

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА НА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10809629>

Анварова Ирода Анваровна

Каршинского инженерно-экономического института преподаватель

Тулаевой Севинч Ризамат кизи

Каршинского инженерно-экономического института студентка

Аннотация

15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ Процесс получения высокомолекулярных углеводородов из синтез-газа в нанокатализаторе, содержащем. В работе рассмотрен способ приготовления нанокатализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ и влияние концентрации катализатора в зоне реакции, влияние концентрации циркония в реакционном пространстве, Изучено влияние природы регенератора, влияние условий регенерации, СО на стадии активации, влияние давления и влияние условий синтеза. Вновь регенерированные катализаторы синтеза Фишера-Тропша сначала проявляют низкую активность, затем активность катализатора возрастает под воздействием синтез-газа. С повышением температуры существенно меняется состав как углеводородной, так и водной части продуктов. Селективность катализатора по отношению к образованию целевых продуктов синтеза - жидких углеводородов - существенно возросла при повышении давления синтез-газа. При повышении давления с 1 до 10 атм процент бензиновой фракции в жидких продуктах синтеза увеличивался с 73 до 87%.

Ключевые слова

синтез-газ, высокомолекулярные углеводороды, катализатор, регенерация, температура, давление, эффективность реакции, конверсия.

Входить

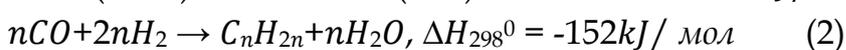
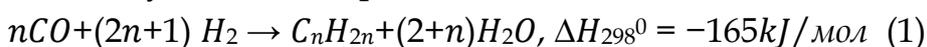
Для улучшения образа жизни людей во всем мире резкий рост спроса на энергию в развитии промышленности и транспорта в определенной степени вызывает проблемы. [1]. Разработка альтернативных и экологически чистых способов производства жидкого топлива — сложная и ответственная задача. Фишер-Тропш (ФТ) синтез и подобные технологии - от газа к жидкости (ГТЛ), из угля в жидкость (СТЛ) и биомасса в жидкость (ВТЛ) такие маршруты являются альтернативными способами замены нефти. Они могут внести

позитивный вклад в мировую энергетическую безопасность и энергоснабжение. Хотя процесс ФТ был открыт около столетия назад, он является привлекательным и альтернативным источником экологически чистого жидкого углеводородного топлива с не содержащими серы и ароматическими соединениями. Синтез Фишера-Тропша – каталитическая реакция, в которой синтез-газ (смесь СО и Н₂) превращается в жидкое углеводородное топливо. [2,3]. Синтез ФТ привлек большое внимание во всем мире как в промышленной, так и в научной областях, причем катализатор является сердцевиной процесса. Состав катализатора и рабочие параметры, такие как температура, давление и т. д., играют важную роль в синтезе ФТ, активности катализатора и распределении продуктов. Таким образом, актуальна разработка катализаторов ФТ с высокой активностью, селективностью и стабильностью. Среди промежуточных металлов наиболее часто используемыми металлами для катализатора ФТ являются рутений, никель, кобальт и железо. Кобальт является активным металлом для синтеза углеводородов с более высокими цепями благодаря своей высокой активности и селективности по отношению к парафинам, низкой активности водно-газового обмена (WGS), низкой селективности по СО₂ и меньшему образованию кислорода [4-6].

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ

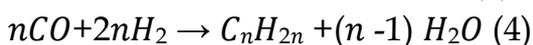
Многие исследователи изучали влияние различных оксидных носителей на активность/селективность СО-катализаторов [7,8]. Al₂O₃, SiO₂ и TiO₂ являются наиболее часто используемыми материалами для Со-катализаторов, а в катализаторе Со/Al₂O₃ ограниченная восстанавливаемость Со и сильное взаимодействие между Со связаны [9-11]. К катализаторам Со добавляют такие промоторы, как Pd, Pt, Re и Ru, которые способствуют лучшему восстановлению Со при сильных взаимодействиях с неметаллами, отличными от Al₂O₃. [12,13]. Многие исследователи полагают, что Pd-промотор улучшает адсорбционные центры Со-катализатора и тем самым увеличивает скорость гидрирования при синтезе ФТ. [14-16].

