



# Синтез и исследование Al-Ni катализатора для переработки тяжелого нефтяного остатка

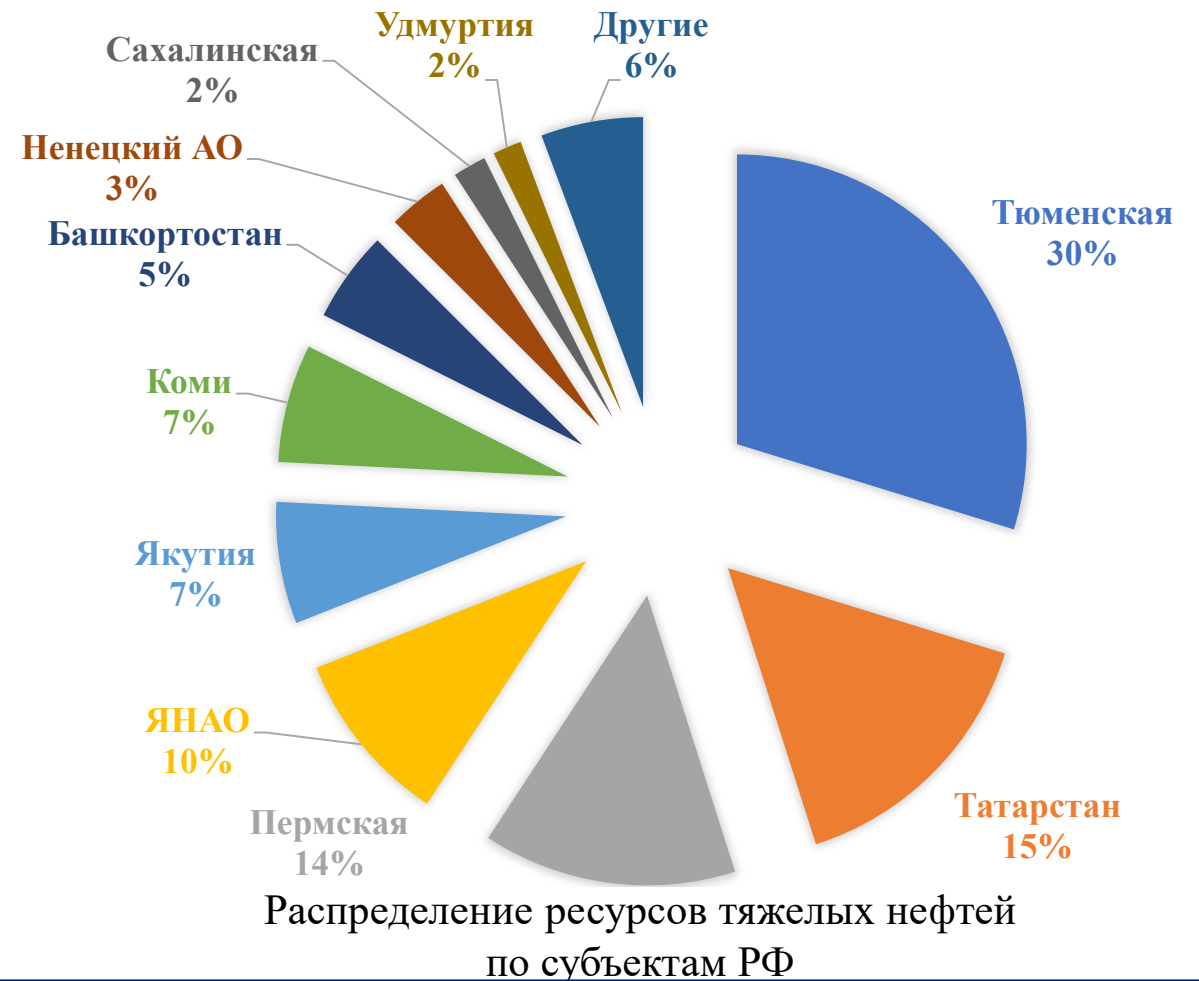
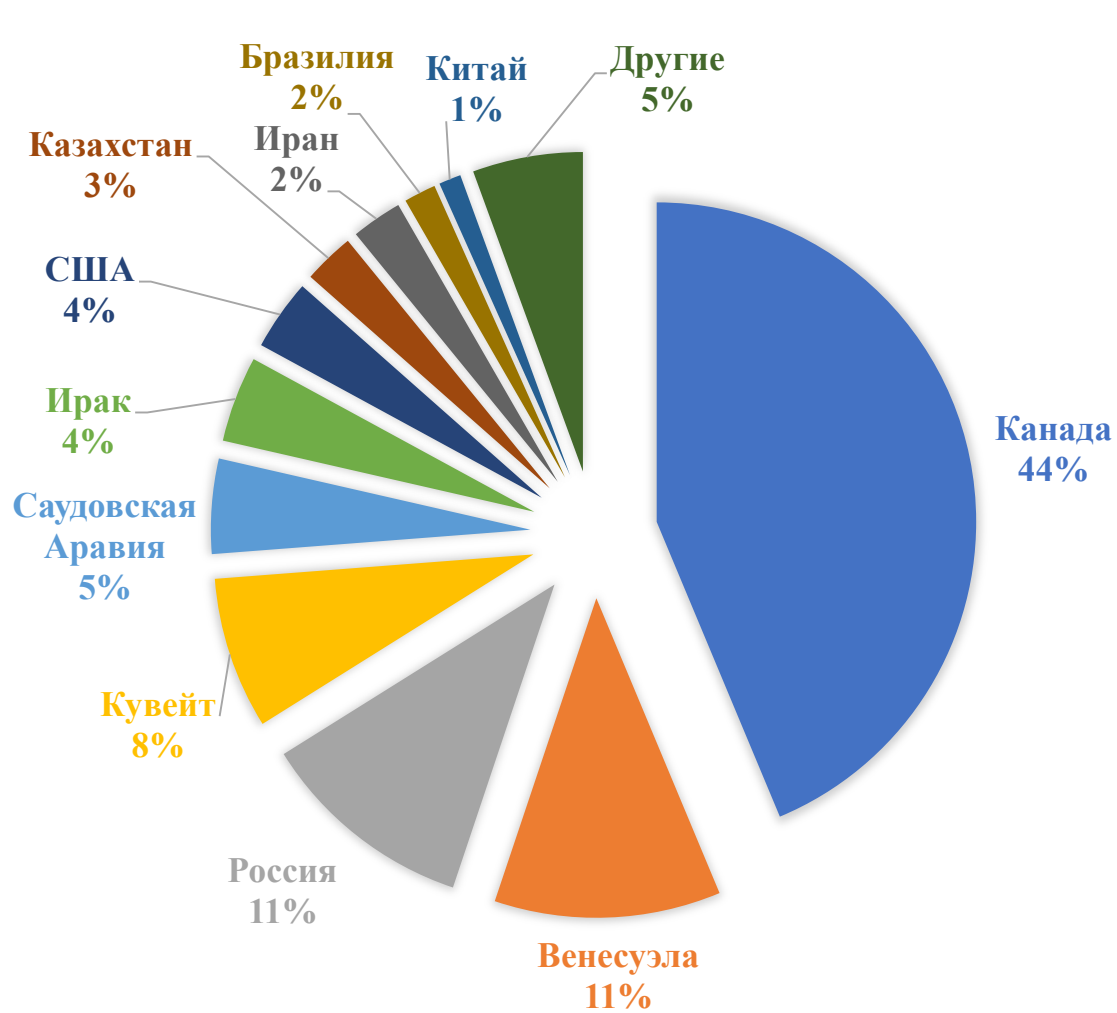
Международная научно-практическая  
конференция  
«Глубокая переработка тяжелых нефтей и  
нефтяных остатков»

Аспирант каф. ХТПНГ Казанского  
национального исследовательского  
технологического университета  
Моисеева Елизавета Георгиевна  
Научный руководитель д.т.н.:  
Башкирцева Наталья Юрьевна

10 - 11 ноября, г. Казань, 2022 г.



