

Успехи и достижения научной школы академика АН Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова в области прикладной и нефтепромысловой химии

© Н.Н. Михайлова, А.В. Мамлиева, Г.А. Тептерева,
С.Ю. Шавшукова, С.С. Злотский

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Резюме: В обзоре представлены достижения научной школы академика Академии наук Республики Башкортостан, профессора Уфимского нефтяного института (ныне УГНТУ) Д.Л. Рахманкулова в области прикладной и нефтепромысловой химии. Создав фундаментальную базу результатов теоретических и экспериментальных исследований строения, свойств и механизмов превращений замещенных циклических ацеталей и гетероаналогов, научная школа предложила использовать полученные результаты в различных отраслях народного хозяйства, в частности, в нефтепромысловой химии. Анализ авторских свидетельств, полученных представителями научной школы с 1970-х по 1990-е годы, связанных с разработкой реагентов класса циклических ацеталей, предназначенных для применения в нефтепромысловой химии, показал, что полученные реагенты могут эффективно применяться в качестве компонентов буровых растворов, ингибиторов сероводородной коррозии нефтепромыслового оборудования, реагентов-бактерицидов, подавляющих рост сульфатовосстанавливающих бактерий. При этом эффективность их применения заметно превышала аналогичные показатели известных промышленных реагентов. Отмечено, что водные композиции, содержащие 1,3-диоксациклоалканы, хорошо растворяют и удерживают в объеме частицы смол и асфальтенов в виде микроэмульсий, что позволяет повысить нефтеотдачу пластов и использовать циклические ацетали в качестве реагентов-растворителей асфальтосмолопарафиновых отложений. Найдено, что применение циклических ацеталей, например 4,4-диметил-1,3-диоксана, в составе буровых промывочных жидкостей позволяет значительно улучшить их смазочные, противоизносные и антикоррозионные свойства. В качестве сырьевого источника для получения соединений класса циклических ацеталей часто использовали побочные продукты нефтехимических производств, что одновременно решало проблему их утилизации. Так, было найдено, что кубовый остаток промышленного производства 4,4-диметил-1,3-диоксана, содержащий оксиметил-1,3-диоксаны, может успешно применяться для растворения гипсово-углеводородных отложений в нефтяных скважинах. Для расширения ассортимента реагентов, подавляющих рост сульфатовосстанавливающих бактерий, Д.Л. Рахманкуловым с сотрудниками было предложено использовать в качестве бактерицидов водные растворы 1,3-диоксациклоалканов.

Ключевые слова: циклические ацетали, сульфатовосстанавливающие бактерии, асфальтосмолопарафиновые вещества, нефтепромысловая химия, методы увеличения нефтеотдачи

Для цитирования: Михайлова Н.Н., Мамлиева А.В., Тептерева Г.А., Шавшукова С.Ю., Злотский С.С. Успехи и достижения научной школы академика АН Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова в области прикладной и нефтепромысловой химии. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. N 1. С. 136–146. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-136-146>

Advances and achievements of Academician D.L. Rakhmankulov's scientific school in the field of applied and oilfield chemistry

Natalia N. Mikhailova, Albina V. Mamlieva, Galina A. Teptereva,
Svetlana Yu. Shavshukova, Semyon S. Zlotskii

Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation

Abstract: This paper reviews the achievements of the scientific school of Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Professor of the Ufa State Petroleum Technological University

(USPTU) D.L. Rakhmankulov in the field of applied and oilfield chemistry. Having achieved fundamental results during theoretical and experimental research into the structure, properties and mechanisms of transformations of substituted cyclic acetals and heteroanalogues, D.L. Rakhmankulov and his colleagues proposed to apply this knowledge in various sectors of the national economy, in particular, in the oilfield chemistry. An analysis of copyright certificates obtained by the researchers from the 1970s to the 1990s, which were related to the development of reagents of the class of cyclic acetals intended for use in the oilfield chemistry, showed that the obtained reagents can be effectively used as components of drilling fluids, inhibitors of hydrogen sulphide corrosion of oilfield equipment, bactericidal reagents that inhibit the growth of sulphate-reducing bacteria. The efficiency of such reagents significantly exceeded that of well-known industrial reagents. It was noted that aqueous compositions containing 1,3-dioxacycloalkanes dissolve and keep in volume particles of resins and asphaltenes in the form of microemulsions, which makes it possible to increase oil recovery and use cyclic acetals as reagents-solvents of asphalt-resin-paraffin deposits. It was found that the use of cyclic acetals, e.g. 4,4-dimethyl-1,3-dioxane, in the composition of drilling fluids can significantly improve their lubricating, antiwear and anticorrosive properties. By-products of petrochemical industries were often used as a raw material for the production of compounds of the class of cyclic acetals, which at the same time solved the problem of their recycling. It was found that the bottom residue of industrial production of 4,4-dimethyl-1,3-dioxane, containing oxymethyl-1,3-dioxanes, can be successfully used for dissolving gypsum hydrocarbon fuels deposited in oil wells. In order to expand the range of reagents that inhibit the growth of sulphate-reducing bacteria, D.L. Rakhmankulov and his colleagues proposed to use aqueous solutions of 1,3-dioxacycloalkanes as bactericides.

Keywords: cyclic acetals, sulphate-reducing bacteria, asphalt-resin-paraffin substances, oilfield chemistry, enhanced oil recovery methods

For citation: Mikhailova NN, Mamlieva AV, Teptereva GA, Shavshukova SYu, Zlotskii SS. Advances and achievements of Academician D.L. Rakhmankulov's scientific school in the field of applied and oilfield chemistry. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(1):136–146. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-136-146>

ВВЕДЕНИЕ

В Уфимском нефтяном институте – УНИ (с 1993 г. Уфимский государственный нефтяной технический университет – УГНТУ) в 70-х гг. XX в. на кафедре общей химии профессором Д.Л. Рахманкуловым была создана научная школа в области органического синтеза, нефтехимии, прикладной и нефтепромысловой химии. Основные работы Д.Л. Рахманкулова с сотрудниками были посвящены методам получения, строению, свойствам и областям эффективного применения замещенных 1,3-диоксациклоалканов, их аналогов и производных [1, 2].

Результаты фундаментальных исследований в области синтеза, строения и превращений насыщенных гетероциклов рассмотрены в ряде обзоров, монографий и других работ^{1,2} [3–10].

