**Краткая информация о проекте программно-целевого финансирования научных исследований на 2021-2022 годы**

Тема проекта: ***OR11465430 «Разработка новых композиционно-конструкционных материалов для развития инновационной индустрии Республики Казахстан»***

***Актуальность****:* Данная программа направлена на решение задач по получению, исследованию и практическому использованию новых композиционно-конструкционных материалов для технико-экономического развития Казахстана с национальным конкурентным преимуществом. Разрабатываемые технологии получения новых композиционно-конструкционных материалов с улучшенными физико-химическими, эксплуатационными характеристиками дают возможность производства конкурентноспособной на внутреннем и внешнем рынках отечественной продукции.

Заявляемая Программа состоит из 7 подпрограмм, объединенных единой идеей: разработать эффективные технологии получения новых материалов с высокой добавленной стоимостью на основе природного и техногенного сырья. Основной участник программы – научно-производственный коллектив РГП «Институт проблем горения». Эта команда представляет собой сплав ученых и специалистов-производственников, что позволит создать новые научно-обоснованные технологии получения многофункциональных композиционных материалов. Опытно-полупромышленные испытания разработанных технологий будет проводиться на имеющихся собственных производственных площадках, а также с использованием производственного оборудования ТОО «Восточное рудоуправление». Это известное предприятие заинтересовано в реализации Программы и со-финансирует ее. В результате выполнения Программы будут получены новые технические решения, имеющие коммерческий потенциал.

В аналитическом обзоре специалистов Всемирного банка показана возрастающая роль новых технологий, которая приведет в ближайшие 20 лет к замене 90 % современных материалов на принципиально новые, что будет способствовать технологической революции практически во всех отраслях техники. В этой связи, актуальными становятся исследования, направленные на разработку технологий получения принципиально новых видов материалов и изделий, их сертификация в соответствии с международными стандартами, патентование и повышение доли, как материальных, так и нематериальных активов.

Знания, полученные в ходе реализации программы будут способствовать развитию профессионального образования и наук о материаловедении, фундаментальной и прикладной химии. Особое внимание при реализации программы будет уделено подготовке и стажировке молодых специалистов в ведущих научных центрах. Приэтом полученные в ходе реализации программы компетенции и результаты могут быть основой для создания технологий новых «умных» материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Развитие экономики на основе современных технологий невозможно без правильного выбора приоритетов технико-экономического развития. Этот выбор опирается на закономерности долгосрочного экономического роста, глобальные направления технико-экономического развития и национальные конкурентные преимущества.

***Цель проекта:*** разработка технологии получения и сертификация новых экспорто-ориентированных функциональных материалов широкого спектра назначения из природного и техногенного сырья, включающие специальные анти-обледенительные покрытия, теплоизоляционные материалы, новые виды химических реагентов для нефтегазовой отрасли, углеродные волокна с улучшенными характеристиками для углепластиков и сенсоров, 3D пористые анодные материалы для литий ионных аккумуляторов.

***Ожидаемые результаты:***

- будет разработана технология получения химически осажденного сульфата бария из низкосортного баритового концентрата.

- будут разработаны оптимальные режимы механохимической обработки (МХО) и ультразвуковой обработки (УЗО) природного минерального сырья и отходов зол энергетических углей. Будут выбраны наиболее эффективные модификаторы для стабилизации высокоактивного состояния диатомита и зол ТЭС после МХО и УЗО.

- будут разработаны оптимальные составы барито-бетонных смесей с добавками углеродных нановолокон.

- будет разработан состав комбинированных химических реагентов (режим синтеза реагентов раствори- теля, нефтешлама, варьирование состава). Будут получены новые связующие на основе гибридных полимеров для получения ПКМ

- будут определены физико-химические характеристики полученных новых связующих на основе гибридных полимеров для получения ПКМ

- будет разработаны технологические приемы получения анод литий ионного аккумулятора с высокой удельной поверхностью со структурой графен/кремний/металлическая фольга.

- будут организованы процессы электроформования и экструзионного формования полимерных волокон из полиакрилонитрила, будет определено влияния параметров на структуру получаемых волокон. Будут отработаны параметры предварительного окисления исходных полимерных волокон с дальнейшей карбонизацией, химической и физической активации для получения углеродных волокон. Будут получены газочувствительные материалы на основе углеродных волокон. Будут изготовлены образцы газовых сенсоров на основе углеродных волокон.