# Актуальность



**6 трлн баррелей**  
из которых 2 трлн барр относится к категории извлекаемых.

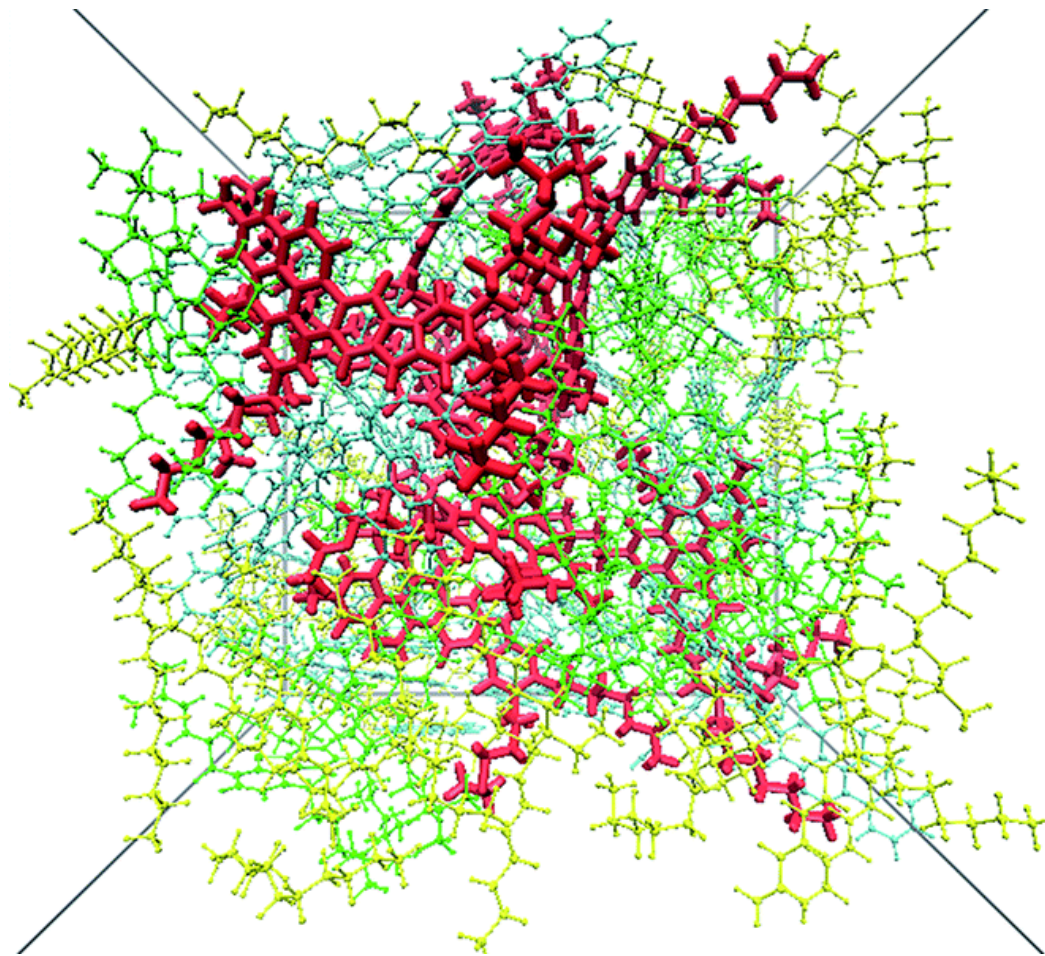
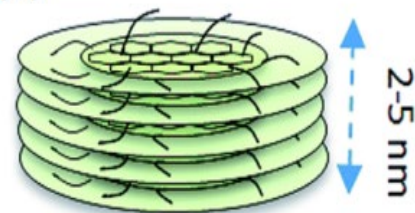