В целом процесс ФТС включает две основные реакции и несколько побочных реакций. Синтез длинноцепочечных парафинов и олефинов состоит из двух основных реакций. [17-21]:



Когда соотношение Н₂:СО высокое или когда гидрирование сильное, используются такие катализаторы, как кобальт и никель, и реакция (1)

становится доминирующей. В отличие от; с другой стороны, когда соотношение $H_2:CO$ низкое или используются катализаторы гидрирования, такие как железо, доминирует реакция (2). В зависимости от условий эксплуатации и природы катализаторов, кроме двух основных реакций, могут быть реакция метанизации (3), реакция образования кислородных соединений углеводородов (4) и реакция образования CO_2 (5).
происходить: $CO+3H_2 \rightarrow CH_4+H_2O$ (3)



Наиболее активными катализаторами процесса Фишера-Тропша являются железо, кобальт, никель и рутений. Эти катализаторы обеспечивают максимальную скорость химической и физической адсорбции компонентов синтез-газа в условиях синтеза. В настоящее время на всех действующих установках синтеза Фишера-Тропша используются только железные катализаторы. В качестве промоторов используются соединения ThO_2 и K_2O . Эти промоторы особенно эффективны в сочетании с железными катализаторами. В качестве носителей в синтезе Фишера-Тропша, переработке нефти и газа обычно используют Al_2O_3 , SiO_2 , полистирол, высококремнистые цеолиты [22-28] и другие.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Процесс каталитического синтеза высокомолекулярных углеводородов из газа и водорода осуществляли в проточном реакторе, работающем в дифференциальном режиме. Текстуальные характеристики катализаторов определяли на основе изотерм адсорбции и десорбции азота на основе изотерм адсорбции и десорбции, распределения азота по общей площади поверхности, среднего размера частиц, размера мезопор и размера пор. Объем микропор и мезопор определяли методом ВЖН. Отношение площадь к поверхности рассчитывали по методу Брунауэра-Эммета-Тейлора (метод БЭТ) по ГОСТ 23401-90.

Наноразмерные образцы катализаторов были приготовлены методом термолиза соответствующих солей прекурсоров или их растворов в высококипящей дисперсионной среде в широком диапазоне температур.

нитрат железа(III), нитрат кобальта(III), нитрат никеля(III) и нитрат циркония(IV) температура термолиза на воздухе 100-250°C оксид железа(III), оксид кобальта(III), оксид никеля(III) и цирконий Изучено влияние (IV) на частицы оксида.

При 120°C, ниже температуры разложения, происходит разложение нитрата железа(III), нитрата кобальта(III), нитрата никеля(III) и нитрата цирконила(IV) с разделением жидкости на углеводородную часть и в ее воде кристаллизационное железо(III).) нитрата, нитрата кобальта(III), наблюдался темно-красный раствор, образующийся при растворении нитрата никеля(III) и нитрата цирконила(IV).

При 150-170°C наблюдалось разложение нитрата железа(III), нитрата кобальта(III), нитрата никеля(III) и нитрата цирконила(IV) с выделением бурого газа-оксида азота (IV). Образуется светло-коричневая суспензия оксида железа(III), оксида кобальта(III), оксида никеля(III) и оксида циркония(IV). Однако он нестабилен из-за большого размера частиц, образованных оксидом железа (III), оксидом кобальта (III), оксидом никеля (III) и оксидом циркония (IV). Практически полное осаждение частиц оксида железа(III), оксида кобальта(III), оксида никеля(III) и оксида циркония(IV) наблюдается через несколько минут после окончания перемешивания.

Разложение нитрата железа(III), нитрата кобальта(III), нитрата никеля(III) и нитрата цирконила(IV) при 200-250°C происходит значительно быстрее, чем при 150-170°C. Полученный коллоидный раствор имеет более темный цвет и отличается большей стабильностью, осадка в течение длительного времени не наблюдается..

ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 показано влияние концентрации катализатора в зоне реакции на состав жидких топлив синтеза Фишера-Тропша. Видно, что увеличение количества циркония в катализаторе с 0,2 до 1,5 % приводит к уменьшению доли углеводородов этиленового ряда в жидких продуктах синтеза с 52 до 42 %. Также наблюдается снижение полимеризующих свойств катализатора.

Таблица 1

Влияние концентрации циркония в реакционном пространстве на состав получаемых продуктов

Ключевые показатели	Количество циркония в катализаторе, %			
	0.2	0.5	1.0	1.5
Фракционный состав, напр. %				
C ₅ -C ₁₀	73	72	71	69
C ₁₁ -C ₁₈	21	24	19	21

C ₁₉₊	6	7	9	10
Содержание углеводов этиленового ряда, %	52	48	45	42
Содержание оксигенатов в водоносном горизонте	19	21	24	28

Влияние условий регенерации. Прекурсоры катализаторов синтеза Фишера-Тропша (смеси высоковалентных оксидов или солей) не проявляют высокой каталитической активности. Активация катализаторов синтеза Фишера-Тропша является важным этапом, играющим важную роль в образовании активных центров, что, в свою очередь, влияет на активность, селективность и стабильность катализатора. Поэтому важно знать влияние восстановительных свойств, давления активации и температуры на основные параметры синтеза, чтобы определить оптимальные условия активации наноразмерного катализатора.

Эффект функции регенератора. Известно, что особенность формирования активной фазы катализатора 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ определяется условиями проведения процесса. В частности, крупнозернистые катализаторы 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ регенерируют преимущественно водородом при высоких температурах с целью перевода всего исходного железа в металлическую форму для синтеза в неподвижном слое. .

Таблица 2

Влияние условий регенерации нанокатализатора

15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ

Условия синтеза: Tопт=300oC, 10 атм, 1SO+1N₂.

Условия регенерации				K _{CO} %	Унум C ₅₊ g/m ³	SC ₅₊ %	Производитель ь, г/кг•кат•час
Газ	P, атм	T, °C	τ, s				
H ₂	10	300	20	48	69	70	248
CO	10	300	20	76	118	65	414

В табл. 2 представлены данные об активности наноразмерного катализатора 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ, полученного при использовании в качестве регенератора водорода и диоксида углерода. В результате активации катализатора диоксидом углерода видно, что его активность существенно возросла: конверсия SO увеличилась на 35 %, а выход

жидких углеводородов увеличился почти в два раза. Однако селективность по жидким углеводородам несколько снижается. Производительность наноразмерного катализатора, регенерированного газообразным водородом, увеличилась в 2 раза по сравнению с аналогичным показателем образца, регенерированного водородом в тех же условиях. Можно предположить, что незначительное увеличение активности наноразмерного катализатора связано с образованием активных центров.

Влияние давления SO на стадии активации на основные параметры синтеза. С целью получения дополнительной информации о влиянии давления SO на активность наноразмерного катализатора 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ на стадии активации мы провели детальные исследования. Основные параметры синтеза катализаторов, полученных активацией при различных давлениях SO, представлены в таблице 3. Как и в случае с водородом, видно, что давление SO не оказывает существенного влияния на основные параметры синтеза углеводородов из SO и N₂ в наногетерогенном катализаторе. Конверсия SO составила ~76% во всех исследованных диапазонах давлений, выход жидких продуктов синтеза - ~118 г/м³, селективность по S₅₊ - 62%, производительность - 472,2 г/кг•кат•ч.

Таблица 3

Нанокатализатор композиции 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ влияние условий регенерации

Условия регенерации: 300Ос

Условия синтеза: Топт=300оС, 1SO+1N₂, 25л/ч.

№	P, атм	K _{CO} %	Унум, C ₅₊ g/m ³	SC ₅₊ %	Производительность, г/кг•кат• час
1	1	82	132	47	517
2	2	68	109	63	441
3	5	76	118	65	454
4	7	80	107	75	465
5	10	74	124	60	484

На рис. 1 представлена зависимость выхода целевых продуктов синтеза - жидких углеводородов от конверсии SO. Как видно из таблицы, можно сделать вывод, что полученные зависимости практически не зависят от давления SO на стадии регенерации. Все они практически линейные, что говорит о хорошем отводе тепла.

