

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
(УФИЦ РАН)

450054, г. Уфа, проспект Октября, 71. Тел /факс: (347) 235-60-22, 284-56-52, e-mail: presidium@ufaras.ru, presid@anrb.ru

Код организации 81, ОГРН 1030204207582, ИНН 0274064870, КПП 027601001

«УТВЕРЖДАЮ»

04.06.2026

№ 14101-93.1.1-941

На № _____

Врио руководителя Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, кандидат физико-математических наук Галимов Д.И.



202 6 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра

Российской академии наук

Диссертация «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структур» выполнена в Институте нефтехимии и катализа – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, в лаборатории приготовления катализаторов.

В период подготовки диссертации с 01.09.2021 по 31.08.2025 соискатель Жирнова Евгения Дмитриевна обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

В 2021 году Жирнова Евгения Дмитриевна окончила химический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» с присвоением квалификации «Химик. Преподаватель химии» (освоила программу специалитета по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»), после чего поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, которую окончила в 2025 году с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка № 431-25 о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам: история и философия науки (химические науки) («отлично» 24 июня 2022 г.), иностранный язык (английский язык) («хорошо» 20 июня 2022 г) выдана 28 ноября 2025 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Справка № 37/6523 о сдаче кандидатского экзамена по дисциплине: Кинетика и катализ («отлично» 20 июня 2025 г.) выдана 03 марта 2026 года Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Уфимским федеральным исследовательским центром Российской академии наук.

Научный руководитель – Травкина Ольга Сергеевна, доктор химических наук (1.4.14. Кинетика и катализ), доцент (2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ), ведущий научный сотрудник лаборатории приготовления катализаторов Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИНК УФИЦ РАН).

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Жирновой Евгении Дмитриевны является цельной, самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком профессиональном уровне, и отвечает критериям пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основные научные результаты, полученные соискателем

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Установлено влияние природы кремнийсодержащего сырья на кинетику растворения, зародышеобразование и рост кристаллов цеолита MCM-22. Показано, что высокодисперсные источники кремния - белая сажа ($S_{уд} = 720 \text{ м}^2/\text{г}$) и молотый силикагель ($S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{г}$) – характеризуются более высокой скоростью растворения в щелочной среде по сравнению с осажённым диоксидом кремния ($S_{уд} = 176 \text{ м}^2/\text{г}$), что обеспечивает формирование цеолита со степенью кристалличности 98–100 %.
2. Разработан упрощённый способ синтеза порошкообразного цеолита MCM-22 из силикаалюмогидрогеля, позволяющий получать продукт с высокой степенью кристалличности (до 100 %) и фазовой чистотой без непрерывного механического перемешивания реакционной смеси, при сокращенной продолжительности кристаллизации (120 ч против 168 ч в традиционном способе).
3. Впервые осуществлен прямой синтез порошкообразного цеолита MCM-22 высокой степени кристалличности (98-100 %) на основе предварительно осажённого синтетического аморфного алюмосиликата с мольным отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 30$. Определены оптимальные условия кристаллизации: мольное отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,7$; ГМИ/ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15$; введение 20 мас. % кристаллической затравки; температура 150 °С; продолжительность 96 ч. Полученный материал характеризуется высокой

фазовой чистотой, развитой микро-мезопористой структурой и адсорбционными характеристиками, сопоставимыми с лучшими литературными аналогами.

4. Разработан оригинальный способ получения гранулированного цеолита MCM-22h с иерархической микро-мезо-макропористой структурой, основанный на гидротермальной кристаллизации гранул, содержащих порошкообразный цеолит MCM-22 и аморфный алюмосиликат (временное связующее), в растворе силиката натрия и гексаметиленмина. Полученный материал характеризуется высокой степенью кристалличности (98 %), удельной поверхностью 531 м²/г, общим объемом пор 0,86 см³/г (включая мезо- и макропоры), механической прочностью 5,39 Н/мм.
5. Показано, что гранулированный иерархический цеолит H-MCM-22h сохраняет высокую концентрацию сильных Бренстедовских кислотных центров (354 мкмоль/г), сопоставимую с порошкообразным аналогом, и значительно превосходит по этому показателю (на 26–54 %) образец, полученный традиционной грануляцией со связующими веществами, благодаря отсутствию инертного связующего, блокирующего активные центры.
6. Установлено, что гранулированный цеолит H-MCM-22h проявляет высокую каталитическую активность в реакции жидкофазного алкилирования бензола пропиленом ($T = 128\text{--}130\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 3,0\text{ МПа}$, бензол : пропилен = 3 : 1, $WHSV = 6,8\text{ ч}^{-1}$): конверсия пропилена достигает 92,7 %, селективность по кумолу – 75,5 %, что практически не уступает показателям порошкообразного цеолита и значительно превосходит традиционные гранулированные образцы со связующими веществами.