Рисунок 1. Модель агрегированного состояния молекулы асфальтена

Асфальтовый наноагрегат  
(уложенные друг на друга  
ароматические молекулярные  
ядра)



Асфальтовый кластер

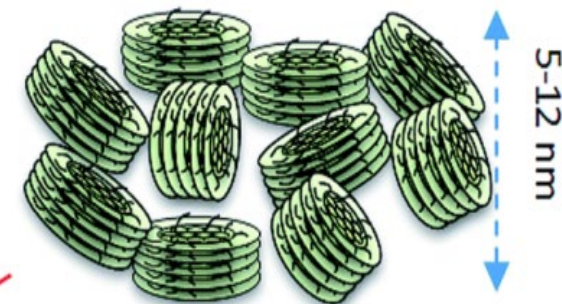


Рисунок 2. Модель ассоциации молекул асфальтенов

# Цель исследования

Изучить влияние соотношения в пропиточном растворе катионов металлов  $Ni^{2+}/Al^{3+}$  на состав и параметры порового пространства каталитической системы на углеродном носителе.

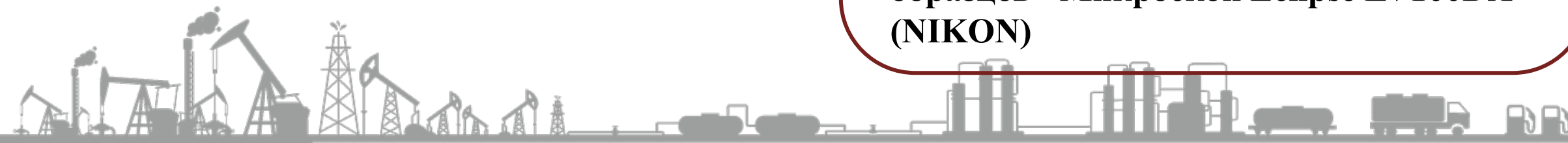
## Методы исследования



**Рентгенофлуоресцентный метод анализа  
- ZSX PRIMUS II (Rigaku)**

**Рентгенографических метод анализа -  
Дифрактометре SmartLab (Rigaku)**

**Исследование морфологии поверхности  
образцов - Микроскоп Eclipse LV100DA  
(NIKON)**



# Решение проблемы

✓ Создание каталитической системы для переработки тяжелого нефтяного остатка.



Древесный активный уголь

## Новый подход:

- Высокоразвитая удельная поверхностью и большим размером пор
- Низкая стоимость катализатора
- Катализатор должен быть легко отделяем после процесса



# 1 Этап: Синтез Al-Ni катализатора на активном угле

1. Приготовление водных растворов 1 М солей металлов в соотношении 2:1 и 3:1  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
2. Погружение активного угля в раствор солей
3. Синтез гидроксидов Ni-Al на активном угле
4. Фильтрование и промывка импрегнированного активного угля гидроксидами Ni-Al
5. Прокаливание в токе азота и водорода