***Достигнутые результаты:***

1. В рамках работы по разработке технологии получения химически осажденного BaSO4 из низкосортного баритового концентрата были получены следующие выводы:

- предварительная МА баритового концентрата совместно с коксом (как сырым, так и обожженным) увеличивает как скорость восстановления баритового концентрата, так и степень конверсии BaSO4 в BaS. При 1150 ˚С и 42 мин термической обработки степень конверсии активированного образца в присутствии сырого кокса составила 95 % против 73 % конверсии неактивированного BaSO4. Большая степень конверсии при использовании сырого кокса связана с восстановительной способностью летучих компонентов. Условия водного выщелачивания продукта карботермического обжига обеспечивают содержание железа в пределах нормы, регламентированной для бланфикса марки «В» (0,006 %): температура пульпы 80 ˚С; Ж:Т=6; продолжительность выщелачивания 150 мин. Эти условия обеспечивают выход осажденного BaSO4 около 81 % в пересчете на BaSO4, содержащийся в баритовом концентрате. Созданы укрупненные лабораторные установки по обжигу и выщелачиванию, объединенные в одну установку для повышения эффективности получения химически осажденного BaSO4 и отработаны технологические режимы получения химически осажденного BaSO4. Отличительной особенностью установки является утилизация ядовитого Н2S, неизбежно выделяющегося в результате химической реакции. Разработана технологическая схема производства и осуществлена экономическая оценка эффективности производства;

1. В ходе выполнения работы по разработке научно-технического подхода и оптимальных условий МХО и УЗО сырьевого материала, включая природного минерального сырья (диатомит и пр.) и промпродукты переработки отходов зол энергетических углей, для управления процессом получения минеральных систем в высокоактивном состоянии были получены следующие выводы:

- МХО природного диатомита и техногенного сырья (ЗШ и ЗУ) приводит к изменении дисперсности и дефектности частиц. Установлены оптимальные режимы активации и модифицирования поверхности частиц шихтовой смеси, обеспечивающие повышение активности порошков после МХО, что проявляется в изменении кинетических параметров технологического горения для получения СВС-композитов с высоким уровнем прочностных и теплофизических свойств. Использование ЗШ и ЗУ в составе СВС-шихты способствует получению пористого материала, что обеспечивает повышение теплоизоляционных характеристик. Определена эффективность УЗВ минерального сырья и техногенных отходов для последующего его использования при получении теплоизоляционных материалов в режиме технологического горения. Исследованы структурные и морфологические особенности порошковых систем, модифицированных различными способами. В результате исследования, модифицированные и активированные после МХО и УЗО частицы минерального сырья и техногенных отходов сохраняют пористую структуру, обеспечивая низкую теплопроводность материалов. А также уменьшается размер частиц, таким образом увеличивается плотность, которая приводит к увеличению прочности теплоизоляционных материалов;

1. В ходе проведения экспериментальных работ по разработке оптимальных составов барито-бетонных смесей с добавками углеродных нановолокон были получены следующие выводы:

- исследованы и оптимизированы параметры процесса электроформования волокон на основе прекурсора ПАН/ДМФ. Установлено, что для получения стабильных однородных волокон оптимальным соотношением ДМФ к ПАНу является 9:1, расстояние от иглы шприца до коллектора 15 см, значение высоковольтного напряжения 15 кВ и скорость подачи прекурсора шприцевым насосом равное 0,05 мл/ч. Методом электроформования были получены однородные волокна на основе ПАНа, произведена их стабилизация при 180 °С в течение 15 мин и кальцинация при 500 °С в течение 30 мин в инертной среде. Для увеличения электропроводности УНВ получены композиты волокон ПАН с добавками графен-содержащего углерода, полученного путем карбонизации и термохимической активации биомассы. Установлено, что средний диаметр сформированных композитных волокон находится в интервале от 89 до 220 нм. Разработаны оптимальные составы барито-бетонных смесей с добавками углеродных наноматериалов. Оптимизация составов проводилась путем замера электрического сопротивления барито-бетонных смесей с добавками УНВ и графена-содержащего углерода. Добавление композита УНВ/графен-содержащий углерод оказывает влияние на электрические свойства образца бетона. Установлено, что содержание даже 0,2 мас.% композита УНВ/графен-содержащий углерод приводит к резкому снижению сопротивления бетона (8,4±0,39 МОм) в сравнении с аналогичным содержанием отдельно использованных УНВ (14,1±0,2 МОм) и графена-содержащего углерода (13,9±0,14 МОм). Дальнейшее увеличение содержания углеродных наноматериалов в составе барито-бетонных смесей ведет к существенному снижению сопротивления образцов.