Продолжая обобщение и систематизацию деятельности научной школы Д.Л. Рахманкулова, мы приводим в настоящей статье основные результаты по применению циклических ацеталей в прикладной и нефтепромысловой химии.

В 70-х гг. XX в. в отечественном топливно-энергетическом комплексе остро встала про-

блема увеличения нефтеотдачи месторождений, эксплуатирующихся более 30-40 лет [11–13]. В первую очередь это касалось нефтяных районов Волго-Уральского региона (Республики Татарстан и Башкортостан, Самарская, Оренбургская, Пермская области и др.) [14–16].

Известные и широко используемые методы увеличения нефтеотдачи (МУН) включали применение многокомпонентных водных составов для обработки (промывки) призабойных зон с целью разрушения гипсо-углеводородных отложений и, как следствие, увеличения проницаемости пластов. В качестве основных компонентов промывочных жидкостей использовались минеральные и органические кислоты, ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и др.³ [17].

В научной школе проф. Д.Л. Рахманкулова в Уфимском государственном нефтяном техническом университете начиная с 1970-х гг. были детально исследованы методы получения, строение и свойства широкого круга замещенных 1,3-диоксациклоалканов (алкил-, арил-, алкенил-, хлорметил-, оксиметилпроизводные и др.) [18–22]. Исходя из

¹Рахманкулов Д.Л., Зорин В.В., Мусавилов Р.С., Латыпова Ф.Н., Сираева И.Н. Методы синтеза 1,3-дигетероаналогов циклоалканов: учеб. пособие. Уфа: Реактив, 1998. 254 с.

²Кульневич В.Г., Калашников В.Г., Косулина Т.П., Ненько Н.И., Смоляков В.П., Рахманкулов Д.Л. [и др.]. Новые направления в химии циклических ацеталей: учеб. пособие. Серия: Панорама современной химии России. Уфа: Реактив, 2002. 177 с.

³Банникова О.Ю. Совершенствование технологии приготовления и применения буровых растворов на основе сухих полимерных смесей: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.15. Бугульма, 2015. 210 с.

этих результатов, проф. Д.Л. Рахманкулов совместно с сотрудниками УГНТУ, специалистами в области добычи нефти В.И. Мархасиным, Б.И. Мастобаевым, С.Г. Конесевым и другими изучили и обосновали применение в качестве добавок-присадок к водным составам некоторых циклических ацеталей и их производных.

Д.Л. Рахманкулов с сотрудниками нашли, что растворитель для очистки призабойной зоны терригенных пластов в газовых скважинах, который представлял собой 1–5%-й водный раствор 4,4-диметил-1,3-диоксана (ДМД), способен эффективно удалять фильтрат глинистого раствора [23]. Было установлено, что положительный эффект достигался за счет отсутствия у ДМД пенообразующей способности и склонности к образованию стойкой эмульсии. Этим ДМД выгодно отличался от широко применяемых в то время ПАВ – смеси оксиэтилированных алкилфенолов. Лучшие результаты были получены при использовании 3%-го водного раствора ДМД, который в 2–2,5 раза эффективнее удалял фильтрат глинистого раствора по сравнению с аналогичным раствором ОП-10.

Для повышения эффективности вытеснения нефти из пласта необходимо разрушать асфальтосмолопарафиновые вещества (АСПО) которые осаждаются на поверхности металла и забивают межтрубное пространство [24].

Д.Л. Рахманкулов с сотрудниками показали, что водные композиции, содержащие ДМД (концентрация 25–40% об.) хорошо растворяют и удерживают в объеме в виде микроэмульсий частицы смол и асфальтенов. Это позволило повысить коэффициент извлечения нефти в 1,5–2 раза для терригенных и карбонатных коллекторов [25].

Известно, что АСПО накапливаются в призабойных зонах водонагнетательных скважин, что затрудняет процессы обводнения и приводит к снижению нефтеотдачи [26, 27]. Было установлено, что удаление АСПО водным раствором ДМД (концентрация 1–5%) в ряде случаев улучшало приемистость водонагнетательных скважин. Максимальный эффект достигался при последовательной обработке ствола скважины чистым ДМД с последующим закачиванием 5%-го водного раствора ДМД [28]. В лабораторных экспериментах было доказано, что ДМД в этих условиях проникал в нефть и снижал ее вязкость. Под действием ДМД высокомолекулярные парафины и асфальтены растворялись за 2–3 ч, тогда как при использовании керосина для достижения аналогичного эффекта требовалось более 200 ч⁴.

Был предложен состав для удаления АСПО, ос-

новными компонентами которого являлись диацетат этиленгликоля, диэтилформаль и 1,3-диоксолан. При его применении достигалась степень растворения АСПО более 85%, тогда как в этих условиях смесь керосина и CCl_4 обеспечивала степень растворения АСПО на 50% [29]. Предложенный состав не содержал четыреххлористый углерод, выделяющий свободный хлор и хлористый водород, благодаря чему не происходило интенсивной коррозии технологического оборудования и загрязнения окружающей среды.

Эффективной оказалась замена CCl_4 в известной композиции (керосин, 80% : CCl_4 , 20%) на различные производные 1,3-диоксана [30]. Использование этих реагентов обеспечивало степень растворения АСПО более 70%, тогда как у прототипа она не превышала 50%.

На базе дешевого пиперилена Д.Л. Рахманкулов с сотрудниками была получена смесь алкенил-1,3-диоксанов, которая на 94% разрушала АСПО. Промышленный реагент – смесь керосина и ацетона (65:35), в этих условиях в 3 раза менее активен. Дополнительными преимуществами алкенил-1,3-диоксанов являются низкие летучесть и взрывоопасность [31].

С целью расширения ассортимента реагентов, способных эффективно растворять АСПО, были рассмотрены и другие классы органических веществ. Так, побочный продукт производства изопрена из ДМД – 4-метил-5,6-дигидро[2Н]пиран, также оказался хорошим растворителем АСПО. Было показано, что его применение приводит к разрушению АСПО и он имеет ряд преимуществ перед композицией керосин–ацетон [32].

Промышленные бис-амины также оказались способны на 75–85% растворять АСПО. Лучшие результаты были получены при использовании тетраметил- и тетраэтил-бис-аминов [33].