**Синтез солей**



**Ni - Al + Сакт**



# Установка моделирование вторичных процессов переработки нефти

- 2 Этап: Прокаливание в токе азота и водорода

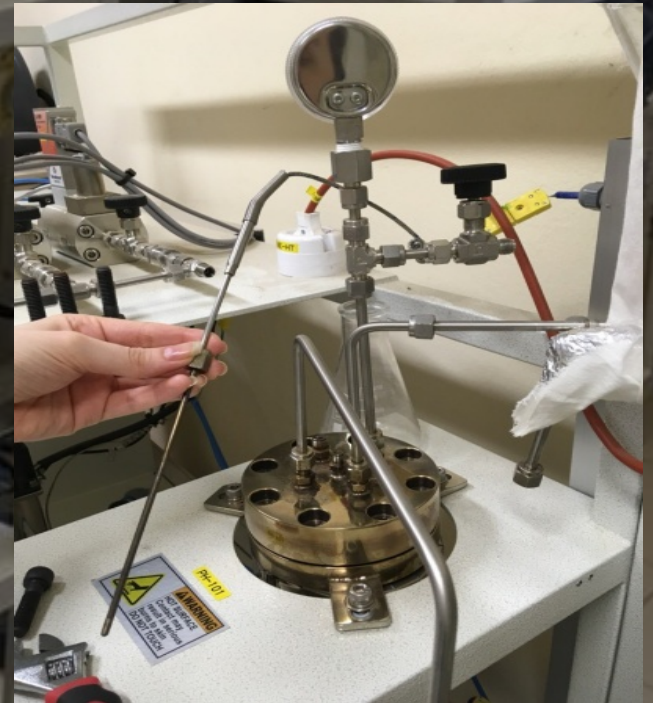


Таблица 1. Результаты порометрического анализа:

Характеристики пор и микропор	Образец					Промышленная угольна добавка процесса VCC
	$C_{\text{акт}}$	$C_{\text{акт}} \text{ Ni}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ (2:1), $\text{N}_2$	$C_{\text{акт}} \text{ Ni}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ (2:1), $\text{H}_2$	$C_{\text{акт}} \text{ Ni}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ (3:1), $\text{N}_2$	$C_{\text{акт}} \text{ Ni}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ (3:1), $\text{H}_2$	
S удельной поверхности по БЭТ, $\text{м}^2/\text{г}$	807,489	234,295	182,323	314,909	300,069	282,4
Общий объем пор по ВЈН, $\text{см}^3/\text{г}$	0,171	0,502	0,247	0,137	0,128	0,127
Средний диаметр пор по ВЈН, нм	3,903	6,407	7,585	3,883	3,898	3,77
Общий объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$	0,473	0,552	0,294	0,242	0,235	165,9
Площадь микропор по t-методу, $\text{м}^2/\text{г}$	652,850	65,793	69,290	214,804	203,205	116,5
Объем микропор по t-методу, $\text{см}^3/\text{г}$	0,266	0,030	0,031	0,090	0,266	0,051
Внешняя удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	154,638	168,502	113,033	100,105	96,864	-





# Результаты

Импрегирование активного угля ( $C_{акт}$ ) с помощью растворов солей Ni и Al с соотношением равным 2:1 и 3:1, привело к отношению катионов металлов  $Ni^{2+}/Al^{3+}$  на его поверхности 5:1 и 10:1 соответственно

Таблица 2. Результаты рентгенфлуоресцентного метода анализа

Элементный состав, % масс.	Образец каталитической системы				
	$C_{акт}$	$C_{акт}$ , Ni/Al (2:1), $N_2$	$C_{акт}$ , Ni/Al (2:1), $H_2$	$C_{акт}$ , Ni/Al (3:1), $N_2$	$C_{акт}$ , Ni/Al (3:1), $H_2$
Ni	-	81,2	80,32	89,14	87,38
Al	-	15,49	16,22	7,45	8,54
Ca	0,76	0,35	0,35	0,24	0,18
Na	-	2,41	2,54	2,52	3,34