Личный вклад Жирновой Е.Д. заключается в изучении и обобщении литературных данных, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, активном участии в оформлении публикаций и диссертационной работы.

Достоверность полученных результатов

Достоверность научных положений и полученных результатов основывается на большом объеме взаимодополняющих экспериментальных исследований, проведенных с применением современных физико-химических методов (РФА, СЭМ и адсорбции-десорбции N_2), реализованных на высокотехнологичных приборах с новейшим программным обеспечением. Полученные результаты согласуются с современными физико-химическими представлениями в области синтеза цеолитсодержащих материалов и литературными данными. Положения, выносимые на защиту, прошли рецензирование в ведущих российских и зарубежных журналах, а также обсуждены на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна полученных результатов

Установлено влияние природы кремнийсодержащего сырья на кинетику его растворения в щелочной среде и последующие процессы зародышеобразования и роста кристаллов цеолита МСМ-22. Показано, что высокодисперсные источники кремния («белая сажа» с удельной поверхностью $720 \text{ м}^2/\text{г}$ и молотый силикагель с удельной поверхностью $500 \text{ м}^2/\text{г}$) характеризуются более высокой скоростью растворения по сравнению с осажённым диоксидом кремния ($176 \text{ м}^2/\text{г}$), что способствует формированию цеолита с высокой фазовой чистотой и степенью кристалличности 98–100 %.

Выявлены оптимальные условия кристаллизации аморфного синтетического алюмосиликата в цеолит МСМ-22. Установлено, что для получения фазово-чистого цеолита со степенью кристалличности, близкой к 100 %, необходимо: мольное отношение $Na_2O/Al_2O_3 = 2,7$; $GMI/Al_2O_3 = 15$; введение 20 мас. % кристаллической затравки; продолжительность кристаллизации 96 ч.

Впервые показана возможность кристаллизации гранул, содержащих порошкообразный цеолит МСМ-22 и аморфный алюмосиликат, в растворе силиката натрия и гексаметиленмина с формированием гранулированного цеолита МСМ-22h, представляющего собой единый сросток кристаллов с

иерархической микро-мезо-макропористой структурой. Установлено, что предложенный подход позволяет получать гранулированный материал без использования дополнительных связующих веществ.

Обнаружено, что гранулированный иерархический цеолит H-MCM-22h сохраняет высокую концентрацию сильных Бренstedовских кислотных центров (354 мкмоль/г), сопоставимую с порошкообразным аналогом (источником для гранул), и значительно (на 26–54 %) превосходит по этому показателю образец, полученный традиционной грануляцией со связующими веществами. Это обусловлено отсутствием инертного связующего, блокирующего активные центры.

Практическая значимость результатов

Практическая значимость работы заключается в разработке перспективных для промышленной реализации способов синтеза цеолита MCM-22 в порошкообразном и гранулированном виде, а также катализатора на его основе для реакции жидкофазного алкилирования бензола пропиленом, практически не уступающего порошкообразному аналогу и значительно превосходящего традиционные гранулированные образцы со связующими веществами.

Результаты работы могут быть использованы: на предприятиях нефтехимической промышленности (в процессах алкилирования бензола пропиленом, алкилирования бензола этиленом, диспропорционирования толуола и др.), а также в научно-исследовательских организациях при разработке новых гранулированных цеолитных катализаторов без связующих веществ.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus,

получен 1 патент РФ, а также тезисы 6 докладов на научных конференциях различного уровня.

Основные публикации по теме диссертации:

1. **Жирнова, Е.Д.** Современные способы получения цеолитов структурного типа MWW / **Е.Д. Жирнова**, О.С. Травкина, Б.И. Кутепов // Башкирский химический журнал. – 2023. – Т. 30. – №. 4. – С. 68-72.
2. **Zhirnova, E.D.** Synthesis of granular MCM-22 zeolite with a hierarchical porous structure / **E.D. Zhirnova**, O.S. Travkina // Petroleum Chemistry. – 2024. – Т. 64. – №. 2. – С. 186-192.
3. **Жирнова Е.Д.** Влияние условий кристаллизации аморфного синтетического алюмосиликата на физико-химические свойства цеолита MCM-22 / **Е.Д. Жирнова**, А.А. Исмагилов, О.С. Травкина, Б. И. Кутепов // Катализ в промышленности. – 2025. – Т. 25, № 6. – С. 21-30.
4. Пат. RU2825324 РФ, МПК C01B 39/02, C01B 33/26. Гранулированный цеолит MCM-22 без связующего с иерархической пористой структурой и способ его получения [Текст] / О. С. Травкина, **Е. Д. Жирнова**, Б. И. Кутепов / заявл. 29.08.2023: опубл. 26.08.2024. – С. 7.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

Диссертационная работа Жирновой Евгении Дмитриевны соответствует паспорту научной специальности 1.4.14. Кинетика и катализ, а именно пункту 3 «Поиск и разработка новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности» и пункту 5 «Научные основы приготовления катализаторов. Строение и физико-химические свойства катализаторов. Разработка и усовершенствование промышленных катализаторов, методов их производства и оптимального использования в каталитических процессах».

