

18+

КНИИ
им. Х.И. Ибрагимова
РАН

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. Х.И. ИБРАГИМОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
KH. IBRAGIMOV COMPLEX INSTITUTE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES (CI RAS)

**Вестник КНИИ РАН.
Серия «Естественные и технические науки»**

ВЕСТНИК КНИИ РАН

•2023•№ 3 (14)•

№ 3 (14) 2023

Научный журнал

**ВЕСТНИК КНИИ РАН. СЕРИЯ
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Scientific journal

**BULLETIN CI RAS. SERIES
«NATURALAND TECHNICAL SCIENCES»**

УДК 05
ББК 95
В 387

**Вестник КНИИ РАН. Серия
«Естественные и технические науки»**

Учредители журнала:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Комплексный научно-исследовательский институт им Х. И. Ибрагимова РАН

Издается с 2020 года

Периодичность: 4 раза в год

Founders of the magazine:

Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences

Published since 2020

Frequency: 4 times in year

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации

Эл № ФС77-83326 от 19.05.2022 года

Журнал включен в РИНЦ

Адрес редакции/издателя: 364051,

ул. Вахи Алиева (Старопромысловское шоссе) д. 21 а), г. Грозный

<http://kniiranvestnik.ru/?i=1>

e-mail: vestnik_kniiran@mail.ru

Главный редактор

Батаев Д.К.-С., доктор технических наук, профессор, директор Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Заместители главного редактора

Осмаев А.Д., доктор исторических наук, доцент, зам. директора Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Ибрагимов Канга Х., доктор экономических наук, профессор, зам. директора Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Ответственный секретарь

Ганиева М.М., младший научный сотрудник Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Редакционная коллегия

Автаева Т.А., кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела биологических исследований Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН.

Батукаев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией виноградарства Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Гаплаев М.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, директор Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Дадашев Р.Х., доктор физико-математических наук, профессор, академик Академии наук Чеченской Республики, главный научный сотрудник Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Джамбулатов Р.С., кандидат физико-математических наук, заведующий отделом физико-математических исследований, ученый секретарь Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова РАН.

Даукаев А.А., доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом проблем топливно-энергетического комплекса Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН.

Забураева Х.Ш., доктор географических наук, главный научный сотрудник отдела проблем топливно-энергетического комплекса Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН.

Ибрагимов Кюри Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории социально-политических исследований Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН.

Мажиев Х.Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова.

Мицаев Ш.Ш., доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией ветеринарной медицины Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Тайсумов М.А., доктор биологических наук, профессор, вице-президент Академии наук Чеченской Республики.

Умаров М.У., доктор биологических наук, доцент, заведующий отделом биологии и экологии Академии наук Чеченской Республики.

Умхаева З.С., доктор физико-математических наук, профессор, заведующая отделом материаловедения Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН.

Хасбулатова З.С., доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой химии и методики ее преподавания Чеченского государственного педагогического университета.

Editor in chief

Bataev D.K.-S., doctor of technical Sciences, Professor, Director of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Deputy editor

Osmaev A.D., doctor of historical Sciences, docent, Deputy Director of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Ibragimov Kanta. Kh., doctor of economics Sciences, Deputy Director of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Executive Secretary

Ganieva M.M., junior researcher at the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Editorial Board

Avtaeva T.A., candidate of biological Sciences, docent, leading researcher of the Department of biological sciences of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Batukaev A.A., doctor of agricultural Sciences, Professor, head of the Laboratory of Viticulture of the Chechen research Institute of agriculture.

Gaplaev M.Sh., doctor of agricultural Sciences, director of the Chechen research Institute of agriculture.

Dadashev R.Kh., doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, academician of the Academy of Sciences of the Chechen Republic, Chief Scientific Officer of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Dzhambulatov R.S., candidate of physical and mathematical Sciences, head of the Department of physical and mathematical research, Scientific secretary of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Daukaev A.A., doctor of geological and mineralogical Sciences, head of the Department of problems of the fuel and energy complex of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Zaburaeva Kh.Sh., doctor of geographical Sciences, chief scientific worker of Department of problems of fuel and energy complex of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Ibragimov Curie Kh., doctor of agricultural Sciences, Professor, chief researcher of the laboratory of social and political research of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Mazhiev Kh.N., doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department of "Building structures" of the Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov

Mitsaev Sh.Sh., doctor of veterinary Sciences, head of the laboratory of veterinary medicine of the Chechen research Institute of agriculture.

Soltakhanov Sh.Kh., doctor of physical and mathematical Sciences, docent, Professor of the Department of Applied mathematics and computer technologies of the Chechen state University.

Taisumov M.A., doctor of biological Sciences, Professor, vice president of the Academy of Sciences of the Chechen Republic.

Umarov M.U., doctor of biological Sciences, docent, head of the Department of biology and Ecology of the Academy of Sciences of the Chechen Republic.

Umkhaeva Z.S., doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, head of the department of materials science of the Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.

Khasbulatova Z.S., doctor of chemical Sciences, Professor, head of the Department of chemistry and methods of teaching of the Chechen state pedagogical University.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бабаев Э.Р., Алишанбейли Г.В.

Азотсодержащие гетероциклы в качестве ингибиторов коррозии.....10

Джамбулатов Р.С., Альтемиров М.А.

Исследования поверхностных явлений в двойных и тройных растворах органических веществ.....20

Межидов В.Х., Дадашев Р.Х.

Особенности процесса синерезиса гидрогеля бентонита.....30

Мехдиева Л.А., Мамедова П.Ш., Бабаев Э.Р.

Применение оснований шиффа в качестве ингибиторов коррозии.....38

Сулейманова Э.И.

Применение физико-химических методов анализа для определения серина.....49

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аларханова З.З., Якубов А.В.

Вклад докторов химических наук Чеченской Республики в развитие науки и образования58
(часть 1 – доктора химических наук)

Гаджиева Г.Э., Мамедбейли Э.Г., Астанова А.Д.

Применение соединений редкоземельных металлов в качестве катализаторов реакции аминотетирования.....70

Магеррамова Л.М.

О методах спектрофотометрического определения марганца.....79

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гишлакаев С.У., Гайрабекова Т.И.

Создание отзывчивых интерфейсов с React и CSS Flexbox.....89

Гишлакаев С.У., Гайрабекова Т.И.

Серверный рендеринг в React с использованием JavaScript преимущества и реализация.....93

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Абубакарова Э.А., Якубов А.В.

Вклад Даукаева Аруна Абалхановича в нефтегазовую геологию и историю науки (к 70-летию со дня рождения).....99

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мамедбейли Э.Г., Ганбарова Ф.Д.

Регуляторы роста растений на основе

нефтяных кислот и их солей.....103

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Babayev E.R., Alishanbeyli G.V.

Nitrogen-containing heterocycles as corrosion inhibitors.....10

Dzhambulatov R.S., Altemirov M.A.

Studies of surface phenomena in double and ternary solutions of organic substances.....20

Mezhidov V.Kh., Dadashev R.Kh.h

Peculiarities of syneresis process of bentonite hydrogel.....30

Mehdiyeva L.A., Mammadova P.Sh., Babayev E.R.

Application of schif bases as a corrosion inhibitors.....38

Suleymanova E.I.

Application of physico-chemical methods of analysis for the determination of serine.....49

CHEMICAL SCIENCES

Alarkhanova Z.Z., Yakubov A.V.