1. В ходе выполнения работы по разработке состава комбинированных химических реагентов для нефтедобывающией промышленности были получены следующие выводы:

- в результате проведенных исследований изучен эффект влияния ингибиторов парафиноотложение в зависимости от состава нефти разных месторождении. Проведен анализ механизму роста кристаллов парафинов от содержания сополимера ЭВА.Результаты испытаний показали, что наиболее эффективным композиционным растворителем является смесь, состоящая из 50 % бензиновой и 50 % керосиновой фракции. Данная композиция за 5 ч позволяет достичь потерю массы отложений 97,7 %, при этом имеет растворяющую способность 93,5 г/см3. Эффективность данной композиции подтверждает парафинистый тип отложений, что объясняется высоким содержанием парафинов в составе нефти. Ароматические растворители показали относительно низкую растворяющую способность по сравнению с алифатическими растворителями, что также подтверждает низкое содержание смол и асфальтенов в составе АСПО. Определено что, реагент ЭВА-15 в составе нефти способен предотвратить процесс осадкообразования на 15-35% в зависимости от его массовой концентрации в нефти. Использование компонентов ЭАК-15 и ЭВА-25 в составе растворителя АСПО увеличил растворимость и сократил время растворения. Полученный состав способен уменьшить прочность бронирующих оболочек водонефтяных эмульсий, стабилизированных асфальтенами и влиять на реологические характеристики нефти. Определено, что синтезированныйрастворитель с сополимеромЭВА-25 снизит температуру застывания нефти, температуру начала кристаллизации и уменьшить выпадение кристаллов парафинов.Оптимизирован комбинированный состав химических реагентов для ингибирования парафиноотложения.

В рамках работы по синтезу новых связующих на основе гибридных полимеров для получения ПКМ были получены следующие выводы:

- синтезированы два типа связующих для полимерных композиционных материалов на основе привитых сополимеров. Синтез первого связующего ППГ-g-Ст осуществлялся методом радикальной сополимеризации полипропиленгликоля и стирола. Второй сополимер на основе был получен также методом радикальной привитой сополимеризации 1,3-пропандиола и малеинового ангидрида. Полученные сополимеры были охарактеризованы методом ИК-спектроскопии, было показано протекания процесса прививки мономеров на полимерную цепь. Полученные сополимеры ППГ-g-Ст были охарактеризованы методами ТГА и ДСК. Привитой сополимер ППГ-g-Ст показал превосходную термическую стабильность, однако увеличение отношения стирола привело к снижению термической стабильности и Tст. Получена ненасыщенная полиэфирная смола НПСg, на основе привитого сополимера ППГ-g-Ст. Привитые сополимеры были основаны на пропиленгликоле и разном соотношении стирола. Смола была охарактеризована различными методами и установлено, что повышение содержания стирола в смесях НПСg увеличивает их жесткость. Показано, что индекс тиксотропности и время гелеобразования уменьшаются с увеличением отношения Ст в привитом сополимере ППГ-g-Ст. Однако составы 0,1 г М1, 0,3 г М2 и 0,4 г М3 показали наивысшую величину индекса тиксотропности.

1. В ходе выполнения работы по получению анода со структурой графен/нанопористый кремний/металлическая фольга с высокой удельной поверхностью для литий-ионных аккумуляторов были получены следующие выводы:

- разработан технологический прием изготовления нового типа анода на основе высокопористых активно-неактивных композитов, в которых «активный» элемент (кремний) принимает участие в реакции легирования-делегирования ионами лития (процесс, проходящий во время заряда-разряда), в то время как «неактивный» элемент (металл Ni илиCu) обеспечивает требуемую устойчивость (упругость) к деформации во время процесса расширения/сжатия и повышает перенос заряда (увеличивает удельную мощность). Добавление «неактивного» компонента в состав кремния, такие как Ni или Cu дает возможность снизит температуру спекания (ниже 1000 °С) и получить пористую структуру анода на основе активно-неактивных композитов (Si-Cu; Si-Ni) полученного на металлической подложке, которая обеспечивает требуемую устойчивость к деформации. Собрана система CVD для выращивания сажи и графена на пористых активно-неактивных композитах (Si-Ni, Si-Cu), которая состоит из 3-х зонной горизонтальной трубчатой печи с программируемыми регуляторами температуры, газовой системы, а также вакуумного насоса. Установлено, что параметр роста графеновых слоев, полученных методом CVD, зависит от обработки поверхности металла, температуры осаждения и скорости охлаждении, расхода газов, соотношения газов в смеси Ar:H2:CH4. Результаты морфологического исследования показали появление кремниевых нанопроволок (SiNW) после нанесения пористого слоя Si-Ni на токосъемнике. Структура образцов на основе Si-Ni/пена-никель по сравнению с Si-Ni/никелевая фольга, характеризуются наличием большого количества SiNW (диаметрам <55 нм) и большей пористостью для роста объёма кремния при заряд-разряде во время эксплуатации в качестве анодного электрода в литий-ионных батареях. Проведена работа по испытанию технологических методов получения пористых структур анода для формирования катода аккумуляторной батареи. Для формирования катода аккумуляторной батареи применена технология получения пористой структуры анода. В качестве активного материала катода литий-ионной батареи был использован порошок LiNiCoMnO2. Таким образом, выявлена возможность применения технологического метода получения пористых структур анода для формирования катода аккумуляторной батареи на основе LNMC-Al на алюминиевом токосъемнике. Метод универсален, с его помощью можно получить катоды другого состава.

1. В рамках выполнения работы по организацию процессов электроформования и экструзионного формования полимерных волокон из ПАН и получению газо-чувствительных материалов на основе углеродных волокон были получены следующие выводы:

- организован процесс электроформования полимерных волокон из ПАН. Исследовано влияние параметров на структуру получаемых волокон и определены оптимальные условия проведения процесса электроформования. Установлено, что оптимальным условиям соответствуют: напряжение – 12-15 кВ, скорость подачи раствора 1,0 мл/ч, расстояние между иглой и коллектором – 12-15 см. Изучено влияние концентрации раствора ПАН/ДМФ на структуру волокон, установлено, что стабильные характеристики волокон наблюдаются для 9 масс. % раствора ПАН/ДМФ, диаметр волокон составляет 250-320 нм. Отработан процесс экструзионного формования полимерных волокон из ПАН. Определено влияние параметров на структуру получаемых волокон, в частности, было исследовано влияние концентрации раствора ПАН/ДМФ на диаметр и структуру волокон в диапазоне концентраций 7-15 масс. %. Отработаны и скоррелированы скорости подачи раствора полимера и скорости вращения барабанного коллектора для достижения стабильного процесса формования. Исследована структура ПАН-волокон методами оптической и СЭМ, установлено, что увеличение концентрации полимера в формовочном растворе приводит к изменению поверхностной структуры волокна и образованию поверхностных дефектов и неровностей, что обусловлено повышенной вязкостью раствора и замедлением процесса обмена между ДМФ и водой в экструзионной ванне. Проведена отработка параметров предварительного окисления исходных полимерных волокон с дальнейшей карбонизацией для получения углеродных волокон. Установлено, что оптимальной температурой стабилизации для ПАН волокон из 9 масс. % раствора ПАН/ДМФ является температура 250-260 °С, при данной температуре сохраняется исходная одномерная структура. Отработаны параметры химической и физической активации углеродных волокон. Установлено, что процесс химической активации с применением KOH в качестве активирующего агента повышает значение удельной поверхности с 185 до 542 м2/г. Были проведены исследования морфологии и пористости полученных углеродных волокон методами СЭМ и БЭТ-анализа. Получены газочувствительные материалы на основе углеродных волокон с добавлением наночастиц NiO. Были исследованы газочувствительные характеристики наночастиц NiO в отношении детектирования ацетилена и паров ацетона. На основании полученных наночастиц NiO были получены углеродные волокна с добавками NiO и апробированы в качестве газовых сенсоров для обнаружения ацетилена, ацетона и изопропилового спирта..

