«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИХН СО РАН,
д-р хим. наук, профессор
_____А.В. Восмериков
«26» 06 2026 г.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

научного семинара Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН) по направлению «Химия нефти и нефтехимия, химические аспекты рационального природопользования и экологии»
протокол № 53 от «10» июня 2026 г.

**СЛУШАЛИ:** доклад Жирова Никиты по материалам диссертации «Алюмооксидные Co(Ni)-полиоксомолибдатные каталитические системы для гидроочистки прямогонной дизельной фракции», представляемой на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:** д-р техн. наук Ивашкина Е.Н.
канд. хим. наук Свириденко Ю.А.

Диссертационная работа «Алюмооксидные Co(Ni)-полиоксомолибдатные каталитические системы для гидроочистки прямогонной дизельной фракции» выполнена в лаборатории каталитической переработки легких углеводородов (ЛКПЛУ) ИХН СО РАН.

Жиров Никита, гражданин Казахстана, родился 27.03.1998 г. В 2021 г. Жиров Н.А. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (НИ ТГУ), г. Томск, по специальности 04.05.01. Фундаментальная и прикладная химия, диплом 107008 0011580.

С 20.07.2021 г. по 16.12.2022 г. Жиров Н. работал инженером 2 категории в ЛКПЛУ ИХН СО РАН, а с 2022 г. по настоящее время является младшим научным сотрудником данной лаборатории.

С 01.10.2021 г. по 30.09.2025 г. Жиров Н. обучался в очной аспирантуре ИХН СО РАН по специальности 1.4.12. Нефтехимия, диплом 107024 0001124, дата выдачи диплома 07.10.2025 г.

Научный руководитель: Акимов Аким Семенович, кандидат химических наук, старший научный сотрудник ЛКПЛУ ИХН СО РАН.

**В ходе обсуждения представленного материала соискателю были заданы следующие вопросы:**

Чем подтверждается факт конкурирующей адсорбции фенантрена и карбазола на поверхности катализатора? В ИК-спектрах Вы анализировали только изменение содержания нитрогрупп после гидроочистки? К каким функциональным группам относятся колебания в низкочастотной области ИК-спектра? Почему для характеристики состава дизельной фракции не использовали га-

зожидкостную хроматографию? Какие соединения, входящие в состав дизельной фракции, могут ее окрашивать? В условиях гидрообессеривания фенантрен может восстанавливаться до гидрофенантрена и далее выступать в качестве донора водорода? (д-р хим. наук Антипенко В.Р.).

Какие закономерности по влиянию гидрообессеривания на состав продуктов реакции установлены Вами при варьировании параметров процесса? Каким методом Вы определяли изменение степени окисления молибдена? (канд. хим. наук Певнева Г.С.).

Каково содержание в прямогонных дизельных фракциях нефтей серы и азота? Почему процесс гидроочистки не проводился на прямогонных дизельных фракциях с различным содержанием серы и азота? Каково преимущество синтезированных Вами катализаторов по сравнению с описанными в научной литературе и промышленными катализаторами гидроочистки? Для замены какого промышленного катализатора или усовершенствования какого промышленного процесса могут быть рекомендованы синтезированные Вами катализаторы? За счет чего возможно повышение эффективности процесса гидроочистки? Вы изучали углеродные продукты уплотнения, образующиеся на катализаторах в процессе гидрообессеривания? Какие из опубликованных Вами работ относятся к синтезу катализаторов, а какие содержат результаты по гидроочистке дизельных фракций? (д-р хим. наук Кудряшов С.В.).

В чем заключается новизна Вашей работы? Кроме снижения содержания сернистых соединений оценивали влияние гидроочистки на изменение состава других компонентов дизельной фракции? (канд. хим. наук Рябов А.Ю.).

Почему в качестве сырья для процесса гидроочистки не была взята прямогонная дизельная фракция, полученная из тяжелой нефти? У Вас есть публикации, относящиеся к первому уровню «Белого списка»? (канд. хим. наук Коваленко Е.Ю.).

Маршрут обессеривания на предлагаемых Вами катализаторах отличается от классического механизма трансформации сернистых соединений дизельных фракций при гидроочистке? При какой температуре реакции проводилось гидрообессеривание, и какова температура промышленных процессов гидроочистки? Эксплуатация предлагаемых Вами каталитических систем в промышленных условиях потребует изменения технологической схемы процесса? Эксперименты с модельным сырьем и дизельной фракцией проводили в одинаковых условиях? На решение какой научной задачи направлено проводимое Вами исследование? (д-р техн. наук Ивашкина Е.Н.).

