

**Цыганов А.Р.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**Панасюгин А.С., Машерова Н.П., Курило И.И.**

(Белорусский национальный технический университет)

**Павловский Н.Д.**

(Гродненский государственный медицинский университет)

**ПАРЫ РАСТВОРИТЕЛЕЙ СЕРИИ Р645 - 650  
КАК ТЕСТОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СМЕСЕВЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Низкотемпературное осуществление процесса окисления, отсутствие трудоемких стадий регенерации, а также особенности технологического процесса, позволяющие минимизировать образование продуктов неполного сгорания соединений углерода, являются несомненными достоинствами адсорбционно-каталитического метода очистки газовых выбросов [1].

В предыдущих работах приведены результаты исследований по нейтрализации паров производных бензола, предельных углеводородов нормального и циклического строения, пропилен гликолей, ацетатов, одноатомных спиртов [2–5].

Ранее было показано [2–4], что при низких концентрациях органических газовых выбросов рациональнее использовать адсорбционно-каталитический метод, сущность которого состоит в концентрировании веществ на сорбенте с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных органических веществ до диоксида углерода и воды. Низкотемпературное осуществление процесса окисления, отсутствие трудоемких стадий регенерации, а также особенности технологического процесса, позволяющие минимизировать образование продуктов неполного сгорания соединений углерода, являются несомненными достоинствами адсорбционно-каталитического метода очистки газовых выбросов.

Назначение смесевых растворителей серии Р 645–650.

Р645. Растворитель марки Р645 для разбавления нитроэмалей, нитролаков и нитрошпатлевок специального назначения, нитролаков, шпатлевок общего назначения и др. химический составов.

Р646. Наиболее широко распространенный (универсальный) смесевой растворитель, который применяется в качестве обезжиривателя, разбавителя, растворителя, компонента лаков, красок, клеев и окрасочных систем.

Р647. На сегодняшний день растворитель Р647 входит в перечень самых популярных и распространенных составов. Его особенность заключается в том, что в составе отсутствует этилцеллозольв и ацетон, благодаря чему раствор считается более щадящим и его можно использовать при очистке пластиковых поверхностей. Р-647 выбирают, когда на первом месте осторожное отношение к обрабатываемой поверхности. Растворитель Р647 широко используют при окрашивании автомобильного транспорта, поскольку его можно применять совместно и с нитролаками, и с нитроэмалью. Он также применяется для увеличения вязкости веществ, в составе которых присутствует нитроцеллюлоза. Данный разбавитель не влияет разрушающе на материалы, которые не переносят активного воздействия химических компонентов, среди них и изделия из пластика. В связи с этим применяется, как обезжиривающее и очищающее средство от лакокрасочных материалов. При этом после использования его, на поверхности не остаётся белых пятен, а мелкие изъяны становятся более гладкими. Работа с растворителем Р647 требует соблюдения определенных мер предосторожности – защита органов дыхания и кожи и должна проводиться в помещениях с хорошей вентиляцией, так как при распылении в воздухе легко образуются огне- и взрывоопасные смеси. Широкомасштабное применение растворителя Р647 в технологических процессах промышленной окраски автотракторной техники ставит задачу по очистке газовых выбросов от компонентов растворителя.

Р648. Растворитель марки Р-648 является одним из самых популярных мультикомпонентных растворителей, который применяется в достаточно обширном спектре строительных и ремонтных работ. Данный растворитель – это самый лучший вариант для разбавления лакокрасочных материалов, произведенных на основе нитроцеллюлозы, полиакрилата, а также бутилметакрилата. Кроме разбавления, а также образования быстросохнущей пленки, Р-648 используется с целью сглаживания штрихов и царапин путем распыления на рабочую поверхность, выполненной на основании нитроэмалей, после проведения работ по шлифованию. Также с использованием растворителя 648 можно производить подготовку поверхностей под окрашивание. В данном случае он применяется для удаления следов старой краски и жировых пятен.

Р649. Используются в промышленности для разбавления нитратцеллюлозных и нитратцеллюлозно-глифталевых эмалирующих покрытий (НЦ-132К, НЦ – 11, ГФ – 570Р К) до необходимой вязкости.