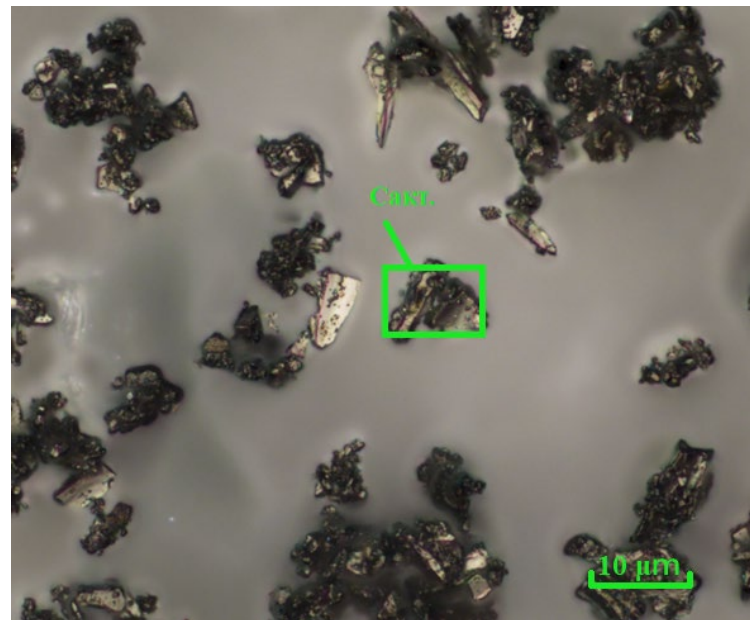


Оптимальным диапазоном размеров пор для адсорбции асфальтенов составляет от 10 до 100 нм и выше.

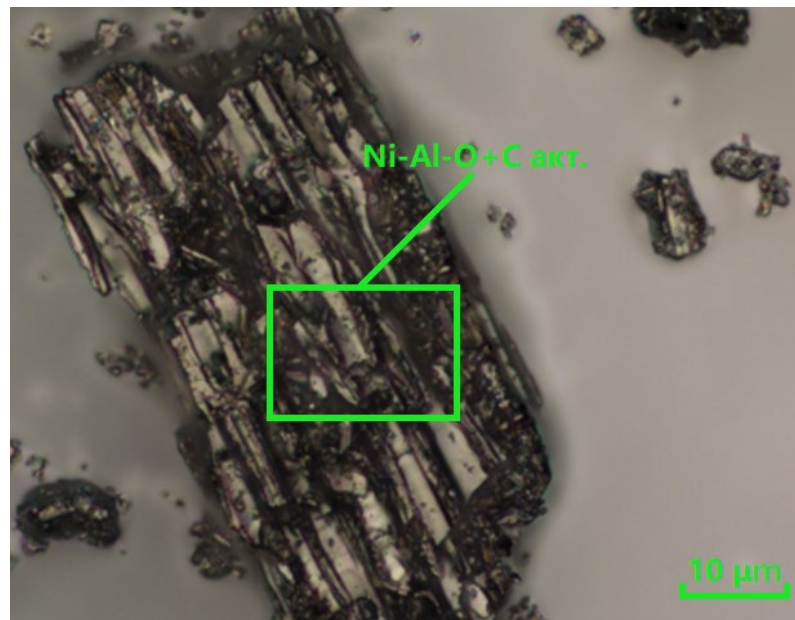
Таблица 3. Рентгенографический метод анализа

Образец	Распределение площади поверхности пор (м <sup>2</sup> /г) по их размерам в образцах каталитической системы				Общая площадь пор 10-200 нм, м <sup>2</sup> /г
	2-10 нм	10-50 нм	50-100 нм	100-200 нм	
$S_{акт}$	97,34	10,95	0,09	0,15	11,19
$S_{акт}$ Ni/Al (2:1), N <sub>2</sub>	98,27	43,68	0,68	1,37	45,73
$S_{акт}$ Ni/Al (2:1), H <sub>2</sub>	68,46	28,32	0,08	0,19	28,58
$S_{акт}$ Ni/Al (3:1), N <sub>2</sub>	75,351	3,81	0,03	0,10	3,94
$S_{акт}$ Ni/Al (3:1), H <sub>2</sub>	63,39	6,16	0,07	9,66	15,9