Таблица 4

Давление SO 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ активация катализатора влияние на состав жидких углеводородов на стадии

Условия активации: 300°C

Условия синтеза: Tопт =300°C, 1SO+1N₂, 25л/ч.

№	Давлени м	Жидкие углеводороды				оксигенация, %				
		C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊	Олефины	[Oxy]	C _{H₃}) ₂ O	C ₁	C ₂	C ₃₊
1	1	79	12	9	47	20	1	2	14	3
2	2	82	15	3	52	20	1	2	13	3
3	5	80	17	3	51	23	1	3	16	3
4	7	83	13	4	46	32	1	3	23	5
5	10	82	13	5	48	26	1	2	20	3

Влияние условий синтеза. Условия синтеза исследовали в присутствии катализатора 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ.

Температура. Вновь регенерированные катализаторы синтеза Фишера-Тропша сначала проявляют низкую активность, затем повышаются под воздействием синтез-газа. Регенерация катализатора обычно осуществляется путем медленного повышения температуры.

В таблице 5 представлены сведения о влиянии температуры на состав жидких продуктов синтеза Фишера-Тропша.

Таблица 5

Влияние температуры на состав жидких продуктов

T,°C	Жидкие продукты								
	Углеводороды, S5+				Оксигенаты, %				
	C ₅ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₈	C ₁₉₊	Олефины	[Oxy]	C _{H₃}) ₂ O	C ₁	C ₂	C ₃₊
240	-	-	-	-	5	-	0,5	0,5	0,6
260	48	42	16	25	6	0,3	0,9	1,5	1,3
280	73	25	2	38	23	3	3	15	3
300	80	18	2	43	28	3	3	19	5
310	86	15	1	50	31	3	3	21	6

С повышением температуры существенно меняется состав как углеводородной, так и водной части продуктов. Доля бензиновой фракции увеличивается с 48% при 260°C до 86% при 310°C, а доля дизельной фракции и твердых углеводородов снижается. Содержание углеводородов, таких как этилен, также резко возрастает с 25% до 50%, что указывает на снижение гидратирующей активности катализатора с повышением температуры. Также содержание спиртов в водном слое составляет от 5 до 31% по массе. увеличивается до На рис. 2 показаны температурные зависимости конверсии

SO синтез-газа и влияние на селективность образования жидких углеводородов. В ходе этого эксперимента линейная скорость синтез-газа поддерживалась постоянной на уровне 0,003 см/с. Однако величина давления синтез-газа повлияла на оптимальную температуру синтеза: при 5 атм катализатор начинал работать при более низкой температуре. Селективность катализатора по образованию целевых продуктов синтеза - жидких углеводородов - существенно возрастала при повышении давления синтез-газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, термолизом соответствующих солей прекурсоров или их растворов в дисперсионной среде, кипящей при высокой температуре в широком диапазоне температур, были приготовлены наноразмерные образцы нанокатализатора состава 15%Co-15%Fe-5%Ni-1%ZrO₂/ЮКЦ. температурный диапазон, а при наличии этого катализатора влияние концентрации катализатора в зоне реакции, влияние концентрации циркония в реакционном пространстве, влияние свойств регенератора, влияние условий регенерации, влияние давления SO в реакционном пространстве. Изучена стадия активации и влияние условий синтеза на состав получаемых продуктов. Установлено, что вновь регенерированные катализаторы синтеза Фишера-Тропша сначала проявляют низкую активность, а затем их активность возрастает под воздействием синтез-газа. Доказано, что с повышением температуры доля бензина увеличивается от 48% при 260оС до 86% при 310оС, а доля дизельного топлива и твердых углеводородов снижается. Замечено, что селективность катализатора по образованию целевых продуктов синтеза - жидких углеводородов существенно возрастает при повышении давления синтез-газа: при увеличении давления от 1 до 10 атм доля бензина в жидкости продуктов синтеза возрастает с 73 до 87 %, что соответствует линейной скорости пропускания синтез-газа ~ Это связано с увеличением в 2,5 раза (с 21 до 50 000 л/ч). При этом доля дизельной фракции снижается почти в два с половиной раза, а доля парафинов (твердых углеводородов) - в 2 раза.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1.Rizayev, S. A., Ne'matov, X. I., & Anvarova, I. A. (2022). ETILEN ASOSIDA BENZOL VA UN DAN MOS RAVISHDA SIKLOGEKSAN OLISH VA UNI

SANOATDA ERITUVCHI SIFATIDA QO 'LLASH. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(4), 213-218.