Р650. Введение скрытых растворителей (например, спиртов) и разбавителей снижает стоимость растворителя и позволяет использовать в качестве пленкообразующего смесь двух и более типов различных по природе полимеров, так как разбавитель для одного типа полимера может быть активным растворителем для другого.

**Таблица 1 – Химический состав растворителей Р645 – Р650**

№, п.п.	Компонент, масс.%	Марка смесового растворителя					
		Р645	Р646	647	648	649	650
1.	Этилацетат	9	0	0	0	0	0
2.	Ацетон	3	7	0	0	0	0
3.	Толуол	50	50	41,3	20	0	0
4.	Бутилацетат	18	10	29,8	50	0	0
5.	Этанол	10	10	0	10	0	0
6.	Н-бутанол	10	15	7,7	20	20	30
7.	Этилцеллозольв	0	8	21,2	0	30	20
8.	Ксилол	0	0	0	0	50	50

**Таблица 2 – Физико-химические свойства компонентов растворителей Р645 – 650**

№, п.п.	Адсорбат	Брутто формула	$T_{\text{кип}}$ , °С	Молярная масса, М.	Посадочная площадка $\omega$ , нм <sup>2</sup>
1.	ацетон	$C_3H_6O$	56,1	58,08	0,277
2.	этилацетат	$CH_3COOC_2H_5$	77,1	88,10	0,325
3.	бутилацетат	$C_8H_{12}O_2$	126,0	116,16	0,413
4.	толуол	$C_7H_8$	110,6	92,14	0,355
5.	Ксилол (смесь изомеров)	$(CH_3)_2C_6H_4$	106,16	0,38841	1,97
6.	этанол	$C_2H_6O$	78,3	46,07	0,238
7.	н-бутанол	$C_4H_{10}O$	117,7	74,12	0,322
8.	этилцеллозольв	$C_4H_{10}O_2$	135,6	90,12	0,335

Широкое применение в качестве одного из компонентов смесевых растворителей нашел этилцеллозольв. Он является компонентом таких растворителей как Р-649, Р-650, Р-40, РМЛ, РМЛ-315, РЭ-3, входит в состав разбавителя Р-197 и многих других. Такое широкое использование этилцеллозольва получило благодаря своей исключительной растворяющей способности, так как с ним смешиваются практически все известные органические растворители (спирты, гликоли, диэтиловый эфир, ацетон, хлороформ, ксилолы) даже при комнатной температуре и в то же время он хорошо растворим в воде и обеспечивает смешение с водой неспособных к этому веществ. Этилцеллозольв используют для растворения старых покрытий (краска, нагар), химической чистки одежды, для обезжиривания, растворения лакокрасочных материалов любого типа, включая полиэфирные, эпоксидные, мочевиноформальдегидные, винифлекс, используется в производстве фото- и киноплёнок. Способность этилцеллозольва образовывать гомогенные растворы с водой и органическими растворителями применяется в его использовании в качестве присадки для авиационного топлива. Этилцеллозольв повышает растворимость воды в нефтепродуктах за счет образования

гомогенной тройной системы нефтепродукт-вода-этилцеллозольв, что предотвращает образование кристаллов льда при низких температурах.

Целью работы было изучение процесса нейтрализации паров смесевых растворителей серии 645–650 адсорбционно-каталитическим методом.

Для решения поставленной задачи в качестве сорбента был выбран синтетический цеолит марки NaX, представляющий собой сферические гранулы диаметром 2,5-3,5 мм. В качестве катализатора глубокого окисления использовали пористые материалы с высокоразвитой модифицированной поверхностью на основе пенокерамики состава  $Al_2O_3/SiO_2$  с нанесенной активной каталитической фазой, имеющие на поверхности пенокерамики сформированный буферный слой, содержащий 11,1 мас. %  $\gamma-Al_2O_3$  и обладающие удельной поверхностью  $15,6 \text{ м}^2/\text{г}$  [1, 5].

Схема модельной установки нейтрализации паров адсорбционно-каталитическим методом, принцип ее работы детально описаны в работе [1]. Алгоритм работы установки основан на полициклическом принципе:

- 1 – цикл адсорбции паров органических соединений на поверхности сорбента;
- 2 – цикл термической десорбции паров органических соединений в адсорбционном реакторе;
- 3 – цикл глубокого каталитического окисления паров органических веществ.