Contribution of doctors of chemical sciences of the Chechen Republic in the development of science and education (part 1 – doctors of chemical sciences).....58

Hadjiyeva G.E., Mammadbayli E.H., Astanova A.D.

Application of rare-earth metal compounds as catalysts of the aminomethylation reaction.....70

Magerramova L.M.

About methods of spectrophotometric determination of Manganese.....79

TECHNICAL SCIENCES

Gishlakaev S.U., Gayrabekova T.I.

Creating responsive interfaces with React and CSS Flexbox.....89

Gishlakaev S.U., Gairabekova T.I.

Server rendering in react using javascript advantages and implementation.....93

SCIENCE OF EARTH

Abubakarova E.A., Yakubov V.V.

Contribution of Daukaev Arun Abalkhanovich in oil and gas geology and the history of science (to the 70th anniversary of his birth).....99

BIOLOGICAL SCIENCES

Mammadbayli E.H., Qanbarova F. D.

plant growth regulators based on petroleum acids and their salts.....103

УДК 547.541.2.

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.14.3.001

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

© Бабаев Эльбей Расим оглу (а), Алишанбейли Гюнай Вугар гызы (b)

(а) Институт Химии Присадок, Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, в.н.с.
лаборатории «Защитные органические соединения», elbeibabaev@yahoo.de

(b) Институт Химии Присадок, Азербайджан, г. Баку; докторант

Аннотация. Азотсодержащие гетероциклические соединения находят широкое применение в различных сферах производства и сельского хозяйства. Они используются в качестве медицинских препаратов в фармакологии и фармакохимии, модификаторы полимерных материалов, в качестве лигандов для каталитических систем, а также наиболее широкое применение они находят в качестве ингибиторов коррозии. В представленной статье показаны результаты исследований в области применения азотсодержащих гетероциклов в качестве ингибиторов коррозии.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, азотсодержащие гетероциклы, триазины, азолы, изатины, пиридины, пирролы.

NITROGEN-CONTAINING HETEROCYCLES AS CORROSION INHIBITORS

© Babayev Elbey Rasim (a), Alishanbeyli Gunay Vugar (b)

(a) Institute of Chemistry of Additives, Azerbaijan, Baku; Candidate of Chemical Sciences, V.N.S.
Laboratory of "Protective Organic Compounds", elbeibabaev@yahoo.de

(b) Institute of Chemistry of Additives, Azerbaijan, Baku; PhD student

Abstract. Nitrogen-containing heterocyclic compounds are widely used in various fields of production and agriculture. They are used as medicines in pharmacology and pharmacochemistry, modifiers of polymeric materials, as ligands for catalytic systems, and they are most widely used as corrosion inhibitors. This article shows the results of research in the field of application of nitrogen-containing heterocycles as corrosion inhibitors.

Key words: corrosion inhibitors, nitrogen-containing heterocycles, triazines, azoles, isatins, pyridines, pyrroles.

Азотсодержащие гетероциклы составляют важный раздел органической химии. Структурное и функциональное разнообразие азотсодержащих гетероциклических соединений обусловлено наличием и природой гетероатома, который оптимизирует соединение для конкретного применения. Было обнаружено, что гетероциклы азота имитируют различные эндогенные метаболиты и натуральные продукты, что подчеркивает их ключевую роль в разработке современных лекарств. Их применение разнообразно и преимущественно используется в качестве фармацевтических препаратов, ингибиторов коррозии, полимеров, агрохимикатов, красителей, проявителей и т.д. Кроме того, их каталитическое поведение сделало эти соединения известными предшественниками в синтезе различных важных органических соединений. Скорость, с которой синтезируются гетероциклы азота, объясняет жизнеспособность и полезность этой области органической химии [1].

Было установлено, что органические соединения, содержащие гетероатомы, проявляют замечательную тенденцию к уменьшению коррозии, которая обеспечивается наличием электронных облаков, состоящих из неподеленных пар, пи-электронов, позволяющих им адсорбироваться по сравнению с металлическими эквивалентами. Из-за наличия азота в виде гетероатомов эти соединения широко используются для уменьшения коррозии. В статье [2] рассматриваются различные гетероциклические органические соединения, такие как имидазол, триазол, пиридин, пиразол, хинолин, тетразол, пиримидин, пуридин и пиррол, содержащие азот в качестве основного гетероатома в связи с их антикоррозионными свойствами. Антикоррозионные свойства этих соединений на основе азота в кислых условиях были продемонстрированы с использованием всех доступных экспериментальных методов, таких как EIS, PDP и другие теоретические исследования, такие как DFT и MD. Кроме того, в работе было отмечено и подчеркнуто изменение тенденции ингибирующей эффективности этих соединений.

В работе [3] рассмотрено современное состояние исследований по защите металлов от коррозии в растворах неорганических кислот шестичленными N-содержащими гетероциклическими соединениями. Обсуждаются особенности механизма их защитного действия. Отмечена возможность защиты металла составами, содержащими эти соединения, даже при высокотемпературной коррозии. N-содержащие шестичленные гетероциклические соединения склонны к адсорбции на металлических поверхностях из растворов неорганических кислот. Исходя из значений свободной энергии адсорбции этих ингибиторов коррозии (КИ) на металлических поверхностях, можно с большой долей вероятности считать, что они в основном связаны с металлом физическими силами, но при адсорбции на его поверхности замедляют катодную и анодную реакции, и в конечном итоге препятствуют его коррозии. Наибольший интерес представляют соединения, содержащие атомы S или объемные заместители. Эти соединения сильнее адсорбируются на металлах и ведут себя как более эффективные ИК. Часто бывает, что такие КИ тормозят коррозию металла в растворах HCl, но значительно слабее в H₂SO₄, HClO₄ и H₃PO₄. Известный способ повышения защитного действия N-содержащих шестичленных гетероциклических КИ в этих средах заключается в сочетании их с анионными добавками, например галогенидными или роданид-анионами. Обсуждаемые гетероциклы ведут себя как КИ в «холодных» растворах, но теряют эти свойства при более высоких температурах. В литературе имеются примеры использования шестичленных N-содержащих гетероциклов в качестве КИ различных сталей и цветных металлов (Al, Cu, Sn, Zn и их сплавов). Промышленное применение индивидуальных шестичленных N-содержащих гетероциклов и их производных для защиты металлов в кислых средах малоперспективно и неоправданно. Эти

соединения целесообразнее использовать в составе смесей ингибиторов. Смешанные КИ, содержащие эти соединения, могут препятствовать коррозии даже в таких агрессивных средах, как высокотемпературные растворы HCl или горячие растворы H₃PO₄. Основу для создания перспективных смешанных ингибиторов коррозии металлов в кислотах следует искать среди шестичленных гетероциклических соединений, содержащих два и более атома азота, или соединений, полученных из природного сырья.

Вычислительные методы являются важным инструментом для точного анализа антикоррозионной эффективности органических соединений и их производных. Теория функции плотности, метод Монте-Карло и моделирование молекулярной динамики в основном используются для оценки теоретических свойств органических молекул. В теоретическом исследовании легко предсказываются химическое или физическое взаимодействие, адсорбционный и электронно-донорно-акцепторный механизм между молекулой ингибитора и поверхностью металла. В этой работе [4] были рассмотрены современные тенденции развития азотсодержащих гетероциклических соединений в качестве ингибиторов сырой коррозии.