2. Абдуллаев, Б., & Анварова, И. (2022). ПОЛИЭТИЛЕН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЛИНИЯСИДА СОВУТУВЧИ ТИЗИМ ҚУРУЛМАЛАРИНИ ТАКОМИНЛАШТИРИШ. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(6), 40-43.

3. Rizayev, S., & Anvarova, I. (2022). FAOLLASHTIRILGAN KO 'MIR OLISH VA NEFT-GAZ MAXSULOTLARINI TOZALASHDA QO 'LLASH. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(6), 94-98.

4. Анварова, И. А. (2023). ХАРАКТЕРИСТИКА АДСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(18), 829-832.

5. Anvarovna, A. I. (2023). NEFT-GAZ MAHSULOTLARNI YIG 'ISH, SAQLASH VA TASHISH JIHOZLARI UCHUN AGRESSIV MUHITGA CHIDAMLI POLIFUNKSIONAL ORGANOMINERAL QOPLAMALAR XOSSALARI VA TEXNOLOGIYASI". *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(18), 833-838.

6. [TABIY GAZNI TOZALASHDA ISHLATILGAN AMINLAR ERITMALARINI REGENERATSIYALASH UCHUN MAHALLIY XOMASHYO ASOSIDA OLINGAN FAOLLASHTIRILGAN KO 'MIRNING ADSORBSION XOSSALARINI ANIQLASH](#)

7. Anvarovna, A. I., & Xayrulla o'gli, S. T. (2023). NEFTLI YO 'LDOSH GAZLARNI UTILIZATSIYA QILISH YO 'LI ORQALI SUYUQ UGLEVODORODLARNI ISHLAB CHIQRISH. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(23), 84-91.

8. Анварова, И. А. (2023). МИСНИНГ АСОСИЙ ХОМАШЁ МАНБАЛАРИ, УНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШ СОҲАЛАРИ. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(18), 824-828.

9. Kuyboqarov, O., Anvarova, I., & Abdullayev, B. (2023). RESEARCH OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF A CATALYST SELECTED FOR THE PRODUCTION OF HIGH-MOLECULAR WEIGHT LIQUID SYNTHETIC HYDROCARBONS FROM SYNTHESIS GAS. *Universum: технические науки*, (10-7 (115)), 28-32.

10. Zafar o'g'li, M. F. (2022). GIALURON KISLOTA OLISHNING YANGI MANBAALARI. *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, 2(14), 863-868.

47. Kuyboqarov O., Anvarova I., Abdullayev B. RESEARCH OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF A CATALYST SELECTED FOR THE PRODUCTION OF HIGH-MOLECULAR WEIGHT LIQUID SYNTHETIC HYDROCARBONS FROM SYNTHESIS GAS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-7 (115). – С. 28-32.

48. Kuyboqarov O., Egamnazarova F., Jumaboyev B. STUDYING THE ACTIVITY OF THE CATALYST DURING THE PRODUCTION PROCESS OF SYNTHETIC LIQUID HYDROCARBONS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 11-7 (116). – С. 41-45.

49. Муртазаев, Ф. И., Неъматов, Х. И., Бойтемиров, О. Э., Куйбакаров, О. Э., & Каршиев, М. Т. (2019). ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СЕРЫ И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. *Международный академический вестник*, (10), 102-105.

50. Муртазаев, Ф. И., Неъматов, Х. И., Бойтемиров, О. Э., Куйбакаров, О. Э., & Каршиев, М. Т. (2019). ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗИРОВАННЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОБЕССЕРИВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРОВОДОРОДА. *Международный академический вестник*, (10), 105-107.