Какими методами определяли содержание сернистых соединений? Каково остаточное содержание серы в продуктах реакции, полученных в процессе гидроочистки на Ваших катализаторах? Какие соединения серы входят в состав прямогонных дизельных фракций нефтей различных месторождений, и каково может быть их соотношение? При каком давлении проводился процесс гидроочистки? Каково в процессе гидроочистки объемное соотношение водорода и сырья? Сколько дибензотиофена содержится в прямогонных дизельных фракциях нефтей? Как изменяется содержание серосодержащих компонентов в процессе гидроочистки? (канд. хим. наук Кривцов Е.Б.).

циях нефтей? Как изменяется содержание серосодержащих компонентов в процессе гидроочистки? (канд. хим. наук Кривцов Е.Б.).

Для чего при получении катализаторов используется лимонная кислота? Чем обусловлено диспергирование катализаторов при их термообработке? (д-р хим. наук Манжай В.Н.).

Прямогонные дизельные фракции нефтей содержат малое количество азотистых соединений, в частности, карбазола, но при этом продукты их разрушения могут конкурировать с азотистыми основаниями и ингибировать гидроочистку? Вы проводили сравнительный эксперимент с промышленным катализатором гидроочистки? Вы планируете подавать заявку на выдачу патента на предлагаемый способ получения катализаторов гидроочистки? В чем заключается актуальность и практическая значимость Вашей работы? Цель диссертационной работы следует из актуальности исследования? (д-р хим. наук Сагаченко Т.А.).

По итогам обсуждения принято следующее Заключение.

**Актуальность темы исследования.**

Совершенствование применяемых катализаторов гидроочистки и разработка новых систем – наиболее перспективное направление для исследований, позволяющее обеспечить необходимое качество товарных нефтепродуктов без значительных затрат на реконструкцию и модернизацию существующих установок.

В настоящее время промышленное производство катализаторов гидроочистки основано преимущественно на использовании нанесенных Co(Ni)-Mo/$Al_2O_3$ систем, получаемых методом пропитки носителя растворами гептамолибдата аммония. Несмотря на широкое распространение данной технологии, она характеризуется рядом недостатков, включая ограниченную устойчивость пропиточных растворов при хранении, образование нежелательных соединений активных компонентов с носителем и ограниченную растворимость гептамолибдата в воде.

Одним из перспективных направлений совершенствования катализаторов гидроочистки является применение полиоксометаллатных соединений (в частности, гетерополикислот и гетерополисоединений) в качестве альтернативных прекурсоров молибдена. Благодаря высокой степени дисперсности, особенностям строения и возможности более однородного распределения активной фазы такие соединения способны обеспечивать повышение активности и селективности гидрообессеривающих катализаторов. Однако широкое применение классических гетерополисоединений ограничивается сложностью и длительностью их синтеза.

Схожими свойствами обладает другой класс полиоксометаллатных соединений – изополисоединения молибдена (молибденовые сини). Важно отметить, что молибденовым синям присущи практически те же ключевые характеристики, что и классическим гетерополисоединениям. Однако, в отличие от последних, они обладают рядом уникальных преимуществ: более выраженной монодисперсностью в растворах, особенностями пространственного строения кластеров и наличием смешанновалентных состояний молибдена (Mo(V) и

Mo(VI)). Наибольший практический интерес представляет именно последнее свойство, поскольку наличие ионов молибдена в разных степенях окисления может благоприятно сказываться на стадии сульфидирования каталитических систем. Это может способствовать формированию более активной и стабильной сульфидной фазы (типа Co(Ni)-Mo-S) с повышенной концентрацией каталитически активных центров. Совокупность перечисленных факторов создает предпосылки для получения новых высокоэффективных каталитических систем гидроочистки на основе растворов молибденовой сини.

**Цель диссертационной работы:** Разработка и исследование каталитических систем на основе полиоксомолибдатных соединений и оценка их эффективности в реакциях гидрообессеривания дизельных фракций.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

1. Синтезировать полиоксомолибдатный прекурсор, на его основе разработать метод получения пропиточных растворов на его основе.
2. Получить серию Co(Ni)Mo/$Al_2O_3$ каталитических систем с различным порядком введения активных компонентов.
3. Исследовать влияние условий синтеза и термообработки на структуру, морфологию и фазовый состав каталитических систем.
4. Оценить эффективность синтезированных систем в реакциях гидрообессеривания модельного и реального сырья.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Использование молибденовой сини в качестве источника структурообразующего металла (Mo) для синтеза нанесенных Co(Ni)–Mo/$Al_2O_3$ каталитических систем.
2. Влияние термообработки и порядка введения активного компонента на физико-химические свойства каталитических систем.
3. Исследование каталитических свойств синтезированных систем в процессе гидрообессеривания.