Среди основных азотсодержащих гетероциклических соединений, используемых в качестве ингибиторов коррозии можно выделить представители следующих классов:

1) Производные азолов

Многие органические ингибиторы коррозии являются сложными и могут включать в себя сложные химические структуры, смесь различных веществ или требовать многочисленных и утомительных стадий приготовления. В работе [5] авторы демонстрируют ингибирование соединениями на основе триазола и имидазола, которые синтезируются одностадийным методом и обладают строгой химической структурой. Ингибирующее действие изучали на коррозию низкоуглеродистой стали в 1,0 М растворе HCl при 40°C методами электрохимической импедансной спектроскопии (ЭИС), потенциодинамической поляризации и потери массы. Результаты электрохимических измерений показали, что ароматические соединения эффективно ингибируют коррозию в кислой среде, так что эффективность ингибирования возрастает с увеличением концентрации ингибитора. Соединение на основе триазола обладало наилучшей ингибирующей активностью (эффективность >90%), за ним следует соединение на основе имидазола (~85%) при концентрации 850 мкМ. Эти результаты были подтверждены анализами, полученными с помощью сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии, которые показали улучшение топологии низкоуглеродистой стали и уменьшение шероховатости поверхности до пяти раз, а также рентгеновской дифракции, которая выявила степень образования оксидного слоя. Кроме того, адсорбция защитного слоя ингибитора на поверхности металла была подтверждена спектроскопией комбинационного рассеяния, в то время как основные режим и механизм были постулированы на основе изотермы ленгмюровской адсорбции и вычислительных исследований, которые показали хорошую корреляцию между ингибирующей способностью и электронодонорной способностью соединений.

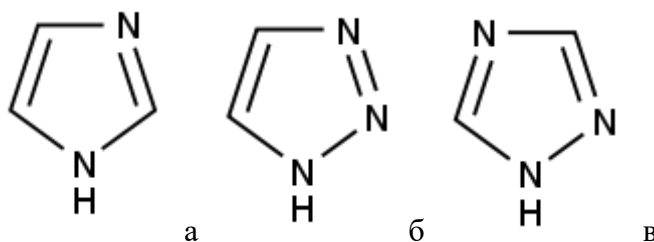


Рис.1. а) имидазол; б) 1,2,3-триазол; в) 1,2,4-триазол

Методами потери веса, газометрии, постоянного и переменного тока изучено влияние различных гетероциклических соединений, содержащих атомы азота, кислорода, серы или селена, на коррозию стали марки 304SS в 2М растворе серной кислоты [6]. Было обнаружено, что эффективность ингибирования исследуемых соединений соответствует порядку 2-метилбензоселеназол (2-МБС) > 2-метилбензотиазол (2-МБТ) > 2-метилбензоксазол (2-МБО) > 2-метилбензимидазол (2-МБИ); изотермы адсорбции следуют изотерме Фрумкина и термодинамической/кинетической модели. Поляризаационные кривые показали, что эти соединения действовали за счет уменьшения доступной площади поверхности без изменения механизма реакции. Стабильность сформированной пленки проверяли методом импеданса переменного тока.

Для борьбы с металлической коррозией и соответствующими нежелательными последствиями применение соединений - ингибиторов коррозии является хорошо известным методом. В связи с этим широкий спектр органических гетероциклических молекул использовался в качестве антикоррозионных агентов для нескольких систем металл/среда. Соединения на основе азола, а именно молекулы N-азола, N и S-азола (т.е. тиазола) и N- и O-азола (т.е. оксазола), а также их производные, продемонстрировали превосходную способность действовать в качестве эффективных ингибиторов коррозии для различных металлов и сплавов в различных агрессивных средах [7]. С этой целью авторы обсуждают возможность применения этих соединений в качестве замедлителей коррозии металлов, а также связанные с ними результаты, отмеченные в последние годы.

В работе [8] ингибирование коррозии низкоуглеродистой стали в 0,5 М соляной кислоте шестью синтезированными азотсодержащими гетероциклическими соединениями изучали с помощью измерения потери массы. Эффективность ингибирования превышала 95%. Отличные характеристики ингибитора объясняются образованием защитной адсорбционной пленки на поверхности стали. Структуры соединений были подтверждены инфракрасным анализом с преобразованием Фурье и ядерно-магнитным резонансом. Адсорбция ингибитора на поверхности стали протекает по изотерме адсорбции Ленгмюра. Квантово-химические расчеты также были приняты для выяснения механизма ингибирования.

Синтезированы N-содержащие производные гетероциклического бензотриазола в качестве нового ингибитора коррозии для мягкой стали, содержащейся в эмульсии, и их ингибирующее поведение для мягкой стали (MS) было исследовано с помощью экспериментов и теоретических расчетов, и это исследование направлено на доказательство того, что два новых ингибитора обладают отличной эффективностью ингибирования коррозии стали [9]. Два соединения 2-(1H-бензо[d][1,2,3] триазол-1-ил)-N,N-диоктилацетамид (BTN) и O-(3-(1H-бензо[d][1,2,3]триазол-1-ил)пропил)S-(2-(диоктиламино)-2-оксоэтил)карбодитиоат (BTSC) в качестве нового ингибитора коррозии, и их ингибирующее поведение в отношении MS, содержащейся в эмульсии, исследованы с помощью гравиметрического эксперимента, электрохимического испытания и теоретические расчеты. Результаты гравиметрического эксперимента, электрохимические тесты показывают, что BTSC демонстрирует отличные характеристики ингибирования и имеет более высокую эффективность ингибирования 96,6%, чем BTN. Полученные адсорбционные пленки из BTN/BTSC, адсорбированные на MS, эффективно ингибируют коррозию MS в основном за счет хемосорбции и следуют изотерме адсорбции Ленгмюра. Экспериментальные и теоретические расчеты показывают, что два новых синтезированных ингибитора являются отличными ингибиторами коррозии для MS, содержащейся в

эмульсии. Электроны ингибиторов в основном фокусируются на атомах С, N, S и O, что свидетельствует о том, что эти атомы являются центрами отрицательного заряда, и они поставляют электроны атомам Fe через координационные связи.

В работе [10] сообщается о многочисленных органических ингибиторах для ингибирования коррозии различных металлов. Установлено, что синтетические гетероциклические соединения, содержащие атомы с высокой электроотрицательностью, такие как азот, сера, кислород или фосфор, очень эффективно предотвращают коррозию металлов. В последние годы развивается тенденция анализа соединений, содержащих 1,2,4-триазольный фрагмент, для ингибирования коррозии металлов, как триазольного ядра, содержащего три атома азота в одном кольце. Целью этой статьи является рассмотрение полезности производных 1,2,4-триазола для ингибирования коррозии различных металлов и сплавов в кислотно-щелочной среде.

Коррозия низкоуглеродистой стали (MS) является глобальной проблемой, которая сильно влияет на промышленную и природную среду. Для продления срока службы приборов необходим контроль MS-коррозии. Для защиты MS от коррозии, особенно в кислой среде, одним из практических и лучших подходов является применение ингибиторов. Производные триазола являются экологически чистыми ингибиторами коррозии (КИ), обладающими незначительной токсичностью, превосходной эффективностью ингибирования (ИЭ) против коррозии MS и чрезвычайно высокой экономической эффективностью. В этом критическом обзоре [11] обсуждается общее влияние температуры, концентрации, времени после применения ХИ и типа кислоты на ИЭ производных триазола. Также в обзоре представлено достаточное количество информации об особенностях КИ; краткое изложение сообщаемых свойств ингибиторов на основе триазола, КИ в промышленности и текущих требований промышленности; и рекомендации и последствия для исследователей по улучшению ИЭ. Кроме того, в обзоре также показаны механизмы действия и ИЭ, которые оцениваются по параметрам потенциодинамической поляризации в различных кислых средах и концентрациях ингибиторов триазола.