51. Boytemirov, O., Shukurov, A., Ne'matov, X., & Qo'yboqarov, O. (2020). Styrene-based organic substances, chemistry of polymers and their technology. *Результаты научных исследований в условиях пандемии (COVID-19)*, 1(06), 157-160.

52. Куйбокаров, О., Бозоров, О., Файзуллаев, Н., Хайитов, Ж., & Худойбердиев, И. А. (2022, June). Кобальтовые катализаторы синтеза Фишера-Тропша, нанесенные на Al₂O₃ различных полиморфных модификаций. In *E Conference Zone* (pp. 349-351).

53. Куйбокаров, О. Э., Бозоров, О. Н., Файзуллаев, Н. И., & Нуруллаев, А. Ф. У. (2022). КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА В ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ. *Universum: технические науки*, (1-2 (94)), 93-103.

54. Куйбокаров, О. Э., Бозоров, О. Н., Файзуллаев, Н. И., & Хайдаров, О. У. У. (2021). СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕРОДОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА ПРИ УЧАСТИИ СО-FE-NI-ZRO₂/ВКЦ (ВЕРХНИЙ КРЫМСКИЙ ЦЕОЛИТ). *Universum: технические науки*, (12-4 (93)), 72-79.

55. Куйбокаров, О. Э., Шобердиев, О. А., Рахматуллаев, К. С., & Муродуллаева, Ш. (2022). ПОЛИОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА В СИНТЕЗ ГАЗ. *Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS)*, 2(5), 679-685.

56. Rustamovich, O. N., Ergashovich, K. O., Khujanazarovna, K. Y., Ruzimurodovich, K. D., & Ibodullaevich, F. N. (2021). Physical-Chemical and Texture Characteristics of Coate-Fe-Ni-ZrO₂/YuKS+ Fe₃O₄+ d-FeOON. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 12(3).

57. Хамраев, Р. Ж., & Нейматов, Х. И. (2023). ТЕХНОЛОГИЯ АБСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ. *JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, 6(5), 77-89.

58. Хамраев, Р. Ж., & Нейматов, Х. И. (2023). ЦЕОЛИТЫ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ. *JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, 6(5), 50-61.

59. Хамраев, Р. Ж., & Нейматов, Х. И. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСУШКИ ГАЗА АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ. *JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, 6(5), 28-38.

60. Rizayev, S. A., Abdullayev, B. M., & Jumaboyev, B. O. (2023). Gazlarni kimyoviy aralashmalardan tozalash jarayonini tadqiq qilish. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 1(1), 71-75.

61. Rizayev, S., & Abdullayev, B. (2022). Etilen asosida benzol olish va uni sanoatda erituvchi sifatida qo'llash. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(6), 99-102.

62. Абдуллаев, Б., & Анварова, И. (2022). Полиэтилен ишлаб чиқариш линиясида совутувчи тизим қурулмаларини такоминлаштириш. *Journal of Integrated Education and Research*, 1(6), 40-43.

63. Khudayorovich, R. D., Rizoevich, R. S., & Abdumalikovich, N. F. (2022). Modern catalysts for acetylene hydrochloration. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10(2), 27-30.

64. Abdullayev, K. O. A. I. (2023). Research of the catalytic properties of a catalyst selected for the production of high-molecular weight liquid synthetic hydrocarbons from synthesis gas. *Химическая технология*, 14(10), 115.

65. Anvarovna, A. I., & Abdugalil o'g, O. R. A. (2024). GIBRID KATALIZATORLAR ISHTIROKIDA SINTEZ. O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI, 3(27), 238-244.

66. Anvarovna, A. I. (2024). KATALIZATORLARNING MEKANIK MUSTAHKAMLIGI. O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI, 3(27), 245-250.

67. Zafar o'g'li, M. F. (2022). GIALURON KISLOTA OLISHNING YANGI MANBAALARI. O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI, 2(14), 863-868.

68. Anvarovna, A. I., & Furqatjon o'g'li, N. F. (2024). UGLEVODORODLARNI SINTEZIDA KATALIZATORLARNING O'RNI. *International Journal of Education, Social Science & Humanities*, 12(3), 23-31.