа Ю.В. Сурувикина и соавторов “Влияние углеродной матрицы на свойства нанокompозита на основе высокодисперсного технического углерода”.

Весьма интересными и перспективными объектами исследования являются металл-углеродные системы особого рода – наночастицы типа “ядро–оболочка”, в которых наночастица переходного металла окружена оболочкой из графитоподобного углерода. Способы получения таких систем, основанные на высокоэнергетическом воздействии на предшественника, а также перспективы их применения в качестве катализаторов, адресных переносчиков лекарств, элементной базы электронных и магнитных устройств, обсуждены в статье Ю.Г. Кряжева и соавторов “Каталитический рост графитоподобной оболочки на наночастицах переходных металлов с образованием структур типа “ядро–оболочка”.

Относительно недавно в ЦНХТ ИК СО РАН разработан способ получения уникального углеродного материала – пеноуглерода ячеистой структуры. Возможности использования этого материала в качестве носителя для катализаторов описаны в статье Е.А. Райской и соавторов “Пеноуглерод ячеистой структуры – новый тип носителя для палладиевых катализаторов”.

Разработка технологий получения новых марок технического углерода в течение длительного времени была ориентирована на использование его наполнителя при производстве различных материалов, придающего им специфические физико-химические, механические свойства. Однако имеются значительные перспективы использования технического углерода в качестве носителя для катализаторов гидрирования органических веществ, обусловленные преимуществами перед аналогами на традиционных носителях (оксиды алюминия, кремния) в таких показателях, как активность, селективность, стабильность. Об этом рассказывает статья Р.М. Мироненко и соавторов “Технический углерод как носитель в палладиевых катализаторах гидрирования органических соединений”.

Традиционно считается, что катализаторы на основе платиновых металлов на углероде имеют весьма ограниченные перспективы применения в окислительных процессах ввиду высокой склонности углеродного носителя к взаимодействию с окислителем, в роли которого часто выступает кислород. Однако использование в качестве носителей графитоподобных углеродных материалов, например Сибунита, позволяет расширить

границы устойчивости соответствующих катализаторов в окислительных средах. Обсуждение этого вопроса применительно к системе Pt/Сибунит является темой публикации В.А. Борисова и соавторов “Влияние окислительной обработки и содержания платины на устойчивость системы Pt/Сибунит в окислительной атмосфере при повышенной температуре”.

Углеродные и углеродсодержащие материалы помимо традиционного углеводородного сырья нефтяного и газового происхождения могут быть получены из других видов природного сырья, в том числе возобновляемого. Особенности углеродсодержащих материалов, полученных из горючих сланцев, бурого угля, сапропеля, возможности модифицирования их текстуры и физико-химических свойств, а также перспективы их применения в качестве носителей для катализаторов представлены в сообщении Е.Н. Тереховой и соавторов “Синтез углеродсодержащих носителей на основе природного сырья”.

В качестве катализаторов в настоящее время используется и имеет перспективы расширения сфер применения еще один вид систем, включающих металл и углерод, – карбиды металлов. Эти материалы обладают рядом уникальных физико-химических свойств, определяющих возможность их использования в реакциях окисления и восстановления органических соединений при повышенных температурах и давлениях. Информация о последних достижениях в области синтеза и перспективы применения одного из катализаторов такого типа – карбида молибдена, представлены в публикации А.В. Василевич и соавторов “Карбиды молибдена: синтез и применение в катализе”.

Преимущества использования углеродных материалов в качестве носителей для металлических катализаторов определяются, прежде всего, свойствами их поверхности, интенсивностью взаимодействия “металл–носитель”, определяющим дисперсность активного компонента, его электронное и фазовое состояние. Однако активные центры на поверхности углеродного материала могут быть не только центрами сорбции металлического активного компонента, но и сами по себе служить источником проявления каталитических свойств. Перспективы применения углеродных материалов в качестве катализаторов в процессах дегидрирования органических соединений описаны в работе О.А. Княжевой и соавторов “Каталитическое дегидрирование на углероде”.

Надеемся, что предпринятая попытка осветить некоторые последние успехи в области химии углерода и его каталитических приложений не пройдет незамеченной читателями журнала и вызовет их живой интерес и главное – отклик, прежде всего критического свойства.