**Научная новизна работы.**

Впервые:

- показана принципиальная возможность использования полиоксометаллатных соединений в качестве источника молибдена при приготовлении Co(Ni)-Mo-содержащих пропиточных растворов и их использование для получения каталитических систем на их основе;
- установлены закономерности формирования физико-химических свойств алюмооксидных Co(Ni)-Mo каталитических систем при использовании полиоксомолибдатных соединений в качестве источника молибдена, а также выявлено влияние последовательности введения активных компонентов на текстурные характеристики, фазовый состав и морфологию катализаторов;
- определено влияние условий термической обработки на структурно-фазовые превращения в Co(Ni)-Mo/$Al_2O_3$ системах, полученных с использованием полиоксомолибдатных прекурсоров, и установлены оптимальные температурные режимы, обеспечивающие удаление остаточных компонентов пропиточных растворов и формирование каталитически активной фазы;

- установлена каталитическая активность синтезированных Co(Ni)-Mo/$Al_2O_3$ систем в реакциях гидродесульфирования модельных серосодержащих соединений и прямогонной дизельной фракции, что подтверждает перспективность применения полиоксомолибдатных прекурсоров при создании катализаторов гидроочистки нового поколения.

**Практическая значимость работы.** Разработан способ приготовления катализаторов, для гидрогенизационных процессов, в частности процесса гидроочистки дизельных фракций. Полученные данные по синтезу никель(кобальт)- и полиоксометаллатсодержащих каталитических систем могут быть использованы при создании новых и совершенствовании уже имеющихся марок отечественных катализаторов облагораживания нефтяных дистиллятов.

**Апробация работы.** Материалы работы представлены и обсуждены на XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 2022 г.; XXVI Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященном 90-летию со дня рождения Н.М. Рассказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2022; XII и XIII Международных конференциях «Химия нефти и газа», Томск, 2022, 2024; Международной научно-практической конференции «Переработка углеводородного сырья: проблемы и инновации – 2022», Астрахань, 2022; 8th Asian Symposium on Advanced Materials, Novosibirsk, 2023; XII Всероссийской молодёжной конференции имени В.И. Шпильмана, посвященной 90-летию со дня рождения А.Э. Конторовича, советского и российского геолога, академика РАН, лауреата Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, Ханты-Мансийск, 2024.

**Достоверность** сформулированных в диссертации положений и выводов подтверждается большим объемом непротиворечивых экспериментальных данных, полученных с использованием комплекса современных методов исследования (рентгенофлуоресцентный метод определения содержания серы, ИК-спектроскопия, хроматомасс-спектрометрия и др.) на поверенном сертифицированном оборудовании.

**Личный вклад автора.** Автор принимал участие во всех этапах выполнения работы: провел анализ и систематизацию приведенных в отечественной и зарубежной литературе данных, участвовал в постановке цели и задач исследования, планировании и выполнении экспериментальной части работы, в интерпретации и обработке полученных результатов. Представлял материалы исследования в форме устных докладов на конференциях различного уровня, а также участвовал в подготовке статей по теме исследования для публикации в научных журналах.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 6 статей, опубликованных в журналах, рекомендованных Министерством науки и высшего образования и включенных в перечень ВАК и международные

реферативные базы данных (Web of Science, Scopus), а также материалы 9 докладов в трудах международных и российских конференций.

**Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:**

1.Texture Properties, Phase Composition and Morphology of Supported Ni-Mo /γ-$Al_2O_3$ Systems / N. A. Zhirov, A. S. Akimov, Ya. E. Barbashin, A. S. Akimov // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2023. – Vol. 16, No. 4. – P. 477-484.

2. Влияние температурной обработки на морфологию и свойства Ni-Mo каталитических систем для процессов облагораживания углеводородного сырья / Н. А. Жиров, А. Р. Махалкина, Е. А. Сударев, А. С. Акимов // Башкирский химический журнал. – 2023. – Т. 30, № 1. – С. 72-77.