В работах Д.Л. Рахманкулова и его коллег, посвященных квалифицированному использованию побочных продуктов нефтехимии, отмечалось, что растворители, содержащие полихлоралканы и 1,3-диоксаны способны растворять АСПО на 85–90% за 1 ч. Однако образование HCl и увеличение скорости коррозии не позволяют рассматривать их в качестве промышленных реагентов [34, 35].

В процессах бурения для промывки и продувки скважин применяются многокомпонентные растворы и газообразные смеси⁵. Было предложено в качестве добавок в буровые растворы использовать некоторые циклические ацетали. Для промывки скважин в условиях сероводородной коррозии была доказана эффективность использования 4-фенил-1,3-диоксана (ФД) в диа-

⁴Пешкин О.В. Экспериментальное обоснование применения ацеталей для увеличения приемистости водонагнетательных скважин разрезающих рядов: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 1983.

⁵Рыбальченко Ю.М. Разработка промывочной жидкости для бурения разведочных скважин в осложненных условиях: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.14. Москва, 2009. 149 с.

пазоне концентраций 0,05–0,10% масс. Было установлено, что при использовании ФД по сравнению с известными присадками скорость разрушения стали в условиях сероводородной коррозии снижалась в 2–2,5 раза [36].

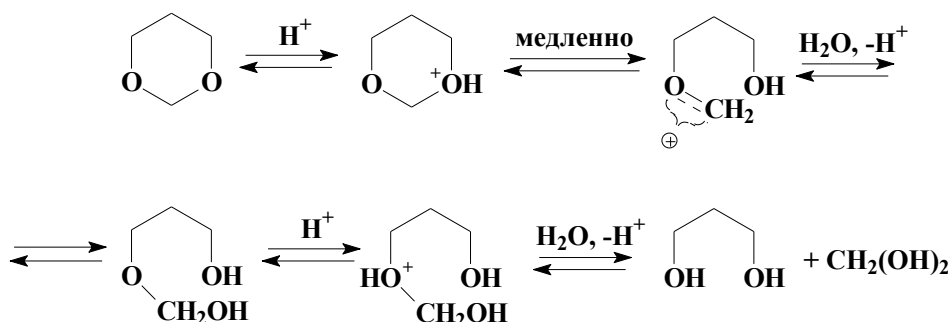
Применение 4-метил-4-фенил-1,3-диоксана (МФД), усиливало смазочные и противоизносные свойства бурового раствора [37]. При этом антикоррозионные свойства промывочных жидкостей, содержащих МФД в концентрации от 0,1 до 0,4%, на 80–90% выше, чем с добавкой ФД.

Было показано, что при использовании в качестве добавки ДМД в концентрации 0,8–1,2% об. улучшались смазочные и противоизносные свойства промывочных жидкостей при одновременном повышении антикоррозионных свойств [38]. Доказано повышение степени защиты металлов и оборудования от сероводородной коррозии на 90% по сравнению с традиционным ПАВ – ОП-10.

Д.Л. Рахманкулов с сотрудниками нашли, что кубовый остаток промышленного производства ДМД, содержащий оксиметил-1,3-диоксаны, может успешно применяться в качестве стимулято-

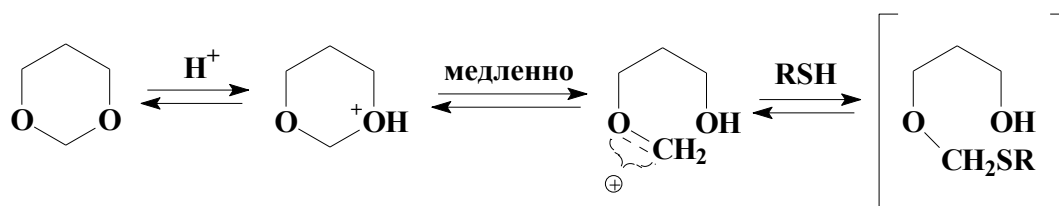
ра растворения гипсово-углеводородных отложений [39]. Использование реагента, представляющего собой 8%-й водный HCl с добавкой 0,25–0,3% кубового остатка, повышало скорость растворения гипсово-углеводородных отложений в 3 раза (с 3,2 г/мин до 9,0 г/мин) и обеспечивало защиту от коррозии на 90–95%.

Из приведенных данных следует, что положительный эффект в нефтепромысловой химии достигается при использовании водных и водно-органических растворов, содержащих циклические ацетали. В этой связи Д.Л. Рахманкуловым было проведено комплексное изучение кислотного гидролиза циклических ацеталей. Наиболее важные результаты в этой области были получены ведущим сотрудником научной школы профессором Е.А. Кантором. Им было установлено, что лимитирующей стадией кислотного гидролиза 1,3-диоксациклов является гетеролитический разрыв C(2)-O углерод-кислородной связи. Равновесие между циклическими ацеталами и гликолями зависит от температуры, кислотности среды и заместителей в цикле [7, 19, 22, 40, 41].



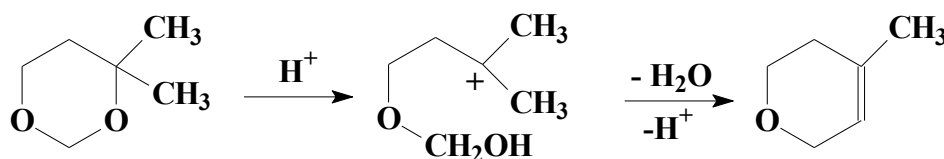
Растворенный сероводород и меркаптаны разлагают 1,3-диоксациклоалканы до гликолей и линейных тиацеталей. При этом расщепление

цикла также является стадией, определяющей скорость процесса.



Одним из наиболее активных реагентов является 4,4-диметил-1,3-диоксан, поскольку распад его протонированной формы может сопро-

вождаться образованием третичного карбокатиона, способного участвовать в процессе образования дигидропиранов.



Приведенные реакции являются ответственными за присутствие в кислых водных растворах циклических ацеталей спиртов и непредельных соединений. Последние способны на поверхности металлов образовывать защитные пленки. Органические гидроксилсодержащие соединения обладают поверхностно-активными свойствами и снижают пенообразование. Этим объясняется эффективность применения циклических ацеталей в нефтепромышленной химии.