Для измерения скорости движения газового потока использовали дифференциальный манометр Testo 512 и датчик скорости движения воздуха Testo 425 производства Германии.

Определение концентрации органических веществ осуществлялось с помощью газового хроматографа «Цвет–106», оснащенного пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Интерпретацию полученных хроматограмм производили с использованием программы «Мультихром 1.39».

Порядок выхода компонентов смесевых растворителей серии 645–650 и степень конверсии определяли на основании дискретных значений, полученных при анализе газовых проб, которые отбирали с интервалом в 1 минуту.

Полноту каталитического окисления органических соединений оценивали по показателям газоанализатора Dräger MSI 150 EURO, который оснащен датчиками, позволяющими оценить количественное и качественное содержание в составе газовых выбросов CO и CO<sub>2</sub>.

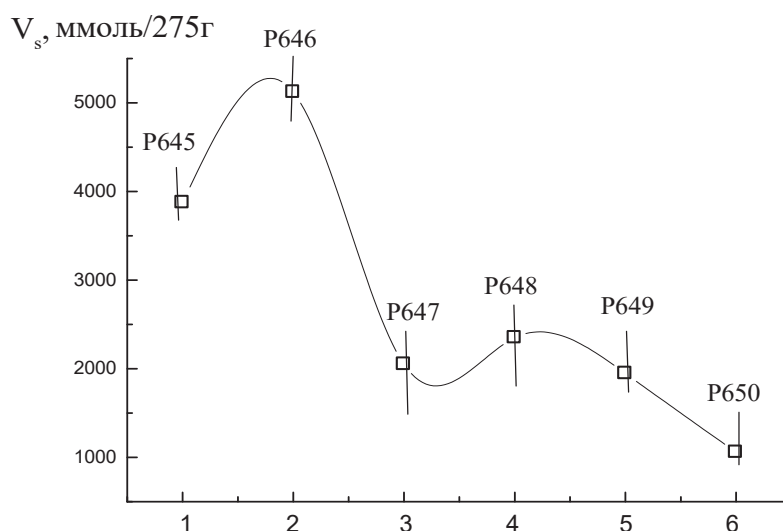
Ранее было установлено, что оптимальными условиями проведения сорбционного процесса является высота слоя сорбента не более 20 см, при загрузке в реактор с диаметром 40 мм и высотой 250 мм 275-ти граммов цеолита NaX.

Сорбционные характеристики цеолита NaX по отношению к компонентам растворителей P645 – P650 приведены на рис.1., из которых видно, что компонентный состав представлен различными классами органических веществ кетоны, спирты нормального строения, производные бензола, эфирами уксусной кислоты и др. табл. 2.

На основании вышеприведенных данных можно сделать определенные заключения о том, что на степень адсорбции изученной органической смеси оказывают влияние одновременно несколько факторов.

Вероятно, в данном случае решающую роль играет как размер посадочной площадки, так и затруднения, возникающие при пространственной ориентации более длинноцепочечных молекул относительно сорбционных центров NaX.

Для производных бензола значение величин сорбционного объема  $V_s$  наибольшее влияние оказывает количество метильных групп в составе молекул. Увеличение размеров посадочных площадок соединений сопровождается уменьшением сорбционного объема ( $V_s$ ), при этом введение в бензольное кольцо очередной метильной группы приводит к более существенному уменьшению сорбционного объема.



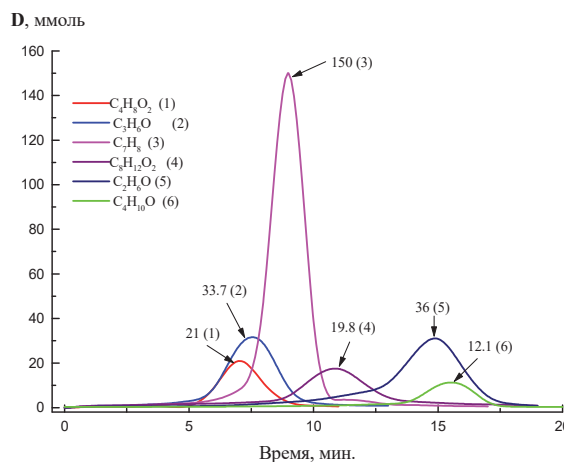
**Рисунок 1 – Суммарное поглощение паров смесевых растворителей серии P645-P650**

Поскольку десорбция паров и процесс каталитического окисления протекают практически одновременно, их нейтрализация происходит в интервале 3–18 минут рис. 2 и 3.

