2. Тема проекта: ***AP08856820******«Разработка методов получения из растительных отходов нанопористых материалов с заданными характеристиками и создание на их основе высокоэффективных суперконденсаторов»***

***Актуальность:*** С ростом численности населения планеты и интенсивным развитием энергоемких технологий повышается уровень потребления энергии, значительная часть которой производится при сжигании органического ископаемого топлива. Это приводит к истощению невозобновляемых энергоресурсов и выбросу в атмосферу огромного количества загрязняющих веществ, что оказывает пагубное воздействие на окружающую среду. Современные технологии производства электроэнергии с использованием возобновляемых источников (воды, солнца, ветра, гравитации и т.д.) вносят вклад в обеспечение экологической и энергетической безопасности в современном технологическом обществе. Но основным недостатком данных отраслей электроэнергетики является отсутствие эффективных технологий, позволяющие накапливать и хранить производимый товар в промышленных масштабах. Промышленные технологии накопления и хранения позволят накапливать электроэнергию, когда потребление ниже, чем ее производство, и наоборот снабжать электроэнергией, когда потребление выше, чем ее производство, что позволит использовать произведенную электроэнергию без потерь. Этот наиболее актуально при производстве электроэнергии с использованием энергии солнца и ветра, так как их производительность напрямую зависят от продолжительности светового дня и погодных условий. В настоящее время в качестве электрических систем для накопления и хранения электроэнергии применяются аккумуляторные батареи, гальванические элементы, конденсаторы и суперконденсаторы. Каждая из этих устройств имеет свои преимущества и недостатки, связанные с возможностями их применения для накопления и хранения электрической энергии в промышленных масштабах. Суперконденсаторы обладают высокой мощностью, практически неограниченным сроком эксплуатации, рекордно высокой скоростью заряда и разряда, но уступают аккумуляторным батареям по величине удельной энергии.

Суперконденсаторы (электрохимические конденсаторы с двойным слоем) – это устройства, в которых накопление электрической энергии происходит благодаря образованию двойного электрического слоя на границе между раствором электролита с ионной проводимостью и электродом с электронной проводимостью. В двойном электрическом слое как в обычном конденсаторе с двумя плоскими обкладками, емкость пропорциональна площади обкладок и обратно пропорциональна расстоянию между ними. В двойном электрическом слое в суперконденсаторах, расстояние между заряженной поверхностью электродов и слоем ионов в электролите измеряется ангстремами, поэтому увеличивая удельную поверхность электродов можно создавать суперконденсаторы, обладающие огромной емкостью. В последние годы наблюдается резкое увеличение количества исследовательских работ, посвященных получению нанопористых углеродных материалов на основе растительных отходов, предназначенных для суперконденсаторов. Научной новизной предлагаемого проекта является разработка нового метода получения нанопористого углеродного материала с заданными характеристиками на основе возобновляемых отходов растительного сырья и создание на их основе высокоэффективных суперконденсаторов.

***Цель проекта:*** Разработка технологий получения нанопористых углеродных материалов с заданными структурными характеристиками из отходов растительного сырья и создание на их основе высокоэффективных суперконденсаторов для различных приложений.

***Ожидаемые результаты:*** Будет разработан метод получения нанопористых углеродных материалов из отходов растительного сырья, обладающих высокой удельной поверхностью не менее 2800 м2/г и различными соотношениями микро, мезо и макропор. Будут разработаны методы модифицирования нанопористого углеродного материала наночастицами металлов и их оксидами, а также фуллеренами, углеродными нанотрубками, графенами для улучшения электрохимических характеристик электродов. Будут разработаны методы формирования электродов для суперконденсаторов из полученных материалов с удельной емкостью не менее 250 Ф/г с водным электролитом и 150 Ф/г с органическим электролитом. Будут разработаны и созданы экспериментальные образцы суперконденсаторов на основе созданных электродов с электролитами на водной и органической основе c выходным напряжением 0,7-0,9 и 2,5-2,7 В. Конечным итогом проведенных работ будут прототипы промышленных образцов одиночных ячеек суперконденсаторов для различных приложений и суперконденсаторных модулей, предназначенных для запуска двигателей внутреннего сгорания с выходным напряжением 14-16 и 25-27 В и емкостью 90-120 Ф, а также рекомендации по коммерциализации полученных научных результатов проекта с технико-экономическим обоснованием.

***Достигнутые результаты:* О**птимизированы условия получения нанопористых углеродных материалов с заданным соотношением микро мезо и макропор, обеспечивающих свободную подвижность ионов электролита по всему объему материала из двух видов растительных отходов: рисовой шелухи с удельной поверхностью 2850-2950 м2/г и скорлупы грецкого ореха с удельной поверхностью 2100-2250 м2/г.

Разработан метод модифицирования нанопористого углерода на основе рисовой шелухи чешуйчатым графеном до 0,5% в процессе активации карбонизата. Разработан метод модифицирования полученных нанопористых материалов наночастицами никеля Ni и оксидом никеля NiO способом термического разложения и восстановления из гексагидрата никеля Ni(NO3)6H2O. Разработан метод модифицирование нанопористого материала углеродными нанотрубками синтезом на наночастицах никеля CVD-методом.

Разработаны методы формирования электродов для суперконденсаторов из полученных материалов с удельной емкостью не менее 250 Ф/г с водным электролитом и 150 Ф/г с органическим электролитом. Установлено оптимальное соотношение компонентов электродного материала: 80-82% нанопористый углеродный материал; 9-1% – ацетиленовая сажа (для повышения электропроводимости); 8-10% – связующий полимер поливинилиденфторид.

***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) Приходько Н.Г., д.х.н., проф., ответ исполнитель. Author ID в Scopus – 55147268600, Researcher ID Web of Science – О-5687-2017, ORCID – https://orcid.org/0000-0001-7733-0903. Индекс Хирша – 5.

3) Атаманов М.К., внс, PhD доктор. Author ID в Scopus –57191750156, Researcher ID Web of Science – D-5722-2015, ORCID – https://orcid.org/0000-0003-3028-481X. Индекс Хирша – 3.

4) 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.

5) 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.

6) Малтай А.Б., PhD докторант. Author ID в Scopus – 57195808177, ORCID – https://orcid.org/0000-0003-3233-522X. Индекс Хирша – 1.

7) 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.

***Список публикаций и патентов по проекту***

1. Патент на ПМ № 6465 «Способ получения наноструктурированного углеродного материала» от 01.10.2021г. / Лесбаев Б.Т., Приходько Н.Г., Елеуов М.А., Мансуров З.А., Рахымжан Н.Б., Устаева Г.С., Толынбеков А.Б., Марал Е.М.