В процессах бурения скважин и заводнения нефтяных пластов происходит внесение в пласт микроорганизмов различных физиологических групп, в частности сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ), продуцирующих в результате своей деятельности сероводород [42]. Их наличие вызывает большие проблемы при разработке нефтяных месторождений. С целью расширения ассортимента реагентов, подавляющих рост сульфатовосстанавливающих бактерий Д.Л. Рахманкулов с сотрудниками предложили в качестве бактерицида водный раствор пропиламиноэтанола в концентрации 0,05–0,1% масс. При его использовании происходило 100%-е подавление роста СВБ, тогда как известный реагент акролеин в этих же условиях подавлял рост лишь на 63% [43]. Исследования показали, что для подавления жизнедеятельности сульфатовосстанавливающих бактерий было целесообразно использовать ДМД, который при концентрации 0,01% позволял достигать 80%-й степени подавления роста СВБ [44].

Побочный продукт расщепления ДМД в изопрен – 4-метил-5,6-дигидропиран (МДГП), также

оказался хорошим реагентом для подавления роста СВБ [45]. При минимальной концентрации 0,001 г/л он подавлял рост сульфатовосстанавливающих бактерий на 78%.

Среди аналогов циклических ацеталей Д.Л. Рахманкуловым с сотрудниками были найдены вещества класса замещенных 1,3-оксазоциклоалканов, обладающие высокими бактерицидными свойствами [36]. Практически полное подавление роста СВБ достигалось при концентрации замещенных 1,3-оксазоциклоалканов 50–500 мг/л в воде, закачиваемой в пласт. Кроме того, эти реагенты и МДГП предотвращали сероводородную и микробиологическую коррозию, что позволяло в 2–3 раза сократить частоту аварийных ситуаций при эксплуатации нефтепромышленного оборудования.

3-Циклогексил-5-хлорметил-1,3-оксазолидин показал 100%-ю степень подавления СВБ при концентрации 0,1% масс., тогда как при использовании прототипа – 2,4-дихлорфенола, степень подавления не превышала 56% [47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из приведенных данных следует, что замещенные 1,3-дигетероциклоалканы благодаря способности хорошо совмещаться с водно-органическими средами и растворять смолы и нефтеполимеры представляют большой интерес в качестве реагентов и компонентов в нефтепромышленной химии. Соединения этого ряда способны подавлять рост СВБ, что дополнительно определяет их преимущества по сравнению с известными материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильданов Ф.Ш., Чанышев Р.Р., Латыпова Ф.Н., Злотский С.С. Химия ацеталей и их аналогов в работах научной школы Д.Л. Рахманкулова. Уфа: Гилем, 2015. 272 с.
2. Злотский С.С., Латыпова Ф.Н., Шавшукова С.Ю., Михайлова Н.Н. Результаты и перспективы научно-педагогической деятельности кафедры общей химии УНИ–УГНТУ за 50 лет. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2020. 88 с.
3. Латыпова Ф.Н., Вильданов Ф.Ш., Чанышев Р.Р., Злотский С.С. Химия циклических ацеталей и их аналогов в работах научной школы Д.Л. Рахманкулова // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 8. С. 3–21.
4. Рахманкулов Д.Л., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Шавшукова С.Ю. Интенсификация химических процессов в научных исследованиях и промышленности под воздействием микроволнового излучения. М.: Химия, 2003. 222 с.
5. Рахманкулов Д.Л., Злотский С.С., Зорин В.В., Сафиев О.Г., Сираева И.Н., Рольник Л.З. Межфазный катализ в химии 1,3-диоксацикла-
нов. М.: Химия, 1993. 96 с.
6. Прогресс химии кислородсодержащих гетероциклов: сб. ст. / ред. Я. Ковач; сост. Д.Л. Рахманкулов, Я. Ковач, А. Крутошикова, Д. Иловский, С.С. Злотский, Л.З. Рольник [и др.]. Уфа: Реактив, 1992. 152 с.
7. Рахманкулов Д.Л., Злотский С.С., Кантор Е.А., Сафаров М.Г., Заиков Г.Е., Зорин В.В. [и др.]. Механизмы реакций ацеталей. М.: Химия, 1987. 291 с.
8. Синтез и биологическая активность 1,3-дигетероциклоалканов / сост. Д.Л. Рахманкулов, Ф.Н. Латыпова, С.С. Злотский [и др.]. М.: НИИТЭХим, 1985. 24 с.
9. Rakhmankulov D.L., Zlotskii S.S., Zorin V.V., Imashev U.B., Karakhanov R.A. Radical-chain reactions of acetals in solution // Russian Chemical Reviews. 2981. Vol. 50. Issue 8. P. 762–774.
10. Rakhmankulov D.L., Zorin V.V., Latypova F.N., Zlomskii S.S., Karakhanov R.A. The synthesis, structure, and reactions of 1, 3-oxathiacycloalkanes // Russian Chemical Reviews. 1983. Vol. 52. Issue 4. P. 350–360. <https://doi.org/1>

0.1070/RC1983v052n04ABEH002822

11. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А. Увеличение нефтеотдачи месторождений на поздней стадии разработки физико-химическими методами // Нефть. Газ. Новации. 2013. N 8 (175). С. 18–25.

12. Птицин Н.П., Сыратов Р.В., Касимов А.С. Методы увеличения нефтеотдачи на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2015. N 6-2. С. 129–131.

13. Коршунов Н.В. Методы увеличения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях: преимущества и недостатки, область применения // Современные инновации. 2019. N 6 (34). С. 16–18.

14. Павельева О.Н. Применение современных методов увеличения нефтеотдачи на примере месторождений центра Оренбургской области // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 1. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. С. 118–122.

15. Султанов Ш.Х., Андреев В.Е. Структура запасов и перспективы увеличения нефтеотдачи месторождений Дюртюлинской группы с применением микробиологических методов: тез. докл. 3-й Международной конференции по химии нефти (Томск, 02–05 декабря 1997 г.). Томск: Издательство Института химии нефти СО РАН, 1997. С. 15-16.

16. Беляева А.С., Никитина А.А., Кунакова Р.В., Мовсум-заде Э.М. Хронология развития и применения методов увеличения нефтеотдачи пластов на примере месторождений республики Башкортостан // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2016. Т. 59. N 4. С. 88–93.

