

## ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора химических наук профессора Гайле Александра Александровича  
на диссертацию Рудко Вячеслава Алексеевича  
на тему: «Влияние вида сырья и параметров процесса замедленного  
коксования на технологию получения низкосернистых судовых топлив и  
нефтяного кокса различной структуры», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 –  
Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

### Актуальность работы.

В соответствии с экологическими требованиями Международной морской организации содержание серы в судовом топливе, используемом в акваториях мирового океана, с 2020 г. должно составлять не более 0,5% мас, а в зонах жесткого контроля за выбросами оксидов серы – не более 0,1% мас. Гидрооблагораживание вакуумных газойлей и нефтяных остатков требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, расхода водорода в связи с низкой скоростью гидрогенолиза алкилпроизводных бензотиофена, дибензотиофена, азотсодержащих гетероциклических соединений. В связи с этим актуально использование в качестве компонентов судовых топлив газойлей процесса замедленного коксования различных видов остаточного нефтяного сырья, получившего широкое промышленное применение на нефтеперерабатывающих заводах России.

В диссертационной работе Рудко В.А. исследован процесс замедленного коксования как сернистого остаточного сырья – гудрона и асфальта, так и малосернистого остатка каталитического крекинга – декантояля. На смонтированной лабораторной установке при различной температуре и избыточном давлении получены дистиллятные фракции и нефтяной кокс, определен их выход, состав, показатели качества. Компаундированием полученных малосернистых газойлей замедленного коксования декантояля и сернистых газойлей коксования гудрона и асфальта или висбрекинг-остатка получены судовые топлива с требуемым содержанием серы 0.5% мас.

С использованием рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии изучена микроструктура образцов кокса, полученных из различных видов сырья при разных параметрах процесса замедленного коксования. Одной из актуальных задач диссертационного исследования было также определение параметров процесса замедленного коксования, позволяющих получить ценный игольчатый кокс.

### **Научная новизна.**

Важным научным результатом диссертационного исследования представляется вывод об улучшении микроструктуры и выхода игольчатого кокса при повышении избыточного давления процесса замедленного коксования малосернистого декантояля с 0,15 до 0,55 МПа. Установлено, что соотношение средней высоты кристаллитов к среднему диаметру гексагональных слоев для кокса из декантояля возрастает до 2,4, в то время как для коксов из гудрона и асфальта оно значительно ниже – 0,8 и 1,2 соответственно.

В то же время установлено, что с увеличением избыточного давления коксования декантояля с 0,15 до 0,45 МПа в газойлях повышается содержание насыщенных углеводородов и снижается содержание аренов, что приводит к улучшению качества газойлей – снижению плотности, вязкости, образования осадка после старения, улучшению воспламеняемости судовых топлив.

Иной характер влияния давления процесса на углеводородный состав средних и тяжелых дистиллятов установлен при использовании в качестве сырья гудрона и асфальта: при увеличении избыточного давления с 0,15 до 0,35 МПа содержание парафино-нафтеновых углеводородов снижается, а аренов возрастает.

К научной новизне диссертации можно отнести и разработку способа описания стабильности судовых остаточных топлив и определения граничного содержания в них смешиваемых компонентов с учетом содержания серы, осадка со старением, плотности и вязкости с помощью трехкомпонентной фазовой диаграммы.

### **Практическая значимость диссертационного исследования.**

С участием диссертанта в Санкт-Петербургском горном университете разработан проект и смонтирована лабораторная установка замедленного коксования, на которой проведено большое количество опытов процесса коксования гудрона, асфальта, декантояля при различном избыточном давлении и температуре. Исследован состав и физико-химические свойства полученных дистиллятов и кокса, изучена микроструктура кокса.

Компаундированием малосернистых легких и тяжелых газойлей коксования декантояля и сернистых дистиллятов коксования гудрона и асфальта получены стабильные судовые остаточные топлива с содержанием серы 0,5% мас, удовлетворяющие требованиям к топливам для плавания судов в открытых акваториях океана. Оценены затраты на производство и чистая прибыль судовых топливных композиций с использованием различных компонентов. Установлено, что самые низкие затраты требуются на производство судового топлива, состоящего из 44% висбрекинг-остатка и 56% балансовой смеси легкого и тяжелого газойлей коксования декантояля.

Установлены оптимальные параметры получения высокоценного игольчатого нефтяного кокса замедленным коксованием декантойля. Разработана принципиальная поточная технологическая схема получения судовых остаточных топлив с содержанием серы не более 0,5% мас. и нефтяного кокса различной структуры с перечнем необходимых для этого установок на НПЗ.

### **Обоснованность и достоверность полученных результатов.**

В диссертационной работе использованы современные методы исследования: хромато-масс-спектрометрия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофазовая дифрактометрия. Методическая часть исследования тщательно описана во второй главе диссертации, занимающей 22 страницы текста со всеми ссылками на стандартные методики, с подробным описанием лабораторной установки коксования, разработанных методик коксования и метода описания стабильности остаточных судовых топлив. Полученные в работе результаты представляются обоснованными, достаточно надежными и достоверными.

### **Публикации и апробация результатов.**

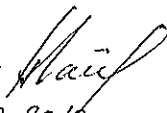
По теме диссертации опубликованы 10 статей в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки, в том числе 6 статей в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, получен патент на комбинированный способ получения судовых высоковязких топлив и нефтяного кокса. Материалы диссертационной работы были представлены на 6 Международных конференциях и отмечены на ряде конкурсов. Публикации и автореферат диссертации достаточно полно отражают содержание диссертации.

### **Замечания по существу диссертационной работы.**

1. Недостаток газойлей установок замедленного коксования – значительное содержание непредельных углеводородов и азотсодержащих соединений, промотирующих смолообразование, снижающих стабильность судовых топлив.
2. В диссертации не указано, с какого НПЗ было получено сырье для проведения исследований. Так, нефтяные остатки, получаемые в ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез», более высокосернистые, что осложнит выполнение требований по допустимому содержанию серы 0,5% мсс. в судовых топливах на основе получаемых газойлей процесса замедленного коксования.
3. Ряд закономерностей, касающихся выхода и состава дистиллятов, полученных в процессе замедленного коксования, приводятся как констатации, но не делается попыток их объяснения. Как можно

объяснить максимальные или минимальные значения некоторых свойств или содержание серы и микроэлементов в полученных продуктах в зависимости от избыточного давления при коксовании?

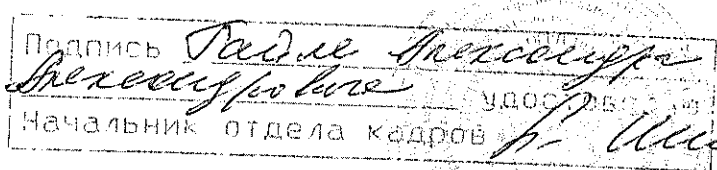
Диссертационная работа полностью соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор – Рудко Вячеслав Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

**Официальный оппонент,**  
доктор химических наук, профессор,  
профессор кафедры технологии  
нефтехимических и углехимических производств  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
технологический институт  
(технический университет)»  Гайле Александр Александрович  
30.09.2018

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
технологический институт (технический университет)»

Адрес: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26  
Телефон: +7 (812) 494-93-85  
E-mail: petrochemical\_dept@technolog.edu.ru

Подпись доктора химических наук профессора Гайле Александра Александровича профессора кафедры технологии нефтехимических и углехимических производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» заверяю.

  
Подпись *Гайле Александровича*  
Начальник отдела кадров *И. Ширеева АВ*