3. Synthesis and properties of systems based on Ni and isopolymolybdate-containing compounds and metastable aluminum oxides / A. S. Akimov, N. A. Zhirov, Ya. E. Barbashin [et al.] // ChemChemTech. – 2023. – Vol. 66, No. 11. – P. 85-91.

4. Термические свойства кобальт и молибденсодержащих цитратных систем / Н. А. Жиров, С. П. Журавков, А. С. Акимов, А. С. Акимов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 179-184.

5. The influence of temperature treatment on the structural-phase composition of supported Co-Mo/$Al_2O_3$ catalytic systems / N. A. Zhirov, A. S. Akimov, E. A. Sudarev, A. S. Akimov // ChemChemTech. – 2024. – Vol. 67, No. 8. – P. 44-49.

6. Influence of the order of introduction of a Co-Mo-containing active component on the physicochemical properties of aluminum oxide systems / N. A. Zhirov, A. S. Akimov, E. A. Sudarev, A. S. Akimov // ChemChemTech. – 2025. – Vol. 68, No. 8. – P. 52-57.

Текст диссертации был проверен в сервисе «Антиплагиат» http://users.antiplagiat.ru, оригинальность текста составила 78,81%, ИИ-контент – 0,00%.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Диссертационная работа Жирова Никиты «Алюмооксидные Co(Ni)-полиоксомолибдатные каталитические системы для гидроочистки прямогонной дизельной фракции» по своей актуальности, новизне, методическому и научному уровню соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

2. Работа посвящена решению важной научно-технической задачи – разработке эффективных катализаторов для процесса гидроочистки прямогонных дизельных фракций нефтей.

Работа соответствует специальности 1.4.12. Нефтехимия по направлению исследований: п. 2 «Термические, каталитические и плазмохимические превращения углеводородов нефти. Разработка научных основ процессов синтеза, изучение механизмов реакций, роли гетероатомных компонентов нефти в превращениях углеводородов. Разработка катализаторов», отрасль наук – химические науки.

3. Диссертация Жирова Никиты «Алюмооксидные Co(Ni)-полиоксомолибдатные каталитические системы для гидроочистки прямогон-

ной дизельной фракции» может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:** зам. директора ИХН СО РАН по научной работе, д-р хим. наук Кудряшов С.В.; зам. директора ИХН СО РАН по научной работе, канд. геол.-минерал. наук Красноярова Н.А.; ученый секретарь ИХН СО РАН, канд. хим. наук Степанов А.А.; вед. науч. сотр., д-р хим. наук Сагаченко Т.А.; вед. науч. сотр., д-р хим. наук Антипенко В.Р.; вед. науч. сотр., д-р хим. наук Манжай В.Н.; вед. науч. сотр., д-р хим. наук Коботаева Н.С.; вед. науч. сотр., д-р хим. наук Восмерикова Л.Н.; профессор, д-р техн. наук Ивашкина Е.Н. (Томский политехнический университет); зав. лаб., канд. хим. наук Певнева Г.С.; зав. лаб., канд. хим. наук Величкина Л.М.; зав. лаб., канд. геол.-минерал. наук Ященко И.Г.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Коваленко Е.Ю.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Чешкова Т.В,; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Герасимова Н.Н.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Рябов А.Ю.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Акимов А.С.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Русских И.В.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Кривцов Е.Б.; ст. науч. сотр., канд. хим. наук Свириденко Н.Н.; науч. сотр., канд. хим. наук Свириденко Ю.А.; науч. сотр., канд. хим. наук Восмериков А.А.; науч. сотр., канд. техн. наук Кожевников И.С.; науч. сотр., канд. хим. наук Гончаров А.В.; науч. сотр., канд. хим. наук Шолидодов М.Р.; науч. сотр. Барбашин Я.Е.; мл. науч. сотр., канд. хим. наук Уразов Х.Х.; мл. науч. сотр. Федоров Д.В.; мл. науч. сотр. Нальгиева Х.В.; мл. науч. сотр., аспирант Остапенко Д.В.; мл. науч. сотр., аспирант Акимов А.С.; мл. науч. сотр., аспирант Пантилов П.В.; мл. науч. сотр., аспирант Мержигот М.И.; мл. науч. сотр., аспирант Фролова У.А.; инженер-исследователь, аспирант Вернер А.Н.

Всего 35 человек.

Результаты голосования: «за» – 35, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Председатель семинара
вед. науч. сотр., д-р хим. наук _____ Т.А. Сагаченко

Секретарь семинара
зав. лаб., вед. науч. сотр.,
канд. хим. наук, доцент _____ Л.М. Величкина