2) Производные пиридина

Влияние ароматических колец на способность пиридина, хинолина и 1,10-фенантролина ингибировать коррозию низкоуглеродистой стали исследовали с использованием методов, включая измерение потенциодинамической поляризации (РРМ), спектроскопию электрохимического импеданса (EIS), сканирующую электрохимическую микроскопию (SEM), квантовый расчет и молекулярно-динамическое (МД) моделирование. Результаты показывают, что 1,10-фенантролин лучше всего ингибирует коррозию низкоуглеродистой стали с наивысшей эффективностью 80,40 % при концентрации 10^{-2} М согласно РРМ. Эффективность ингибирования коррозии пиридином и хинолином составляет 46,00 % и 64,00 % соответственно в тех же условиях. Методы EIS и РРМ дают аналогичные результаты. Появление в молекулах ароматических колец и гетероатомов азота значительно улучшает ингибирующую способность ингибиторов к низкоуглеродистой стали. Изучение моделей изотерм адсорбции показывает, что адсорбция пиридина, хинолина и 1,10-фенантролина на поверхности стали протекает по модифицированной изотерме Ленгмюра. Кроме того, теоретическая оценка показывает, что 1,10-фенантролин является лучшим ингибитором по молекулярным параметрам. МД-моделирование не только обеспечивает вид сверху и сбоку на протонированные ингибиторы на поверхности Fe(110), но также рассчитывает их энергию связи в моделируемой среде. В целом результаты теоретических расчетов очень хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями.

В патенте [13] описываются новые соединения, которые можно использовать в качестве ингибиторов коррозии металлов. Соединения представляют собой N-арил- или N-алкилзамещенные галогениды пиридиния, в которых само пиридиновое кольцо дополнительно связано с одним или несколькими гетероатомами, содержащими алкильные или арильные группы.

Эффективность ингибирования коррозии производными пиридина (4-метилпиридин и его четвертичные аммониевые соли) и серосодержащими соединениями (тиомочевина и меркаптоэтанол) с различными молярными соотношениями на углеродистой стали в CO_2 -насыщенном 3,5 мас. % растворе NaCl исследовали методами потери массы, потенциодинамической поляризации, электрохимической импедансной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Синергетический механизм ингибирования коррозии смешанными ингибиторами был выяснен теоретическим расчетом и моделированием. Молекулы производных пиридина с большим объемом преимущественно адсорбируются на поверхности металла, а молекулы серосодержащих соединений с меньшим объемом заполняют вакансии. Плотная адсорбционная пленка будет образовываться при добавлении 4-PQ и серосодержащих соединений в надлежащем молярном соотношении [14].

Гетероциклические соединения на основе азота широко используются в качестве ингибиторов коррозии из-за их способности образовывать прочные координационные связи с атомами металлов [15]. В этой обзорной статье рассмотрено антикоррозионное действие соединений на основе пиридина. В целом производные пиридина с электроноакцепторными и электронодонорными заместителями проявляли более высокий антикоррозионный эффект, чем нативный пиридин. Производные пиридина, содержащие полярные заместители во 2-м и 6-м положениях, образуют высокоустойчивые хелатирующие комплексы. Моно- (2-е положение) и ди- (2-е и 6-е положения) замещенные производные пиридина предпочтительно действуют как бидентатные и тридентатные лиганды соответственно. Изучение литературы показало, что имеются различные отчеты об антикоррозионном поведении органических ингибиторов коррозии на основе пиридина. В целом, изотерма адсорбции и расчетный анализ показывают, что N-гетероциклы на основе пиридина взаимодействуют с металлической поверхностью, используя донорно-акцепторное взаимодействие, и они приобретают относительно плоскую ориентацию на металлической поверхности. На данный момент различные семейства N-гетероциклов на основе пиридина широко используются в качестве ингибиторов коррозии металлов.

3) Производные триазинов

В работе [16] три вида триазинов были синтезированы с помощью реакции конденсации для подавления коррозии в сточных водах нефтяных месторождений. Полученные триазины охарактеризованы методами инфракрасной спектроскопии и газовой хроматографии-масс-спектрометрии и показана их эффективность в качестве экологически чистых ингибиторов коррозии в серосодержащих сточных водах нефтепромыслов. Для этого использовали метод потери массы и теорию твердо-жидкостной адсорбции. Результаты показали, что триазин II был наиболее эффективным ингибитором коррозии из трех, а максимальная эффективность ингибирования триазина II (800 мг/л) может быть выше и достигает 97,66%. Адсорбция ингибитора согласовывалась с предположением Ленгмюра об изотерме адсорбции. Процесс носил самопроизвольный и химический характер адсорбции. Механизм ингибирования коррозии был дополнительно объяснен реакцией десульфуризации и теорией координационных связей, что указывает на то, что триазины могут быть десульфуризаторами для синергизма их ингибирования коррозии в серосодержащих сточных водах нефтяных месторождений. А их легкая

адсорбция на стальной поверхности объясняется образованием азотом связей с атомами кислорода с изолированными электронными парами. Все приведенные выше экспериментальные результаты указывают на то, что они обладают отличными характеристиками по ингибированию коррозии, что позволяет использовать их в сточных водах нефтяных месторождений.

В работе [17] дана сравнительная оценка антикоррозионных свойств производных азолов и триазинов. Гетероциклические соединения, включающие атомы N, O, S и P, обладают превосходным потенциалом ингибирования коррозии благодаря их способности координироваться и связываться с металлическими субстратами. Для предотвращения коррозии в различных экстремальных условиях, таких как кислотное травление, подкисление нефтяных скважин, кислые, кислые и накипные среды, наиболее часто используются азотсодержащие гетероциклические соединения. Гетероциклические соединения на основе азота эффективно адсорбируются на поверхности металла, используя несвязывающие электроны азота и другие места адсорбции. Эти соединения действуют как мощные лиганды. Когда их производные соответствующим образом замещены, они объединяются с металлом и ионами металлов с образованием хелатирующих комплексов, которые защищают металлические соединения от агрессивных сред и, таким образом, предотвращают коррозию. Обзор литературы показывает, что азолы и триазины, а также другие N-гетероциклические соединения, имеющие один, два, три и более атомов азота, особенно эффективно снижают коррозионное воздействие в водных электролитах. Также было рассмотрено образование хелатов гетероциклическими соединениями на основе азота и их способность предотвращать коррозию.

4)Производные изатинов

Три органических ингибитора на основе 5-хлоризатиновых оснований, а именно 1-аллил-5-хлориндолин-2,3-дион (TZACI), 5-хлор-1-(2-(диметиламино)этил)индолин-2,3-дион (TZCDI), 5-хлор-1-октилиндолин-2,3-дион (TZCOI) оказывали влияние на ингибирование коррозии мягкой стали в 1,0 М растворе соляной кислоты [18]. Эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации соединения в случае этих трех ингибиторов, которые имеют поведение смешанного типа, предполагаемое поляризационными исследованиями. Измерения импеданса показали, что после добавления ингибиторов сопротивление переносу заряда увеличилось, а емкость двойного слоя уменьшилась, что привело к увеличению эффективности ингибирования. Адсорбция трех ингибиторов на поверхности стали подчинялась модели Ленгмюра. Свободная энергия адсорбции показала, что тип адсорбции был физическим для TZACI и химическим для TZCDI, TZCOI. Сканирующий электронный микроскопический анализ подтверждает образование защитной пленки на поверхности.