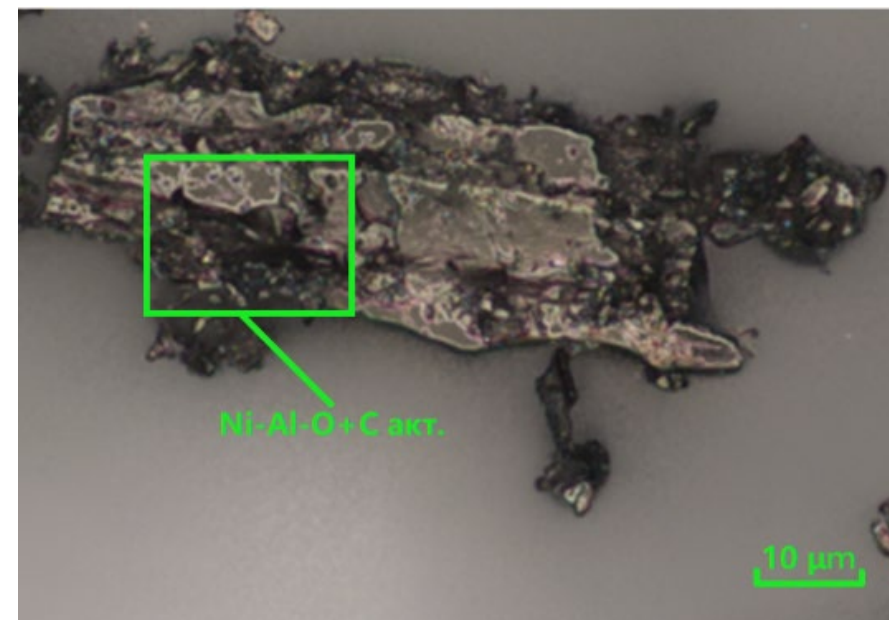




(a)



(б)