***Члены исследовательской группы:***

1. Мансуров З.А., д.х.н., проф., руководитель проекта. Author ID в Scopus – 6603681253, Researcher ID Web of Science – C-6090-2017, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-8956-216X. Индекс Хирша – 14.
2. Кетегенов Т.А., гнс, д.х.н., доцент, ответств. исполнитель. Author ID в Scopus – 6505761781, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-1153-4687. Индекс Хирша – 5.
3. Надиров Р.К.,внс,к.х.н., проф.Author ID в Scopus – 55631153700, Researcher ID Web of Science – [A-8555-2015](https://publons.com/researcher/A-8555-2015/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – [https://orcid.org/0000-0002-7934-9621](https://www.scopus.com/redirect.uri?url=https://orcid.org/0000-0002-7934-9621&authorId=55631153700&origin=AuthorProfile&orcId=0000-0002-7934-9621&category=orcidLink%22" \t "_blank). Индекс Хирша – 4.
4. Рузахунова Г.С., внс, к.х.н. Author ID в Scopus – 53878409100, ORCID – – https://orcid.org/0000-0002-5843-662X.
5. Қамұнұр Қастер, cнс, PhD. Author ID в Scopus – 57200181228, ORCID – https://orcid.org/0000-0003-2160-9512. Индекс Хирша – 1.
6. Садыков Б.С., снс, PhD. Author ID в Scopus – 36881426800, Индекс Хирша – 2.
7. Осеров Т.Б., снс, PhD. Author ID в Scopus – 57194274533, Индекс Хирша – 1.
8. Антонюк В.И., снс.
9. Топанов Б., специалист.
10. Милихат Б., мнс.
11. Баткал А.Н., мнс, магистр. ORCID – https://orcid.org/0000-0002-2271-6953.
12. Ержанов Б.М., специалист.
13. Ғани Д., специалист.
14. Баккара А.Е., внс, PhD. Author ID в Scopus – 57131094800, Индекс Хирша – 1.
15. Ксандопуло Г.И., гнс, д.х.н. Author ID в Scopus – 7003831672, Индекс Хирша – 5.
16. Досжанов Е.О., нс, PhD. Author ID в Scopus – 35239795500, Researcher ID Web of Science – D-5732-2015. ORCID – https://orcid.org/0000-0002-3454-8889, Индекс Хирша – 2.
17. Жапекова А.О., нс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57216320217, Индекс Хирша – 1.
18. Коротнева М.Д., специалист.
19. Хайруллина А.С., специалист. Author ID в Scopus – 57264627400.
20. Султанов Ф.Р., внс, PhD, ответств. исполнитель. Author ID в Scopus – 55965864300, Researcher ID Web of Science – [D-5710-2015](https://publons.com/researcher/D-5710-2015/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – https://orcid.org/0000-0002-7789-9398. Индекс Хирша – 10.
21. Бакболат Б., мнс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57194194003, ORCID – https://orcid/0000-0002-6062-8102. Индекс Хирша – 8.
22. Кенжебаева А.А., мнс, магистрант. ORCID – https://orcid.org/0000-0002-0214-9517.
23. Жантикеев У.Е., мнс, PhD докторант. ORCID – https://orcid.org/0000-0002-1200-2340, Scopus Author ID: 57221326975.
24. Садуакас М.Р., мнс, PhD докторант.
25. Танирбергенова С.К., внс, к.х.н., ответств. исполнитель. Author ID в Scopus – 55447834800, Researcher ID Web of Science – [N-9749-2017](https://publons.com/researcher/N-9749-2017/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-6377-0913>. Индекс Хирша – 1.
26. Діністанова Б.Қ., внс, к.х.н. Author ID в Scopus – 55447490300, ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-7064-0295>. Индекс Хирша – 1.
27. Онгарбаев Е.К., гнс., д.х.н., проф. Author ID в Scopus – 35240827900, Researcher ID – Web of Science ABE-5513-2021, ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-0418-9360>. Индекс Хирша – 7.
28. Тілеуберді Е., внс, PhD. Author ID в Scopus – 55490320400, Researcher ID Web of Science – A-7313-2015, 55490320400ORCID – <https://orcid.org/0000-0001-9733-5015>. Индекс Хирша – 6.
29. Тугелбаева Д.А., нс, магистр. Author ID в Scopus – 57204318378, Researcher ID Web of Science – [K-4851-2018](https://publons.com/researcher/K-4851-2018/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – <https://orcid.org/0000-0001-7860-5710>. Индекс Хирша – 1.