В работе [19] описывается синтез и характеристика изатинового основания Шиффа, а именно 2-(2-оксоиндолин-3-илиден) гидразинкарботиоамида (ОНВ). Химическая структура ОНВ была установлена с помощью методов протонно-ядерного магнитного резонанса (¹H-ЯМР), углеродно-ядерного магнитного резонанса (¹³C ЯМР) и инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FT-IR). ОНВ оценивали на его способность ингибировать коррозию на образцах из мягкой стали в 1 М HCl с использованием гравиметрических методов и электрохимических измерений, таких как спектроскопия электрохимического импеданса (EIS) и потенциодинамических методов, дополненных микроскопическим анализом. Результаты показали, что ОНВ является ингибитором смешанного типа и показал хорошее ингибирование коррозии с максимальной эффективностью ингибирования коррозии 96,7% при концентрации 0,5 мМ и 303 К. Эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации

ОНВ и снижалась с повышением температуры. Эффективность ингибирования связывали с образованием защитной пленки на поверхности испытуемого образца из мягкой стали. Исследования электрохимического импеданса также показали, что сопротивление переносу заряда увеличивается с увеличением концентрации ОНВ. Морфологический анализ подтвердил эффективность ингибирования ОНВ, и защитная барьерная пленка соответствовала адсорбции монослоя Ленгмюра. Экспериментальные и теоретические кинетика и термодинамические параметры коррозии согласуются и показывают, что на поверхности мягкой стали образуется адсорбционная пленка координационных связей Fe-N.

Однако, наши исследования показывают, что наибольшую ингибиторную активность проявляют гетероциклические соединения, имеющие в своем составе два и более гетероатома, в частности атомы азота и серы. В наших исследованиях был осуществлен синтез гетероароматических циклических соединений с двумя гетероатомами – атомами серы и азота. Показано, что эти соединения обладают высокой биоцидной и ингибиторной активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andleeb A., Tanzeela Q., Sharma K., Jeelani I. A Review on The Medicinal And Industrial Applications of N-Containing Heterocycles // *Applied Chemistry*. 2022. Vol. 16. Pp. 154-191
2. Batra R., Singh A.K., Thakur S., Pani B. Advancement of corrosion inhibitor system through N-heterocyclic compounds: a review // *Corrosion Engineering, Science and Technology*. 2023. Vol. 48. N 1. Pp. 73-101
3. Avdeev Ya.G. Nitrogen-containing six-membered heterocyclic compounds as corrosion inhibitors for metals in solutions of mineral acids – A review // *Inter. J. Corrosion Scale Inhib.* 2018. Vol. 7. N 4. Pp. 460-497
4. Sahu R., Verma D.K., Berdimurodov E. Chapter 19 - Nitrogen-containing heterocyclic compounds as green corrosion inhibitors // *Computational Modelling and Simulations for Designing of Corrosion Inhibitors*. 2023. N 1. Pp. 373-394
5. Caldona E.B., Zhang M., Liang G., Hollis T.K. Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by simple azole-based aromatic compounds // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2021. Vol. 880. N 1. Pp. 113848-114867
6. Al-Mayout A.M., Al-Suhybani A.A., Al-Ameery A.K. Corrosion inhibition of 304SS in sulfuric acid solutions by 2-methyl benzoazole derivatives // *Desalination*. 1998. Vol. 116. N 1. Pp. 25-33
7. El-Ibrahimi B., Guo L. Azole-Based Compounds as Corrosion Inhibitors for Metallic Materials // Chapter 1. In book *Azoles - Synthesis, Properties, Applications and Perspectives*. 2020. 184 p.
8. Ahmed S., Wassan A., Khadom A. Synthesis and investigations of heterocyclic compounds as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid // *International Journal of Industrial Chemistry*. 2019. N 2. Pp. 131-147
9. Xiong S., Wu H., Zhiyuan L. N-containing heterocyclic benzotriazole derivatives as new corrosion inhibitor for mild steel contained in emulsion // *AntiCorrosion Methods and Materials*. 2022. Vol. 69. N 2. Pp. 183-193
10. Swathi N.P., Alva V., Samshuddin S. A Review on 1,2,4-Triazole Derivatives as Corrosion Inhibitors // *Journal of Bio- and TriboCorrosion*. 2017. Vol. 3. Pp. 42-49

11. Faisal M., Saeed A., Shahzad D., Abbas N. General properties and comparison of the corrosion inhibition efficiencies of the triazole derivatives for mild steel // *Corrosion Reviews*. 2018. Vol. 36. N 6. Pp. 6-27
12. Nguyen H.N., Huong D.O. Effect of Aromatic Rings on Mild Steel Corrosion Inhibition Ability of Nitrogen Heteroatom-Containing Compounds // *Journal of Molecular Structure*. 2022. N 12. Pp. 1-34
13. Pat. 5132093A. US. 1990 Synergistic corrosion inhibitors based on substituted pyridinium compounds / Hetharachchi S., Narang S.C., MacDonald D. /
14. Tang J., Yuxin H., Han Z., Wang X. Experimental and Theoretical Study on the Synergistic Inhibition Effect of Pyridine Derivatives and Sulfur-Containing Compounds on the Corrosion of Carbon Steel in CO₂-Saturated 3.5 wt.% NaCl Solution // *Molecules*. 2018. Vol. 23. N 12. Pp. 3270-3279
15. Verma Ch., Rhee K., Quraishi M.A., Ebenso E. Pyridine based N-heterocyclic compounds as aqueous phase corrosion inhibitors: A review // *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2020. Vol. 117. Pp. 265-277
16. Wang P., Xuefan G., Quande W., Dong J. Corrosion inhibition of triazines in sulfur-containing oilfield wastewater // *Desalination and Water Treatment*. 2021. Vol. 235. Pp. 107-116
17. Chandrabhan V., Thakur A., Ganjoo R., Sharma Sh. Coordination bonding and corrosion inhibition potential of nitrogen-rich heterocycles: Azoles and triazines as specific examples // *Coordination Chemistry Reviews*. 2023. Vol. 488. N 8. Pp. 215177-215182
18. Tribak Z., Skalli M.Kh., Haoudi A., Rodi Y. Comparative Studies on the Corrosion Inhibition of Three Different Organic Heterocyclic Compounds as Corrosion Inhibitors for Mild Steel in Hydrochloric Acid // *J. of the Mexican Chemical Society*. 2020. Vol. 64. N 4. Pp. 113-119
19. Al-Amiery A., Al-Azzawi W.Kh., Roslam W. Isatin Schiff base is an effective corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution: gravimetric, electrochemical, and computational investigation // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Pp. 17773-17782