17. Воробьев А.Е., Щесняк К.Е. Повышение нефтеотдачи на основе кислотной обработки продуктивного пласта // Вестник Атырауского университета нефти и газа им. С. Утебаева. 2019. N 2 (50). С. 7–19.

18. Рахманкулов Д.Л., Злотский С.С., Узикова В.Н., Исагулянц В.И. Радиальная изомеризация циклических ацеталей пентаэритрита // Журнал органической химии. 1973. Т. 9. N 6. С. 1309.

19. Рахманкулов Д.Л., Максимова Н.Е., Костюкевич Л.Л., Кантор Е.А., Злотский С.С., Королева Т.И. Взаимодействие пяти-, шести- и семичленных циклических ацеталей с n-амиловым спиртом в присутствии катионита КУ-2 // N 6. С. 1410–1411.

20. Кравец Э.Х., Злотский С.С., Мартемьянов В.С., Рахманкулов Д.Л. Жидкофазная свободнорадикальная изомеризация циклических ацеталей // Химия гетероциклических соединений. 1976. Т. 12. N 9. С. 1171–1176.

21. Брудник Б.М., Злотский С.С., Имашев У.Б., Рахманкулов Д.Л. Влияние строения на реакционную способность циклических ацеталей в реакции с озоном // Доклады Академии наук

СССР. 1978. Т. 241. N 1. С. 129–131.

22. Рахманкулов Д.Л., Мусавилов Р.С., Кантор Е.А., Мартемьянов В.С. Кинетика взаимодействия 2-изопропил-4-метил-1,3-диоксана с 4-метил-1,3-диоксоланом // Reaction Kinetics and Catalysis Letters. 1980. Т. 14. N 2. 175–180. <https://doi.org/10.1007/BF02061283>

23. Авт. св. SU 1027373 A1. Реагент для очистки призабойной зоны терригенных пластов в газовых скважинах / О.В. Пешкин, В.И. Мархасин, В.И. Павлюченко, С.С. Злотский, У.Б. Имашев, Д.Л. Рахманкулов [и др.]; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 30.10.1981; опубл. 07.07.1983.

24. Шарафиева Р.Р., Умарова Н.Н. Разработка композиционного состава для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений методами математического планирования эксперимента // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. N 5. С. 182–186.

25. Авт. св. SU 1609980 A1. Микроэмульсия для вытеснения нефти / Д.З. Шаихов, О.В. Пешкин, В.И. Павлюченко, С.С. Злотский, Д.Л. Рахманкулов; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 11.08.1988; опубл. 30.11.1990.

26. Ты Т.Н., Велиев М.М., Ле В.З. Удаление асфальтосмолопарафиновых отложений воздействием различных кислотно-щелочных систем на газожиidкостный поток // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. N 2 (96). С. 97–106.

27. Пат. № 2552434, Российская Федерация. Состав для удаления отложений из нефтяных скважин и призабойной зоны пласта / Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов, Н.И. Родионова; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти СО РАН; заявл. 17.04.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 16.

28. Авт. св. SU 1283359 A1, Российская Федерация. Способ обработки призабойной зоны водонагнетательных скважин / О.В. Пешкин, В.И. Мархасин, Д.Л. Рахманкулов, В.В. Девликамов, Р.М. Еникеев, С.С. Злотский [и др.]; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 21.06.1985; опубл. 15.01.1987. Бюл. № 2.

29. Авт. св. SU 655715 A1. Состав для удаления смолисто-асфальтеновых отложений / У.М. Байков, Ш.С. Гарифуллин, Р.Х. Хазипов, Н.Н. Силищев, Д.Л. Рахманкулов, Е.А. Кантор [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 06.07.1977; опубл. 05.04.1979. Бюл. № 13.

30. Авт. св. SU 707954 A1. Состав для удаления смолисто-асфальтеновых отложений / У.М. Байков, Ш.С. Гарифуллин, Р.Х. Хазипов, Д.Л. Рахманкулов, Н.Н. Силищев, Е.А. Кантор; заявители Башкирский государственный научно-

исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 22.09.1977; опубл. 05.01.1980.

31. Авт. св. SU 662700 A1. Реагент для удаления смолисто-асфальтовых отложений / Р.Х. Хазипов, Н.Н. Силищев, У.Б. Имашев, В.Я. Щекотурова, Д.Л. Рахманкулов; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 25.01.1978; опубл. 15.05.1979

32. Авт. св. SU 715602 A1. Реагент для удаления асфальто-смолистых и парафинистых отложений / Р.Х. Хазипов, Н.Н. Силищев, М.Г. Герасимова, Д.Л. Рахманкулов, Л.А. Сыркин, Е.А. Кантор [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 28.07.1978; опубл. 15.02.1980.

33. Авт. св. SU 730784 A1. Реагент для удаления смолисто-асфальтовых и парафинистых отложений / У.Б. Имашев, Р.Х. Хазипов, М.Г. Герасимова, С.А. Агишева, Д.Л. Рахманкулов; заявители Уфимский нефтяной институт и Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности; заявл. 13.10.1978; опубл. 30.04.1980.

34. Авт. св. SU 791942 A1. Реагент для удаления асфальто-смолистых и парафинистых отложений / У.М. Байков, Ш.С. Гарифуллин, Р.Х. Хазипов, Н.Н. Силищев, Ю.Д. Морозов, Д.Л. Рахманкулов [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 19.12.1977; опубл. 30.12.1980.

35. Авт. св. SU 651119 A1. Состав для удаления асфальто-смолистых и парафинистых отложений / У.М. Байков, Ш.С. Гарифуллин, Р.Х. Хазипов, Н.Н. Силищев, Д.Л. Рахманкулов, А.М. Сыркин А.М. [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 16.11.1977; опубл. 05.03.1979.

36. Авторское свидетельство SU 1303604 A1. Буровой раствор / Г.В. Конесев, М.Р. Мавлютов, В.Р. Рахматуллин, Д.Л. Рахманкулов, Г.К. Чуктуров, Р.Р. Хабибуллин [и др.]; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 25.12.1984; опубл. 15.04.1987. Бюл. № 14.

37. Авторское свидетельство SU 1379303 A1. Промывочная жидкость / В.Р. Рахматуллин, А.И. Спивак, М.Р. Мавлютов, Д.Л. Рахманкулов, Г.В. Конесев, З.М. Шахмаев [и др.]; заявители Уфимский институт нефти и Производственное объединение «Башнефть»; заявл. 26.03.1986; опубл. 07.03.1988. Бюл. № 9.