30. Жамболова А.Б., нс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 5720280667.
31. Тажу Қ., нс, магистр. Researcher ID Web of Science – [O-7103-2017](https://publons.com/researcher/O-7103-2017/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – <https://orcid.org/0000-0003-1884-8635>.
32. Канжаркан Е., нс, магистр.
33. Айтуған А.Н., мнс, магистр. ORCID – <https://orcid.org/0000-0003-3302-9363>
34. Калугин С.Н., гнс, д.х.н. Author ID в Scopus – 6602661787, Researcher ID Web of Science – [B-2964-2015](https://publons.com/researcher/B-2964-2015/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – https://orcid.org/0000-0002-1264-7974. Индекс Хирша – 4.
35. Негим Э., внс, к.х.н. [Scopus Author ID в Scopus – 39861833200](http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=39861833200&partnerID=MN8TOARS" \t "_blank), [Researcher ID Web of Science – O-1131-2013](http://www.researcherid.com/rid/O-1131-2013" \t "_blank), ORCID – https://orcid.org/0000-0002-4370-8995, , Индекс Хирша – 7.
36. Ирмухаметова Г.С., внс, к.х.н. Author ID в Scopus – 22979722000, Researcher ID Web of Science – AAF-1026-2019, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-1264-7974. Индекс Хирша – 7.
37. Бекбаева Л.К., нс.  [Author ID в Scopus – 39860985300](http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=39860985300&partnerID=MN8TOARS" \t "_blank), ORCID – https://orcid.org/0000-0002-0804-1259. Индекс Хирша - 5.
38. Олжабай А.Т., инженер.
39. Оспанова А.Б., инженер.
40. Кузьмина А.А., инженер.
41. Жылыбаева Н.К., внс, к.х.н., ответств. исполнитель. Author ID в Scopus – 57204315417, Researcher ID Web of Science – [O-2466-2017](https://publons.com/researcher/O-2466-2017/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – <https://orcid.org/0000-0001-8047-916X>. Индекс Хирша – 1.
42. Азат С., внс, PhD. Author ID в Scopus – 55448049300, Researcher ID Web of Science – A-8633-2015, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-9705-7438. Индекс Хирша – 5.
43. Елеуов М.А., снс, PhD докторант, ответ исполнитель. Author ID в Scopus – 57210911341, ORCID – https://orcid.org/**0000-0001-7488-7431**. Индекс Хирша – 6.
44. Асқарұлы Қ., нс, магистр. Author ID в Scopus – 57211404041, Researcher ID Web of Science – [N-5696-2014](https://publons.com/researcher/N-5696-2014/" \o "Copy and share this profile's URL), ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-8998-0409>. Индекс Хирша – 2.
45. Таурбеков А.Т., нс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57213185526, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-4588-1521. Индекс Хирша – 1.
46. Наурзбаева Г.М., нс, PhD докторант. Author ID – 57210281506, Researcher ID – [N-9661-2017](https://publons.com/researcher/N-9661-2017" \t "_blank), ORCID –https://orcid.org/0000-0001-6213-0474. Индекс Хирша – 1.
47. Бексемуратова Г.К., снс, магистр. Researcher ID – [О-2485-2017](https://publons.com/researcher/N-9661-2017" \t "_blank), ORCID –https://orcid.org/0000-0003-2956-8057.
48. Смагулова Г.Т., внс, PhD, ответств. исполнитель. Author ID в Scopus – 56941867600, Researcher ID Web of Science – D-5732-2015, ORCID – https://orcid.org/0000-0002-2943-5222. Индекс Хирша – 4.
49. Қайдар Б.Б., нс, PhD докторант. Author ID в Scopus – 57211311568, Researcher ID Web of Science – ABE-9801-2021, ORCID – https://orcid.org/0000-0001-6327-7531. Индекс Хирша – 1.
50. Көркембай Ж., нс. Индекс Хирша – 1.
51. Оспанәлі А., мнс, PhD. ORCID – https://orcid.org/0000-0001-9194-9737.
52. Имаш А., мнс, магистр. Researcher ID Web of Science – D-5732-2015, ORCID – https://orcid.org/0000-0003-3792-6512.