REFERENCES

1. Andleeb A., Tanzeela Q., Sharma K., Jeelani I. A Review on The Medicinal And Industrial Applications of N-Containing Heterocycles // *Applied Chemistry*. 2022. Vol. 16. Pp. 154-191
2. Batra R., Singh A.K., Thakur S., Pani B. Advancement of corrosion inhibitor system through N-heterocyclic compounds: a review // *Corrosion Engineering, Science and Technology*. 2023. Vol. 48. N 1. Pp. 73-101
3. Avdeev Ya.G. Nitrogen-containing six-membered heterocyclic compounds as corrosion inhibitors for metals in solutions of mineral acids – A review // *Inter. J. Corrosion Scale Inhib.* 2018. Vol. 7. N 4. Pp. 460-497
4. Sahu R., Verma D.K., Berdimurodov E. Chapter 19 - Nitrogen-containing heterocyclic compounds as green corrosion inhibitors // *Computational Modelling and Simulations for Designing of Corrosion Inhibitors*. 2023. N 1. Pp. 373-394
5. Caldona E.B., Zhang M., Liang G., Hollis T.K. Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by simpleazole-based aromatic compounds // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2021. Vol. 880. N 1. Pp. 113848-114867

6. Al-Mayout A.M., Al-Suhybani A.A., Al-Ameery A.K. Corrosion inhibition of 304SS in sulfuric acid solutions by 2-methyl benzoazole derivatives // *Desalination*. 1998. Vol. 116. N 1. Pp. 25-33
7. El-Ibrahimi B., Guo L. Azole-Based Compounds as Corrosion Inhibitors for Metallic Materials // Chapter 1. In book *Azoles - Synthesis, Properties, Applications and Perspectives*. 2020. 184 p.
8. Ahmed S., Wassan A., Khadom A. Synthesis and investigations of heterocyclic compounds as corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid // *International Journal of Industrial Chemistry*. 2019. N 2. Pp. 131-147
9. Xiong S., Wu H., Zhiyuan L. N-containing heterocyclic benzotriazole derivatives as new corrosion inhibitor for mild steel contained in emulsion // *AntiCorrosion Methods and Materials*. 2022. Vol. 69. N 2. Pp. 183-193
10. Swathi N.P., Alva V., Samshuddin S. A Review on 1,2,4-Triazole Derivatives as Corrosion Inhibitors // *Journal of Bio- and TriboCorrosion*. 2017. Vol. 3. Pp. 42-49
11. Faisal M., Saeed A., Shahzad D., Abbas N. General properties and comparison of the corrosion inhibition efficiencies of the triazole derivatives for mild steel // *Corrosion Reviews*. 2018. Vol. 36. N 6. Pp. 6-27
12. Nguyen H.N., Huong D.O. Effect of Aromatic Rings on Mild Steel Corrosion Inhibition Ability of Nitrogen Heteroatom-Containing Compounds // *Journal of Molecular Structure*. 2022. N 12. Pp. 1-34
13. Pat. 5132093A. US. 1990 Synergistic corrosion inhibitors based on substituted pyridinium compounds / Hetharachchi S., Narang S.C., MacDonald D. /
14. Tang J., Yuxin H., Han Z., Wang X. Experimental and Theoretical Study on the Synergistic Inhibition Effect of Pyridine Derivatives and Sulfur-Containing Compounds on the Corrosion of Carbon Steel in CO₂-Saturated 3.5 wt.% NaCl Solution // *Molecules*. 2018. Vol. 23. N 12. Pp. 3270-3279
15. Verma Ch., Rhee K., Quraishi M.A., Ebenso E. Pyridine based N-heterocyclic compounds as aqueous phase corrosion inhibitors: A review // *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2020. Vol. 117. Pp. 265-277
16. Wang P., Xuefan G., Quande W., Dong J. Corrosion inhibition of triazines in sulfur-containing oilfield wastewater // *Desalination and Water Treatment*. 2021. Vol. 235. Pp. 107-116
17. Chandrabhan V., Thakur A., Ganjoo R., Sharma Sh. Coordination bonding and corrosion inhibition potential of nitrogen-rich heterocycles: Azoles and triazines as specific examples // *Coordination Chemistry Reviews*. 2023. Vol. 488. N 8. Pp. 215177-215182
18. Tribak Z., Skalli M.Kh., Haoudi A., Rodi Y. Comparative Studies on the Corrosion Inhibition of Three Different Organic Heterocyclic Compounds as Corrosion Inhibitors for Mild Steel in Hydrochloric Acid // *J. of the Mexican Chemical Society*. 2020. Vol. 64. N 4. Pp. 113-119
19. Al-Amiery A., Al-Azzawi W.Kh., Roslam W. Isatin Schiff base is an effective corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution: gravimetric, electrochemical, and computational investigation // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Pp. 17773-17782

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ РАСТВОРАХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

© Джамбулатов Роман Суламбекович (а), Альтемиров Магомед Алхазурович (б).

(а) Чеченский Государственный Университет, им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; доцент кафедры общей физики, asldzam@mail.ru

(б) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; отдел физико-математических исследований, младший научный сотрудник, m_altemirov@bk.ru

Аннотация. В литературе отсутствуют данные по концентрационной зависимости поверхностного натяжения, адсорбции и состава поверхностного слоя исследованных растворов органических веществ. Экспериментальные и теоретические исследования концентрационной зависимости поверхностного натяжения адсорбции и состава поверхностного слоя исследованных растворов органических веществ. Проведены экспериментальные исследования концентрационной зависимости поверхностного натяжения боковых двойных и трехкомпонентных растворов органических веществ. На основе полученных экспериментальных результатов исследований проведены расчеты адсорбции (N-вариант по Гугенгейму и Адаму) и содержания компонентов в поверхностном слое. Ввиду отсутствия литературных данных по изученным системам в условиях, сравнимых с условиями исследования, представленные данные могут послужить в качестве справочной информации.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, адсорбция, состав поверхностного слоя, органические растворы, толщина поверхностного слоя.

STUDIES OF SURFACE PHENOMENA IN DOUBLE AND TERNARY SOLUTIONS OF ORGANIC SUBSTANCES

© Dzhambulatov Roman Sulambekovich (a), Altemirov Magomed Alkhazurovich (b).

(a) Chechen State University, named after A.A. Kadyrov. A.A. Kadyrov Chechen State University, Russian Federation, Grozny; Associate Professor, Department of General Physics, asldzam@mail.ru

(b) Kh. I. Ibragimov Integrated Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; Junior Researcher, m_altemirov@bk.ru.

Abstract. In the literature there are no data on the concentration dependence of surface tension, adsorption and composition of the surface layer of the studied solutions of organic substances. Experimental and theoretical studies of the concentration dependence of surface tension adsorption and surface layer composition of the studied solutions of organic substances. Experimental studies

of the concentration dependence of the surface tension of lateral double and three-component solutions of organic substances have been carried out. On the basis of the obtained experimental results, calculations of adsorption (N-variant according to Guggenheim and Adam) and the content of components in the surface layer have been carried out. Due to the lack of literature data on the studied systems under conditions comparable to those of the study, the presented data can serve as a reference.

Key words: surface tension, adsorption, composition of the surface layer, organic solutions, thickness of the surface layer.

Введение

Поверхностное натяжение (σ) является важным параметром поверхности жидкости, поскольку оно дает информацию о структуре и межмолекулярных взаимодействиях чистых соединений и их смесей. С точки зрения применения, значения σ играют важную роль при переносе массы и энергии через границу раздела фаз [1]. Поэтому этот параметр влияет на различные промышленные процессы, такие как разделение жидкости и жидкости, экстракция, адсорбция, дистилляция и производительность биологических мембран [1,2].