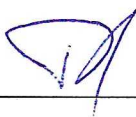
Диссертация «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита MCM-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» Жирновой Евгении Дмитриевны рекомендуется к представлению к

защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

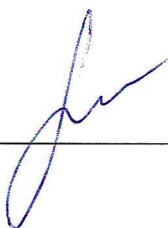
Заключение принято на заседании объединенного научного семинара Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 52 человека. Результаты голосования: «За» – **52** чел., «Против» – **нет**, «воздержалось» – **нет**, протокол № 4 от 29 мая 2026 г.

Председатель объединенного научного семинара ИНК УФИЦ РАН, к.х.н.

 Гусаков В.Н.

Секретарь объединенного научного семинара ИНК УФИЦ РАН, д.ф.-м.н.

 Тухбатуллин А.А.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и
инновационной работе Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский
государственный нефтяной
технический университет», к.т.н.

Гулина Д.А.

«14 апреля» 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

Диссертация «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» выполнена на кафедре «Общая, аналитическая и прикладная химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Жирнова Евгения Дмитриевна работала в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в должности ассистента кафедры «Газохимия и моделирование химико-технологических процессов».

В 2021 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

В 2025 г. окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по дисциплине «Кинетика и катализ» выдана в 2026 г. Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Уфимским федеральным исследовательским центром Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Травкина Ольга Сергеевна, работает старшим научным сотрудником в лаборатории приготовления катализаторов Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук и по совместительству является доцентом базовой кафедры «Технология нефти и газа» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Жирновой Е.Д. «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» отвечает паспорту специальностей ВАК РФ 1.4.14. Кинетика и катализ и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2023 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, так как в ней решена научная задача, имеющая существенное значение для нефтеперерабатывающей отрасли по разработке катализатора для реакции алкилирования бензола пропиленом.

2. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Соискателем подготовлен литературный обзор, в котором рассмотрены технологии получения и модифицирования цеолитов структурного типа MWW, проведен анализ известных способов формирования гранулированных катализаторов на их основе.

Соискателем выполнены экспериментальные исследования по гидротермальному синтезу порошкообразного цеолита МСМ-22, а также по кристаллизации гранулированных образцов, не содержащих связующих материалов, с формированием иерархической (микро-, мезо-, макро-) пористой структуры.

Проведены физико-химические исследования синтезированных материалов, оценена их каталитическая активность в реакции алкилирования бензола пропиленом.

Соискатель принимал активное участие в анализе полученных результатов, подготовке материалов к публикации и их апробации.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность научных положений и полученных результатов основывается на большом объеме взаимодополняющих экспериментальных исследований, проведенных с применением современных физико-химических методов (РФА, СЭМ, ПЭМ и адсорбции-десорбции N₂), реализованных на высокотехнологичных приборах с новейшим программным обеспечением. Полученные результаты согласуются с современными физико-химическими представлениями в области синтеза цеолитсодержащих материалов и литературными данными. Положения, выносимые на защиту, прошли рецензирование в ведущих российских журналах, а также обсуждены на всероссийских и международных конференциях.

4. Научная новизна результатов

Установлено влияние природы кремнийсодержащего сырья и условий кристаллизации синтетических аморфных алюмосиликатов в водных растворах силиката натрия на морфологию и физико-химические характеристики формирующихся кристаллов цеолита МСМ-22.

Разработан способ синтеза гранулированного цеолита МСМ-22, который основан на кристаллизации гранул, содержащих кристаллы цеолита и частицы синтетического аморфного алюмосиликата, в растворе силиката натрия.

Изучены каталитические свойства гранулированного цеолита МСМ-22 в Н-форме в реакции алкилирования бензола пропиленом в жидкофазном режиме и определены условия, позволяющие получать кумол с селективностью не ниже 88,0%. Показано, что создание микро-, мезо- и макропористой структуры в данном катализаторе позволяет

значительно увеличить активность и селективность по кумолу по сравнению с аналогами, полученными грануляцией цеолита со связующими веществами.

5. Теоретическая ценность и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в получении новых знаний о закономерностях кристаллизации аморфных алюмосиликатов в порошкообразный и гранулированный цеолиты МСМ-22 высокой степени кристалличности и фазовой чистоты.