38. Авт. св. SU 666194 A1. Промывочная

жидкость / М.Р. Мавлютов, Г.В. Конесев, А.А. Гареев, Д.Л. Рахманкулов, Р.Г. Ягафаров, С.С. Злотский [и др.]; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 02.06.1972; опубл. 05.06.1979.

39. Авт. св. SU 514011 A1. Стимулятор растворения гипсово-углеводородных отложений / Д.Л. Рахманкулов, В.Т. Пименова, М.А. Молявко, С.Т. Кочинашвили; заявитель Уфимский нефтяной институт; аявл. 12.08.1974; опубл. 15.05.1976. Бюл. № 18.

40. Рахманкулов Д.Л., Караханов Р.А., Злотский С.С., Кантор Е.А., Имашев У.Б., Сыркин А.М. Химия и технология 1,3-диоксациклоалканов. Итоги науки и техники. Сер. Технология органических веществ. Т. 5. М.: ВИНТИ РАН, 1979. 287 с.

41. Рахманкулов Д.Л., Кантор Е.А., Караханов Р.А. Кислотно-катализируемые превращения 1,3-диоксациклоанов в жидкой фазе. Алкоголиз. Тиолиз. Эфирилиз. // Основной органический синтез и нефтехимия. 1979. N 2. С. 3–4.

42. Булдакова Н.С., Новикова Н.В., Фахриева Г.В., Жуков А.Ю., Газизянова А.Р. Формирование подходов к подбору бактерицидов для подавления жизнедеятельности сульфатовосстанавливающих бактерий // Нефтепромысловое дело. 2020. N 6 (618). С. 68–72. [https://doi.org/10.30713/0207-2351-2020-6\(618\)-68-72](https://doi.org/10.30713/0207-2351-2020-6(618)-68-72)

43. Авт. св. SU 812742 A1. Реагент для предотвращения роста сульфатовосстанавливающих бактерий / Р.Х. Хазипов, Д.Л. Рахманкулов, С.С. Злотский, О.И. Матыцина, Т.П. Котова, В.В. Зорин [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 13.06.1979; опубл. 15.03.1981. Бюл. № 10.

44. Авт. св. SU 988776 A1. Реагент для подавления жизнедеятельности сульфатовосстанавливающих бактерий / В.И. Вавер, А.М. Беклемишева, Г.К. Каратаева, В.В. Зорин, В.Н. Узикова, С.С. Злотский [и др.]; заявители Уфимский нефтяной институт и Центральная научно-исследовательская лаборатория Производственного объединения «Нижневартовскнефтегаз»; заявл. 14.04.1981; опубл. 15.01.1983. Бюл. № 2.

45. Авт. св. SU 739218 A1. Реагент для предотвращения роста сульфатовосстанавливающих бактерий / Р.Х. Хазипов, Р.Н. Хлесткин, Д.Л. Рахманкулов, А.М. Сыркин, Е.А. Кантор, Н.В. Плошкина [и др.]; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 20.06.1978; опубл. 05.06.1980. Бюл. № 21.

46. Авт. св. SU 986865 A1. Реагент для подавления сульфатовосстанавливающих бактерий / А.А. Лапшова, В.В. Зорин, В.Н. Узикова, С.С. Злотский, Д.Л. Рахманкулов, Р.А. Караха-

нов; заявитель Уфимский нефтяной институт; заявл. 02.06.1981; опубл. 07.01.1983. Бюл. № 1.

47. Авт. св. SU 1211258 A1. 3-Циклогексил-5-хлорметил-1,3-оксазолидин в качестве бактерицида для подавления роста сульфатовосстанавливающих бактерий и способ его получения / Е.С. Курмаева, О.Б. Чалова, Р.Х. Хазипов,

Т.К. Киладзе, Е.А. Кантор, Д.Л. Рахманкулов; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 31.08.1983; опубл. 15.02.1986. Бюл. № 6.