В данной статье проведены исследования концентрационной зависимости σ двойных (изопропиловый спирт–вода; пропиленгликоль–вода) и тройных (изопропиловый спирт–пропиленгликоль–вода) растворов во всем диапазоне концентраций и атмосферном давлении при температурах 293,15 и 303,15К. Насколько нам известно, литературные данные по изученным системам в условиях, сравнимых с условиями исследования в открытой печати отсутствуют. Поэтому представленные данные могут служить в качестве справочной информации.

На основе полученных экспериментальных данных проведен расчет адсорбции компонентов раствора. Показано, что суммарные адсорбции компонентов по разрезу тройной системы и боковых двойных близки по форме, а, следовательно, это позволяет сделать предположение о том, что адсорбционные явления в тройной системе можно предсказать по значениям σ боковых двойных.

Теоретическая часть

Исследования концентрационной зависимости поверхностного натяжения органических растворов имеют научную значимость в области поверхностной химии и физико-химии. Вот несколько аспектов, в которых эти исследования могут быть значимыми:

- изучение концентрационной зависимости поверхностного натяжения позволяет понять взаимодействие между компонентами в растворе. Это может быть важно для определения структуры и свойств поверхностных слоев жидкостей и взаимодействия с другими материалами или поверхностями.

- величина поверхностного натяжения является важным параметром для определения поверхностной активности веществ. Исследования концентрационной зависимости помогают определить изменения поверхностной активности растворов в зависимости от их состава. Это может быть полезным для разработки и оптимизации формулировок, включающих смеси различных компонентов.

- исследования концентрационной зависимости растворов могут быть полезными для понимания поведения и управления поверхностными свойствами в таких системах. Это может быть применено, например, при разработке наночастиц, нанопокровов или эмульсий.

-исследования концентрационной зависимости поверхностного натяжения могут служить основой для разработки моделей и прогнозирования поведения растворов при различных концентрациях. Это может быть полезным для предсказания и оптимизации свойств и поведения жидкостей в различных приложениях и процессах.

Кроме того, одноатомные и двухатомные спирты вызывают интерес благодаря гидроксильным группам и их взаимодействия с другими компонентами. Так, гидроксильная функциональная группа молекулы спирта участвует в образовании водородных связей, действуя, в одном случае, как донор протонов, а другой, как акцептор протонов. Поэтому спирты, сами по себе или в растворах (вода), обычно используются как компоненты для производства продукции фармацевтической, хроматографической и косметической промышленности [3].

Фундаментальной основой для описания капиллярных явлений является уравнение Лапласа. Оно связывает градиент давления с поверхностным натяжением на границе раздела двух фаз. Уравнение Лапласа имеет следующий вид:

$$\Delta P = 2T/R \quad (1)$$

где: ΔP - разность давлений внутри и вне жидкости (в Па или Н/м²)

T - поверхностное натяжение жидкости (в Н/м или Дж/м²)

R - радиус кривизны поверхности жидкости (в метрах)

Это уравнение показывает, что разность давлений внутри и вне жидкости прямо пропорциональна поверхностному натяжению и обратно пропорциональна радиусу кривизны поверхности.

Однако в реальных условиях эксперимента, в зависимости от метода, необходимо учитывать и другие факторы, такие как гравитационные эффекты, деформацию капли или взаимодействие с подложкой. Поэтому в некоторых случаях могут использоваться модифицированные уравнения или дополнительные коррекции для более точного определения поверхностного натяжения (например, как в методе висящей капли).

Поскольку в работе использованы несколько методов измерения σ (метод висящей капли и отрыва кольца Дю Нуи), подробнее ознакомимся с теоретическими особенностями этих методов.

Метод висящей капли, относится к статистическим методам измерения жидкости. Сущность метода висящей капли заключается в том, что под действием сил σ маленькие капли стремятся принять сферическую форму. Если каплю жидкости поместить в среду той же плотности, то эта капля принимает сферическую форму. Если плотность капли отличается от плотности среды, то величина σ будет соизмерима со значением гравитационных сил и капля, будет иметь форму не сферы, а некоторой фигуры вращения. По форме таких капель, согласно уравнению Лапласа, рассчитывается σ жидкости. Для этого необходимо определить параметры капли, характеризующие степень отклонения формы капель от правильной сферы [4]. Для этого определяют такие параметры капель, которые характеризуют отклонение формы капель от сферической. Для определения поверхностного натяжения по форме таких капель

измеряют $S = \frac{d_s}{d_m}$, где d_m – максимальный диаметр капли (пузырька); d_s – диаметр, измеренный на расстоянии d_m от нижней точки капли. Расчет поверхностного натяжения проводят по формуле:

$$\sigma = \frac{d_m^2 \Delta \rho g}{H}, \quad (2)$$

где $\Delta \rho$ – разность плотности жидкости и атмосферы; g – гравитационная константа; H – безразмерный параметр, который приводится в таблицах Бешфорта, Адамса и Штауфера в зависимости от параметра S [5].

Метод висящей капли является одним из распространенных методов измерения σ жидкости. Он нашел обширное применение в научных и промышленных исследованиях, где прецизионное измерение σ жидкостей является важным параметром. Аппаратное обеспечение и алгоритм проведения измерений подробно освещены в работах [6,7].

Метод отрыва кольца Дю Нуи – это методика измерения поверхностного натяжения жидкостей. Суть методики заключается в измерении силы, необходимой для отрыва тонкого кольца с поверхности жидкости. Принцип работы основан на явлении поверхностного натяжения, которое проявляется в том, что поверхность жидкости стремится сократить свою площадь и образывает своего рода "пленку". Чем больше поверхностное натяжение, тем больше сила, необходимая для отрыва кольца от поверхности. При подъеме кольца с поверхности возникает сила сцепления между жидкостью и кольцом. Эта сила измеряется и с помощью уравнения (3) определяется величина σ раствора [8].

$$\sigma = \frac{F_{max} - F_v}{L \cos \theta} \quad (3)$$

где: F_{max} – максимальное усилие, необходимое для отрыва кольца от поверхности; F_v – сила, обусловленная гидростатическим столбом жидкости, находящейся под кольцом; L – длина смачивания

Метод отрыва кольца Дю Нуи позволяет определить поверхностное натяжение жидкости с высокой точностью. Он находит применение в различных областях, таких как химия, физика, биология, медицина и другие, где изучение поверхностных свойств жидкостей имеет важное значение.

Экспериментальная часть

1. Используемые материалы

Изопропиловый спирт (массовая доля = 0,999), пропиленгликоль (массовая доля = 0,999) и использовались без дополнительной очистки. Вода – бидистиллят.

Поверхностное натяжение чистых компонентов при 293,15 К сравнивали с данными, приведенными в литературе [9]. Полученные значения находятся в хорошем согласии с литературными данными.

2. Методика и аппаратура

Поверхностное натяжение каждого образца жидкости (чистой или смеси) измерялось с помощью методов висящей капли (DSA-100 «KRUSS») и методом отрыва кольца Дю Нуи (K-100 «KRUSS»).

DSA-100 измерительная система с модульной конструкцией, состоящей из легко встраиваемых компонентов, таких как температурной камеры, контролируемая компьютерной программой оптика и систем дозирования. Программное обеспечение системы позволяет проводить видеозапись, делать снимки профилей капли и сохранять для последующего использования. Заявленная производителем погрешность измерения для растворов достигает $\pm 0.1\%$.