Практическая значимость заключается в том, что разработаны перспективные для практической реализации способы синтеза цеолита МСМ-22 в порошкообразном и гранулированном виде. На их основе создана перспективная каталитическая система для процесса алкилирования бензола пропиленом. Полученные в работе результаты могут быть использованы при создании новых цеолитсодержащих катализаторов, характеризующихся высокой эффективностью в процессе алкилирования бензола пропиленом.

6 Соответствие диссертации специальности, по которой она представлена к защите

Диссертационная работа Жирновой Е.Д. посвящена разработке способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой.

Таким образом, рассматриваемые в диссертации задачи охватывают вопросы, включенные в паспорт специальности 1.4.14. Кинетика и катализ: пункт 3 – «Поиск и разработка новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствование существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности»; пункт 5 – «Научные основы приготовления катализаторов. Строение и физико-химические свойства катализаторов. Разработка и усовершенствование промышленных катализаторов, методов их производства и оптимального использования в каталитических процессах»

7 Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Соискатель имеет 11 работ по теме диссертации, из них 3 работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией, 2 из которых в журналах, индексируемых наукометрическими системами Scopus и/или Web of Science, все в соавторстве, общим объемом 21 п.л. (доля автора 9.7 п.л.); 6 работ опубликованы в материалах различных научных конференций, общим объемом 11 п.л. (доля автора 4.9 п.л.). Получен 1 патент РФ на изобретение.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Жирнова, Е.Д. Современные способы получения цеолитов структурного типа MWW / Е.Д. Жирнова, О.С. Травкина, Б.И. Кутепов // Башкирский химический журнал. – 2023. – Т. 30. – №. 4. – С. 68-72. (Лично Жирновой Е.Д. проведен анализ способов получения и модифицирования цеолитов структурного типа MWW).

2. Zhirnova, E.D. Synthesis of granular MCM-22 zeolite with a hierarchical porous structure / E.D. Zhirnova, O.S. Travkina // Petroleum Chemistry. – 2024. – Т. 64. – №. 2. – С. 186-192. (Лично Жирновой Е.Д. проведены эксперименты по кристаллизации гранул цеолита МСМ-22h, содержащих кристаллы цеолита и частицы синтетического аморфного алюмосиликата, в растворах силиката натрия. Выполнен анализ физико-химических характеристик материала).

3. Жирнова Е.Д. Влияние условий кристаллизации аморфного синтетического алюмосиликата на физико-химические свойства цеолита МСМ-22 / Е.Д. Жирнова, А.А. Исмагилов, О.С. Травкина, Б. И. Кутепов // Катализ в промышленности. – 2025. – Т. 25, № 6. – С. 21-30. (Лично Жирновой Е.Д. определены условия кристаллизации синтетических аморфных алюмосиликатов в цеолит МСМ-22. Выполнен анализ физико-химических характеристик цеолита).

4. Пат. RU2825324 РФ, МПК C01B 39/02, C01B 33/26. Гранулированный цеолит МСМ-22 без связующего с иерархической пористой структурой и способ его получения [Текст] / О. С. Травкина, Е. Д. Жирнова, Б. И. Кутепов / заявл. 29.08.2023: опубл. 26.08.2024. – С. 7. (Лично Жирновой Е.Д. проведены эксперименты по разработке способа получения гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности и иерархической пористой структурой. Выполнен анализ физико-химических характеристик цеолита).

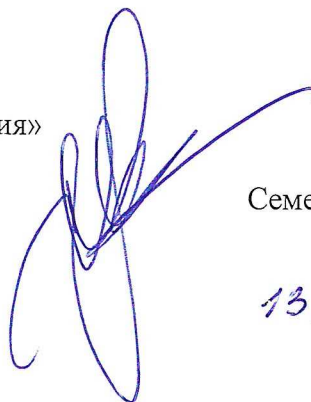
Опубликованные работы полностью отражают основные положения, содержание диссертационной работы, основные результаты и рекомендации, выносимые на защиту. В диссертации «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора и источник заимствования.

Проверка диссертационной работы системой «Антиплагиат ВУЗ» показала, что оригинальный текст в документе составляет 92,57 %, а 7,43 % содержится в более, чем 50 источниках, что соответствует требованиям оригинальности, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Разработка способа приготовления гранулированного цеолита МСМ-22 высокой степени кристалличности с иерархической пористой структурой» Жирновой Евгении Дмитриевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. Кинетика и катализ.

Заключение принято на заседании кафедры «Общая, аналитическая и прикладная химия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Присутствовало на заседании 20 человек. Результаты голосования: «за» - 20 человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 9 от «16» марта 2026 г.

Заведующий кафедрой
«Общая, аналитическая и прикладная химия»
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
д.х.н., профессор
г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1
тел.: 89191477811
почта: nocturne@mail.ru



Семен Соломонович Злотский

13.04.2026

Подпись Злотского С.С. заверю:
Начальник отдела по работе с персоналом



Ольга Анатольевна Даргина