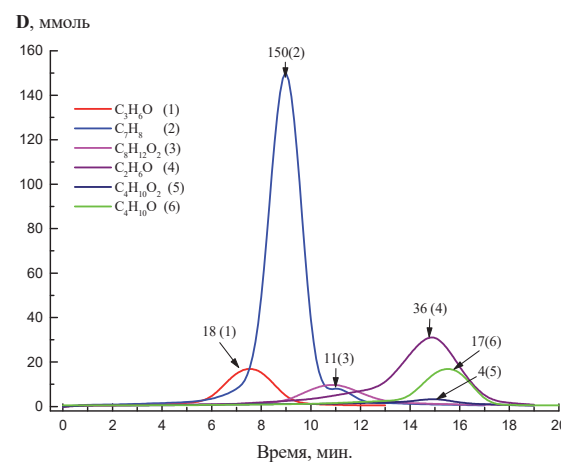
В результате проведенных исследований установлено следующее: на величину сорбционного объема ( $V_s$ ) цеолита марки NaX для каждого класса рассмотренных соединений оказывают влияние свои лимитирующие параметры: для спиртов – длина углеродного скелета и положение гидроксильной группы, для производных бензола – количество метильных

групп в составе молекул, для эфиров уксусной кислоты – увеличение длины углеводородного радикала на метиленовую группу  $\text{CH}_2$  и конформация углеводородного радикала спирта, для этилцеллозолява определяющее влияние оказывает строение углеродного скелета и положение гидроксильной группы.