REFERENCES

1. Vil'danov FSh, Chanyshv RR, Latypova FN, Zlotskii SS. *Chemistry of acetals and their analogs in the works of D.L. Rakhmankulov scientific school*. Ufa: Gilem; 2015. 272 p. (In Russian)
2. Zlotskii SS, Latypova FN, Shavshukova SYu, Mikhailova NN. *Results and prospects of scientific and pedagogical activities of the Department of General Chemistry UNI – USPTU for 50 years*. Ufa: Bashkirskaia entsiklopediya; 2020. 88 p. (In Russian)
3. Latypova FN, Vil'danov FSh, Chanyshv RR, Zlotskii SS. Chemistry of cyclic acetals and their analogs in the works of D.L. Rakhmankulov scientific school. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii, seriya khimiya i khimicheskaya tekhnologiya = Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology*. 2015;58(8):3–21. (In Russian)
4. Rakhmankulov DL, Bikbulatov IKh, Shulaev NS, Shavshukova SYu. *Intensification of chemical processes in scientific research and industry under the influence of microwave radiation*. Moscow: Khimiya; 2003. 222 p. (In Russian)
5. Rakhmankulov DL, Zlotskii SS, Zorin VV, Safiev OG, Siraeva IN, Rol'nik LZ. *Phase transfer catalysis in 1,3-dioxacyclanes chemistry*. Moscow: Khimiya; 1993. 96 p. (In Russian)
6. Rakhmankulov DL, Kovach Ya, Krutoshnikov A, Ilovskii D, Zlotskii SS, Rol'nik LZ, et al. *Progress in chemistry of oxygen-containing heterocycles*. Ufa: Reaktiv; 1992. 152 p. (In Russian)
7. Rakhmankulov DL, Zlotskii SS, Kantor EA, Safarov MG, Zaikov GE., Zorin VV, et al. *Acetal reaction mechanisms*. Moscow: Khimiya; 1987. 291 p. (In Russian)
8. Rakhmankulov DL, Latypova FN, Zlotskii SS, et al. *Synthesis and biological activity of 1,3-diheterocycloalkanes*. Moscow: NIITEKhIM; 1985. 24 p. (In Russian)
9. Rakhmankulov DL, Zlotskii SS, Zorin VV, Imashev UB, Karakhanov RA. Radical-chain reactions of acetals in solution. *Russian Chemical Reviews*. 2018;50(8):762–774.
10. Rakhmankulov DL, Zorin VV, Latypova FN, Zlotskii SS, Karakhanov RA. The synthesis, structure, and reactions of 1, 3-oxathiacycloalkanes. *Russian Chemical Reviews*. 1983;52(4):350–360. <https://doi.org/10.1070/RC1983v052n04ABEH002822>
11. Altunina LK, Kuvshinov VA. Enhanced oil recovery for the fields at a late stage of their development by physical and chemical methods. *Neft'*. T.K. Kilaдзе, Е.А. Кантор, Д.Л. Рахманкулов; заявители Башкирский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности и Уфимский нефтяной институт; заявл. 31.08.1983; опубл. 15.02.1986. Бюл. № 6.
12. Ptitsin NP, Syryatov RV, Kasimov AS. Enhanced oil recovery methods in fields with hard-to-recover hydrocarbon reserves. *Novaya nauka: Strategii i vektory razvitiya*. 2015;6-2:129–131. (In Russian)
13. Korshunov NV. Enhanced oil recovery methods in oil fields: advantages and disadvantages, application. *Sovremennye innovatsii = Contemporary Innovations*. 2019;6:16–18. (In Russian)
14. Pavel'eva ON. Application of modern methods of enhanced oil recovery on the example of fields in the center of the Orenburg region In: *Novye tekhnologii – Neftegazovomu regionu: materialy Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh = New Technologies for the Oil and Gas Region: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists with international participation*. Tyumen: Izdatel'stvo Tyumenskogo neftegazovogo universiteta; 2015, vol.1, p. 118–122. (In Russian)
15. Sultanov ShKh, Andreev VE. Reserves structure and prospects for increasing oil recovery of the Dyurtyuli group fields using microbiological methods: *Tezisy dokladov tret'ei Mezhdunarodnoi konferentsii po khimii nefti = Proceedings of the 3-rd International Conference on Petroleum Chemistry*. 02–05 December 1997, Tomsk. Tomsk: Izdatel'stvo Instituta khimii nefti SO RAN, 1997, p. 15–16. (In Russian)
16. Belyaeva AS, Nikitina AA, Kunakova RV, Movsum-zade EM. Chronology of development and application of enhanced oil recovery methods on example of deposits of Republic of Bashkortostan. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya = ChemChemTech*. 2016;59(4):88–93. (In Russian)
17. Vorobiev AE, Sheshniak KE. Enhanced oil recovery based on acid treatment of the reservoir. *Vestnik Atyrauskogo universiteta nefti i gaza im. S. Utebaeva. = Proceedings of Atyrau Oil and Gas University*. 2019;2:7–19. (In Russian)
18. Rakhmankulov DL, Zlotskii SS, Uzikova VN, Isagulians VI. Radical isomerization of cyclic acetals of pentaerythritol. *Zhurnal organicheskoi khimii*. 1973;9(6):1309. (In Russian)
19. Rakhmankulov DL, Maksimova NE, Kosti-

ukevich LL, Kantor EA, Zlotskii SS, Koroleva TI. Interaction of five-, six- and seven-membered cyclic acetals with n-amyl alcohol in the presence of KU-2 cation exchanger. *Zhurnal prikladnoi khimii = Russian Journal of Applied Chemistry*. 1975;48(6):1410–1411. (In Russian)

20. Kravets EKh, Zlotskii SS, Martem'yanov VS, Rakhmankulov DL. Liquid-phase free-radical isomerization of cyclic acetals. *Khimiya geterotsiklicheskikh soedinenii*. 1976;12(9):1171–1176. (In Russian)

21. Brudnik BM, Zlotskii SS, Imashev UB, Rakhmankulov DL. Effect of structure on the reactivity of cyclic acetals in reaction with ozone. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1978;241(1):129–131. (In Russian)

22. Rakhmankulov DL, Musavirov RS, Kantor EA, Martem'yanov VS. Kinetics of 2-isopropyl-4-methyl-1,3-dioxane interaction with 4-methyl-1,3-dioxolane. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*. 1980;14(2):175–180. (In Russian) <https://doi.org/10.1007/BF02061283>

23. Peshkin OV, Markhasin VI, Pavlyuchenko VI, Zlotskii SS, Imashev UB, Rakhmankulov DL, et al. Agent for cleaning the bottomhole area of terrigenous formations in gas wells. Inventor's certificate USSR, no. SU 1027373 A1; 1983. (In Russian)

24. Sharafieva RR, Umarova NN. Developing a composition for removing asphaltic resinous paraffin deposits using mathematical experiment design methods. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*. 2018;21(5):182–186. (In Russian)

25. Shaikhov DZ, Peshkin OV, Pavlyuchenko VI, Zlotskii SS, Rakhmankulov DL. Microemulsion for displacing oil. Inventor's certificate USSR, no. SU 1609980 A1; 1990. (In Russian)

26. Ty TN, Veliev MM, Le VD. Asphalt-tar-wax deposit removal by gas-liquid flow treatment with various acid-alkali systems. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov*. 2014;2:97–106. (In Russian)

27. Altunina LK, Kuvshinov VA, Rodionova NI. Composition for sediment removal from oil wells and reservoir bottomhole zone. Patent RF, no. RU 2552434 C1; 2014. (In Russian)

28. Peshkin OV, Markhasin VI, Rakhmankulov DL, Devlikamov VV, Enikeev RM, Zlotskii SS, et al. Method for treatment of bottomhole zone of water injection wells. Inventor's certificate USSR, no. SU 1283359 A1; 1987. (In Russian)

29. Baikov UM, Garifullin ShS, Khazipov RKH, Silishchev NN, Rakhmankulov DL, Kantor EA, et al. Composition for removing tar-asphaltene deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 655715 A1; 1979. (In Russian)

30. Baikov UM, Garifullin ShS, Khazipov RKH, Rakhmankulov DL, Silishchev NN, Kantor EA. Composition for removal of asphalt-resin-wax deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 707954

A1; 1980. (In Russian)

31. Khazipov RKH, Silishchev NN, Imashev UB, Shchekoturova VYa, Rakhmankulov DL. Reagent for removal of tar-asphaltene deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 662700 A1; 1980. (In Russian)

