4. Тема проекта: ***АР09259707 «Процессы сорбции и десорбции водорода нанокомпозитными материалами полученных на основе растительного сырья»***

***Актуальность:*** Водород является перспективным универсальным энергоносителем, который способен заменить органическое топливо в энергетической отрасли, так как обладает экологической чистотой и разнообразием возможностей преобразования энергии. В настоящее время технологии производства водорода обеспечены неограниченной сырьевой базой и позволяют вырабатывать водород в промышленных масштабах. Однако для широкомасштабного развития водородной энергетики необходимо решить ряд научных и технологических задач. Одной из важнейших задач для успешного внедрения водородной энергетики в технологические процессы, является создание безопасных, экономичных и эффективных систем хранения водорода. Проблема связана с низкой плотностью газообразного водорода, низкой температурой ожижения, высокой взрывоопасностью и негативным воздействием водорода на свойства материалов, используемых для изготовления емкостей для его хранения. В приложениях применяются следующие базовые принципы хранения водорода в сжатом и в сжиженном состоянии в сосудах высокого давления, в химически связанном состоянии (металлогидриды), а также путем адсорбции в пористых материалах. Первые два принципа являются наиболее изученными и в настоящее время широко применяются в технологических процессах, последующие два принципа еще не получили широкого применения и находятся на стадии развития. Последние достижения в области синтеза наноструктур с заданными характеристиками и использование их преимуществ в технологических процессах, предоставляют огромные возможности при создании эффективных систем хранения водорода.

Высокопористый углерод обладает высокой удельной поверхностью, стабильной каркасной структурой и массовой производительностью. Такие характеристики как быстрая кинетика процесса адсорбции/десорбции делают его перспективным материалом в приложениях по хранению водорода. Актуальность предлагаемых в проекте исследований связана с необходимостью разработок по создания высокопористых углеродных материалов, модифицированных катализаторами диссоциации водорода и изучению их структурно-энергетических характеристик, которые могут в перспективе обеспечить необходимую адсорбцию и десорбцию водорода в системах хранения и транспортировки водородного топлив.

***Целью проекта*** является выявление условий карбонизации растительных отходов для получения нанопористых материалов, обладающих высокой удельной поверхностью и оптимальными структурными характеристиками, которые обеспечивают условия для эффективной адсорбции и десорбции водорода и комплексное изучение влияния добавок различных катализаторов диссоциации водорода (наночастиц металлов, нанотрубок и графенов, допированных атомами металлов) на эти процессы.

***Ожидаемые результаты:*** Поставленные задачи будут решаться путем проведения комплексных исследований, которые включают: разработку методов получения углеродных нанопористых материалов из растительного сырья с максимальным содержанием микропор; разработку методов выделения полимерных составляющих растительного сырья и получения на их основе нановолоконэлектроспиннингом; разработку методов модифицирования полученных материалов наночастицами металлов, обеспечивающих диссоциацию водорода; исследование кинетики сорбции и десорбции водорода полученными материалами; изучение полученных материалов физико-химическими методами (электронная микроскопия, Раман, УФ и ИК спектроскопия, термогравиметрия, БЭТ анализ и др.) для определения структурно-морфологических характеристик; анализ полученных результатов и теоретическое обоснование механизмов кинетики сорбции и десорбции водорода полученными материалами.

***Достигнутые результаты:*** оптимизированы условия получения нанопористого материала с максимальной удельной поверхностью 2970 м2/г на основе рисовой шелухи, а также нанопористого материала с максимальной удельной поверхностью 2820 м2/г на основе древесины березы. с максимальным распределением пор по размерам в пределах 0,6-0,8 нм.

Исследована кинетика адсорбции и десорбции водорода нанопористыми углеродными материалами, полученных из рисовой шелухи и древесины березы в зависимости от термодинамических параметров. Было установлено, что сорбционная емкость по водороду нанопористого материала с удельной поверхностью 2970 м2/г, полученной из рисовой шелухи достигает 3,7 мас.% водорода при давлении 1 атм при температуре жидкого азота (≈ -180°С).Сорбционная емкость по водороду нанопористого материала с удельной поверхностью 2820 м2/г, полученной из древесины березы достигает 3,3 мас.% водорода при давлении 1 атм при температуре жидкого азота (≈ -180°С).

Разработан метод получения волокон на основелигнина электроспиннингоми оптимизированы условия синтеза пористых нановолокон диаметром 35-90 нм. Исследована кинетика адсорбции водорода полученными волокнами иустановлено, что максимальная сорбционная емкость по водороду при давлении 1 атм и температуре жидкого азота ≈ -180°С составляет 1,2 мас.%.

Проведением обзора научных источников определены предельные емкостные характеристики углеродных нанопористых материалов по водороду и установлена связь данного параметра со структурой и свойствами полученных нанопористых материалов на основе рисовой шелухи и древесины березы. Теоретический анализ полученных данных, кинетики сорбции и десорбции водорода полученными нанопористыми материалами показал, что основным критическим фактором предельной адсорбционной емкости по водороду является исключительная микропористая структура полученных материалов. Это связано с тем, что эффективный радиус микропор размерами 0,6–0,8 нм в полученных нанопористых материалах соизмерим с эффективным радиусом молекул водорода, что создает условия образования сорбционного поля во всем объеме нанопористого материала.

***Члены исследовательской группы:***

1) Лесбаев Б.Т., внс, к.х.н., асс. проф., руководитель проекта. Author ID в Scopus – 55151401700, Researcher ID Web of Science – B-1187-2015, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-0309-1935. Индекс Хирша – 6.

2) Ауельханкызы М., снс, PhD. Author ID в Scopus – 55301183500, Researcher ID Web of Science – D-5722-2015, ORCID –https://orcid.org/0000-0002-9223-1732. Индекс Хирша – 5.

3) Устаева Г.С., нс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57195807019, Researcher ID Web of Science – ABF-2811-2021, ORCID – https://orcid.org/0000-0001-7857-0327. Индекс Хирша – 1.

4) Рахымжан Н.Б., снс, магистр. Author ID в Scopus – 57193263621, Researcher ID Web of Science – ABF-2767-2021, ORCID – https://orcid.org/0000-0003-4342-907X. Индекс Хирша – 1.

5) Супиева Ж.А., нс, PhD докторант, ответ. исполнитель. Author ID в Scopus – 57203411241, Researcher ID Web of Science – AAD-8480-2020, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-5221-8605. Индекс Хирша – 2.

6) Толынбеков А.Б., нс, магистр. Author ID в Scopus – 57218846689, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-2664-888X, Researcher ID – AAY-8248-2020. Индекс Хирша – 1.

7) Бакболат Б., мнс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57194194003, ORCID – https://orcid/0000-0002-6062-8102. Индекс Хирша – 8.

8) Марал Е., мнс, PhD докторант. Researcher ID Web of Science – ABF-2845-2021, ORCID – https://orcid/0000-0001-5256-5415.