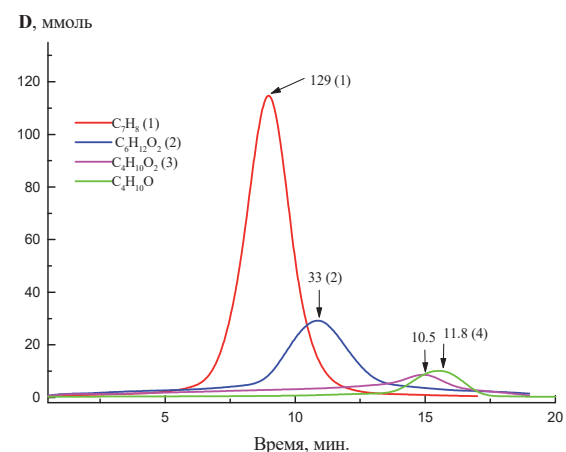
**P645**



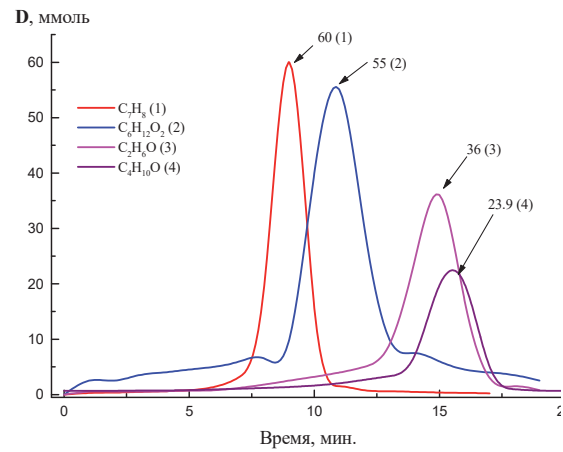
**P646**



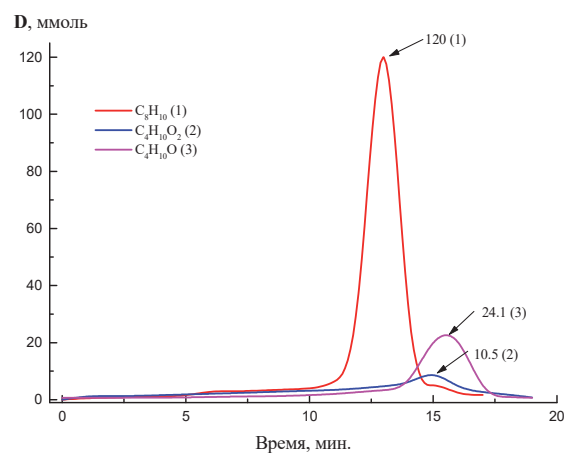
**P647**



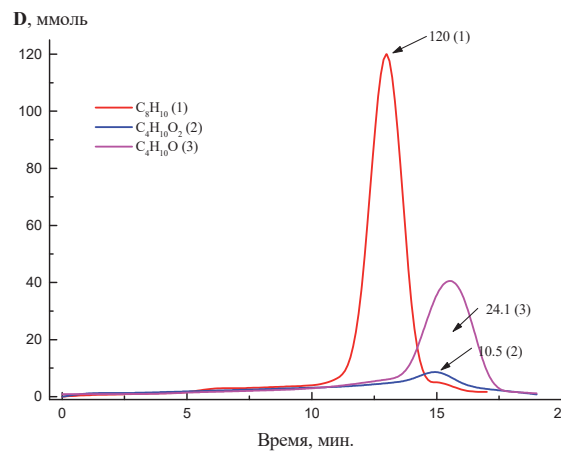
**P648**



**P649**

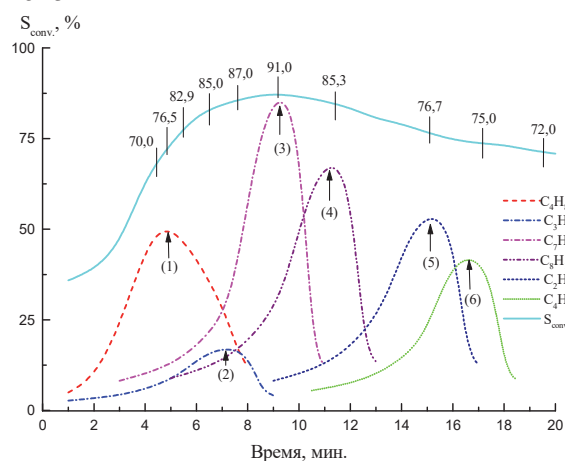


**P650**

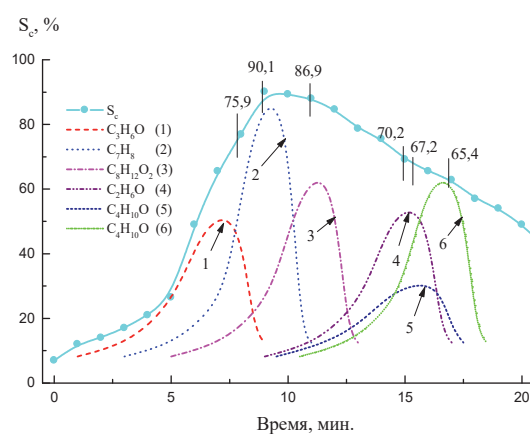


**Рисунок 2 – Графики десорбции паров смесевых растворителей серии 645-650**

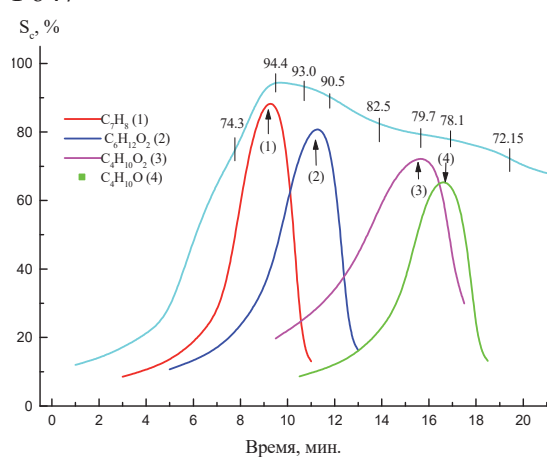
P645



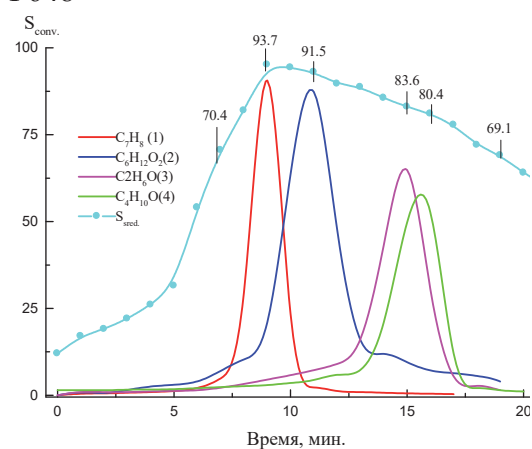
P646



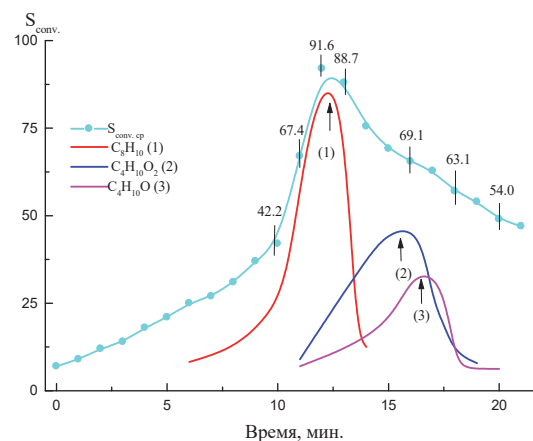
P647



P648



P649



P650

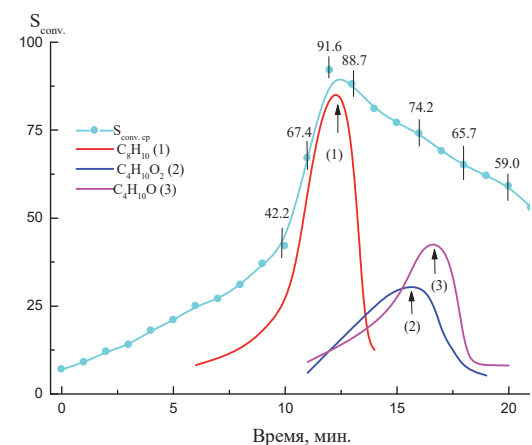


Рисунок 3 – Графики конверсии паров смесевых растворителей серии 645-650

Степень конверсии компонентов смесевых растворителей составляет 65,5–94,4 %, несмотря на то, что концентрации веществ, поступающих в каталитический реактор на заключительной стадии термодесорбции, имеют относительно низкие значения.



За счет инерционности процесса разогрева в объеме катализатора создается зона высокотемпературного горения, где в автокаталитическом режиме реализуется процесс каталитического разложения паров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lomonosov V.A., Panasyugin A.S., Smorygo O.L. et al. Pd/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts on cellular supports for VOC vapor neutralization// *Catalysis in Industry*, 2010, Vol. 2, No 4, pp. 387 – 392

2. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки вентвыбросов формовочных участков литейных цехов от паров фенола и формальдегида// *Литье и металлургия* 2014., № 2, с. 19-25.

3. Цыганов А.Р., Панасюгин А.С., Павловский Н.Д. и др./ Обезвреживание паров производных бензола адсорбционно-каталитическим методом// *Литье Украины*, 2019, № 6, с. 2-5.

4. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов в атмосферу, образующихся при использовании антипригарных покрытий, содержащих этиловый спирт // *Литье и металлургия* 2014, №4, с.44-46.

5. Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Григорьев С.В. и др./ Обезвреживание паров пропанола и изопропанола адсорбционно-каталитическим методом // *Литье Украины* 2017, №3, с.2-5.

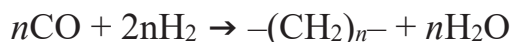
УДК 665.7

**Фейгин Е.С., Елисеев О.Л.**

(РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина)

#### **ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА КАРБОНИЗАЦИИ НОСИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА КАТАЛИЗАТОРА FE/MGAL<sub>2</sub>O<sub>4</sub> СИНТЕЗА УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СО И Н<sub>2</sub>**

Каталитическое гидрирование монооксида углерода (синтез Фишера – Тропша) — перспективный метод получения экологически-чистых моторных топлив, масел и полупродуктов органического синтеза на базе нефтяного сырья — угля, природного и попутного газов, биомассы [1, 2]:



Железные катализаторы для этого процесса выгодно отличаются низкой стоимостью, широким температурным интервалом работы,