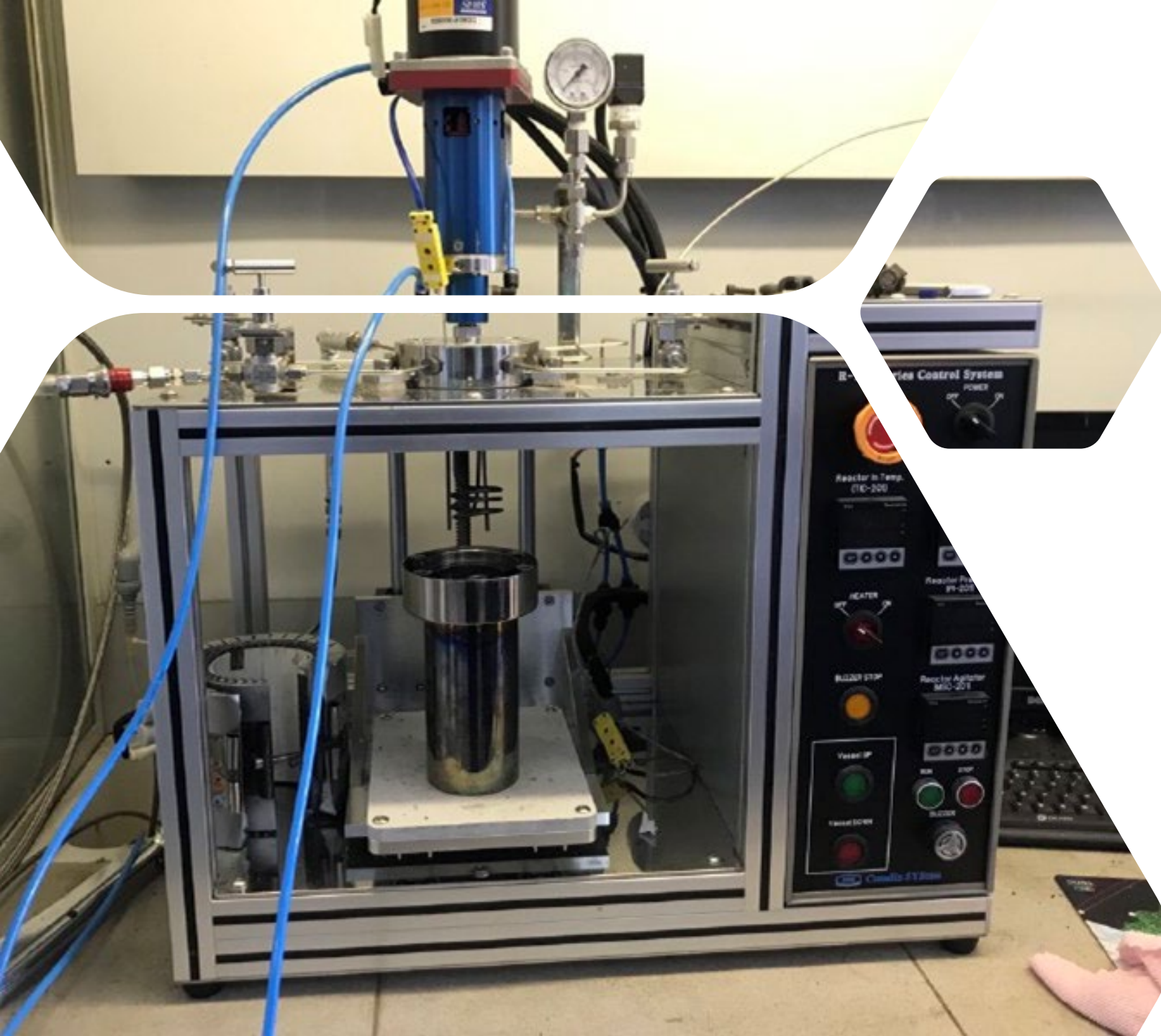


(B)

## Результаты

- Морфология поверхности образцов каталитической системы:
- а)  $C_{акт}$ ; б)  $C_{акт}, Ni/Al (3:1), N_2$ ;
- в)  $C_{акт}, Ni/Al (3:1), H_2$





# Дальнейшие исследования

- 1. Проведение серии автоклавных экспериментов с активным углем и каталитической системой
- 2. Оценка эффективности выбранных каталитических систем (Ni-Al-O + C акт.) в процессах переработки тяжелых высоковязких нефтей.

**Академия наук Республики Татарстан**

Международная научно-практическая конференция

**«Глубокая переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков»**

**Спасибо за внимание!**

Аспирант каф. ХТПНГ

Казанского национального исследовательского  
технологического университета

Моисеева Елизавета Георгиевна

Научный руководитель д.т.н.:

Башкирцева Наталья Юрьевна

**10-11 ноября, г. Казань, 2022 г.**



Степень превращения асфальтенов в результате каталитического крекинга тяжелого нефтяного сырья в присутствии разработанного катализатора на углеродном носителе сырья составила 97,05 %, в продуктах превалирует содержание насыщенных и ароматических углеводородов, углеводородных газов

Загружено	Масса, г	%	Получено	Масса, г	%
<b>1. Тяжелая сверхвязкая нефть, в том числе:</b>	64,715	50	1. жидкий продукт, в том числе:	40,1712	31,03
- насыщенные углеводороды	22,1843	17,13	- насыщенные углеводороды	17,0205	13,15
- ароматические углеводороды	26,6366	20,57	- ароматические углеводороды	13,6421	10,53
- смолы	12,211	9,46	- смолы	9,4002	7,26
- асфальтены	3,684	2,84	- асфальтены	0,1084	0,07
<b>2. Уголь</b>	64,715	50	2. Уголь	74,5577	57,60
			3. Газ	14,701	11,35
<b>Итого</b>	129,43	100	<b>Итого</b>	129,43	100