32. Khazipov RKH, Silishchev NN, Gerasimova MG, Rakhmankulov DL, Syrkin AM, Kantor EA. Reagent for removal of asphalt-tarry and paraffinic deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 715602 A1; 1980. (In Russian)

33. Imashev UB, Khazipov RKH, Gerasimova MG, Agisheva SA, Rakhmankulov DL. Reagent for removal of asphaltene sediments. Inventor's certificate USSR, no. SU 730784 A1; 1980. (In Russian)

34. Baikov UM, Garifullin ShS, Khazipov RKH, Silishchev NN, Morozov YuD, Rakhmankulov DL. Reagent for removal of asphaltene sediments. Inventor's certificate USSR, no. SU 791942 A1; 1980. (In Russian)

35. Baikov UM, Garifullin ShS, Khazipov RKH, Silishchev NN, Rakhmankulov DL, Syrkin AM, et al. Composition for removal of asphalt-resinous and paraffinic deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 651119 A1; 1979. (In Russian)

36. Konesev GV, Mavlyutov MR, Rakhmatullin VR, Rakhmankulov DL, Chukturov GK, Khabibullin RR, et al. Drilling mud. Inventor's certificate USSR, no. SU 1303604 A1; 1987. (In Russian)

37. Rakhmatullin VR, Spivak AI, Mavlyutov MR, Rakhmankulov DL, Konesev GV, Shakhmaev ZM, et al. Flushing liquid. Inventor's certificate USSR, no. SU 1379303 A1; 1988. (In Russian)

38. Mavlyutov MR, Konesev GV, Gareev AA, Rakhmankulov DL, Yagafarov RG, Zlotskii SS, et al. Flushing liquid. Inventor's certificate USSR, no. SU 666194 A1, 1979. (In Russian)

39. Rakhmankulov DL, Pimenova VT, Molyavko MA, Kochinashvili ST. Stimulator of dissolution of gypsum-hydrocarbon deposits. Inventor's certificate USSR, no. SU 514011 A1, 1976. (In Russian)

40. Rakhmankulov DL, Karakhanov RA, Zlotskii SS, Kantor EA, Imashev UB, Syrkin AM. Chemistry and technology of 1,3-dioxacycloalkanes. Results of Science and Technology. Series Technology of organic substances. Vol. 5. Moscow: VINITI RAN; 1979. 287 p. (In Russian)

41. Rakhmankulov DL, Kantor EA, Karakhanov RA. Acid-catalyzed transformations of 1,3-dioxacyclanes in the liquid phase. Alcoholysis. Thiols. Etherolysis. Basic organic synthesis and petrochemistry. 1979;2:3–4. (In Russian)

42. Buldakova NS, Novikova NV, Fakhrieveva GV, Zhukov AYU, Gazizyanova AR. Formation of approaches to the selection of bactericides to suppress the vital activity of sulphate-reducing bacteria. *Neftepromyslovoe delo = Oilfield Engineering*. 2020;6:68–72. (In Russian) [https://doi.org/10.30713/0207-2351-2020-6\(618\)-68-72](https://doi.org/10.30713/0207-2351-2020-6(618)-68-72)

43. Khazipov RKH, Rakhmankulov DL, Zlotskii

SS, Matytsina OI, Kotova TP, Zorin VV, et al. *Reagent for preventing growth of sulfate-reducing bacteria*. Inventor's certificate USSR, no. SU 812742 A1, 1981. (In Russian)

44. Vaver VI, Beklemisheva AM, Karataeva GK, Zorin VV, Uzikova VN, Zlotskii SS, et al. *Reagent for suppressing the vital activity of sulfate-reducing bacteria*. Inventor's certificate USSR, no. SU 988776 A1, 1983. (In Russian)

45. Khazipov RKh, Khlestkin RN, Rakhmankulov DL, Syrkin AM, Kantor EA, Ploshkina NV, et al. *Reagents for preventing growth of sulfate-reducing*

bacteria. Inventor's certificate USSR, no. SU 739218 A1, 1980. (In Russian)

46. Lapshova AA, Zorin VV, Uzikova VN, Zlotskii SS, Rakhmankulov DL, Karakhanov RA. *Reagent for inhibiting sulfate-reducing bacteria*. Inventor's certificate USSR, no. SU 986865 A1, 1983. (In Russian)

47. Kurmaeva ES, Chalova OB, Khazipov RKh, Kiladze TK, Kantor EA, Rakhmankulov DL. *3-Cyclohexyl-5-chloromethyl-1,3-oxazolidine as a bactericide for inhibiting growth of sulfate-reducing bacteria and a method for its preparation*. Inventor's certificate USSR, no. SU 1211258 A1, 1986. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михайлова Наталья Николаевна,

к.х.н., доцент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
Российская Федерация,
✉ e-mail: ximik2008@mail.ru

Мамлеева Альбина Вилевна,

аспирант,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
Российская Федерация,
e-mail: albina.mamlieva@mail.ru

Тептерева Галина Алексеевна,

д.т.н., доцент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
Российская Федерация,
e-mail: teptereva.tga@yandex.ru

Шавшукова Светлана Юрьевна,

д.т.н., профессор кафедры общей,
аналитической и прикладной химии,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
Российская Федерация,
e-mail: sshavshukova@mail.ru

Злотский Семен Соломонович,

д.х.н., профессор,
заведующий кафедрой общей, аналитической
и прикладной химии,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет,
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,
Российская Федерация,
e-mail: nocturne@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natalia N. Mikhailova,

Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064,
Russian Federation,
✉ e-mail: ximik2008@mail.ru

Albina V. Mamlieva,

Postgraduate Student,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064,
Russian Federation,
e-mail: albina.mamlieva@mail.ru

Galina A. Teptereva,

Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064,
Russian Federation,
e-mail: teptereva.tga@yandex.ru

Svetlana Yu. Shavshukova,

Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Department of General, Analytical
and Applied Chemistry,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064,
Russian Federation,
e-mail: sshavshukova@mail.ru

Semyon S. Zlotskii,

Dr. Sci. (Chemistry), Professor,
Head of the Department of General, Analytical
and Applied Chemistry,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064,
Russian Federation,
e-mail: nocturne@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила в редакцию 15.02.2021.

Одобрена после рецензирования 28.02.2021.

Принята к публикации 28.02.2021.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 15.02.2021.

Approved after reviewing 28.02.2021.

Accepted for publication 28.02.2021.