Автоматические тензиометры К-100 спроектированы для многостороннего применения в практике прецизионного измерения σ жидких сред. Измерение σ жидкости на тензиометре К-100 основано на использовании стандартного измерительного элемента – платинового кольца. Перед каждым измерением платиновое кольцо полностью очищалось и прокаливалось. Величина погрешности измерения поверхностного натяжения этим методом составляет $\pm 0,2\%$.

Каждое измерение σ (точка на графике), независимо от метода повторялось десятикратно для проверки воспроизводимости результатов.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 1.

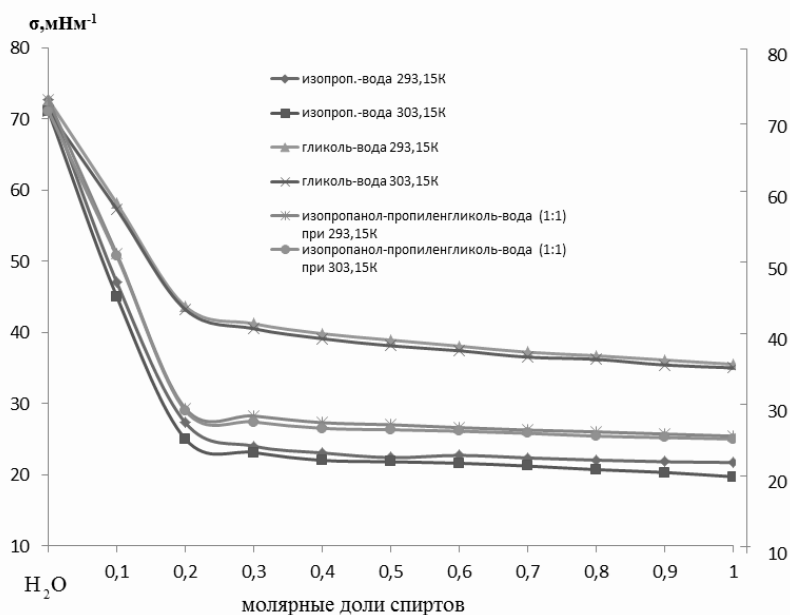


Рис. 1. Концентрационная зависимость поверхностного натяжения тройной и боковых двойных систем, при 273,15 К и 303,15К

Как видно из представленных данных (рис.1), изотермы σ всех изученных растворов претерпевают сильное снижение до от 0 до 0.2 молярных долей спиртов. Начиная с области составов 0.2-0.25 мол. доли спиртов изотермы σ выходят на плато. Нужно отметить, что изотермы σ тройной системы занимает промежуточное положение относительно изотерм σ боковых двойных концентрационного треугольника. Это дает основание предполагать, что органические компоненты раствора не усиливают действие друг друга.

Кроме того, анализ полученных кривых изотерм σ системы изопропанол-пропиленгликоль-вода (изопропанол:пропиленгликоль = 1:1) подтверждает вывод о том, что изотермы σ по лучевым разрезам концентрационного треугольника не содержат особенностей по сравнению с изотермами σ боковых двойных растворов.

Результаты и обсуждение

На основе полученных экспериментальных результатов исследований зависимости σ от составов компонентов в двойных и тройных растворах веществ проведены расчеты адсорбции (N-вариант по Гугенгейму и Адаму) и содержания компонентов в поверхностном слое.

Из-за отсутствия данных по термодинамическим активностям для этих систем, расчеты адсорбции и содержания компонентов в поверхностном слое проводились по формулам, полученным для идеальных растворов.

Для идеальных многокомпонентных растворов автором [10] получено выражение для N-варианта адсорбции:

$$\Gamma_m^n = -\frac{x_m(1-x_m)}{RT} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial x_m} \right)_{k_{ij}} \quad (4)$$

где x_m – молярные доли i-компонента; $K_{ij} = \frac{x_i}{x_j} = \text{const}$; $i, j \neq m$ – постоянная, которая определяет направление секущего разреза. Полученные результаты представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, изотермы адсорбции достигают максимума при 0.1 мольных долях добавляемого компонента, т.е. 0.9 мольных долей воды независимо от температуры. Дальнейшее увеличение содержания спиртов приводит к снижению изотерм адсорбции до нуля при достижении концентрации 0,5 мольных долей воды.

Таким образом, в изученной тройной и боковых двойных системах органические вещества (изопропанол, пропиленгликоль) проявляют поверхностную активность и, как следствие, адсорбируются положительно. При этом следует отметить, что общим для всех изученных систем является то, что суммарные адсорбции компонентов по разрезу тройной системы и боковых двойных близки по форме, а, следовательно, это позволяет сделать предположение о том, что адсорбционные явления в тройной системе можно предсказать по значениям σ боковых двойных.

С целью изучения характера распределения молекул адсорбента между поверхностными слоями, были проведены расчеты по определению состава поверхностного слоя изученных систем. Эти данные полезны для понимания механизмов адсорбции и взаимодействий между компонентами и определения эффективности процесса адсорбции.

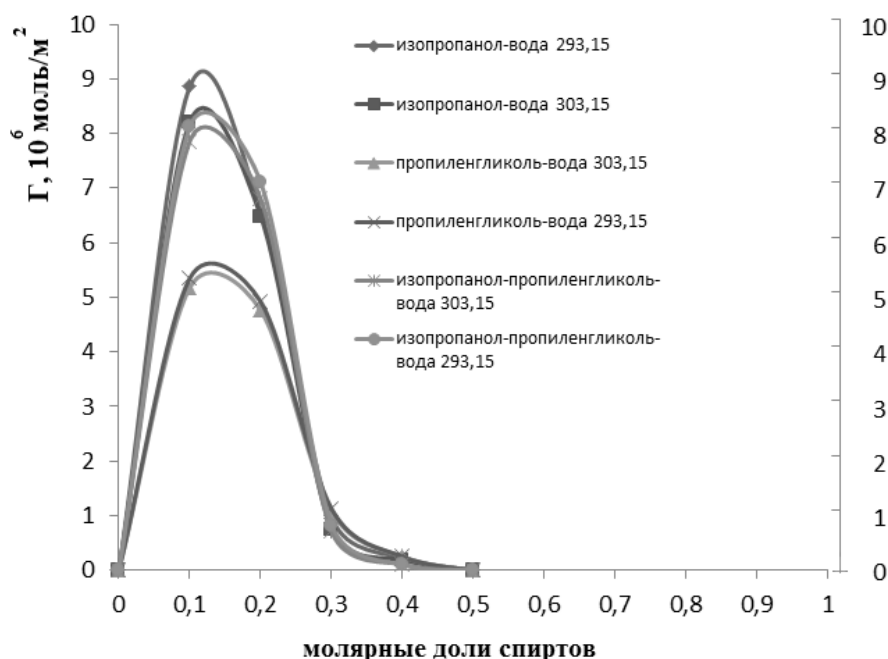


Рис. 2. Концентрационная зависимость адсорбции в системе изопропанол-пропиленгликоль-вода (изопропанол: пропиленгликоль = 1:1) и боковых двойных системах: изопропанол-вода; пропиленгликоль-вода при 273,15К и 303,15К

Для описания состава поверхностного слоя двух-трехкомпонентного раствора можно использовать различные модели, которые учитывают взаимодействия компонентов на поверхности. Ниже приведены некоторые из них:

Модель идеального раствора: в этой модели предполагается, что компоненты в растворе взаимодействуют между собой и с поверхностью адсорбента так же, как в идеальном растворе. Это означает, что каждый компонент имеет равные шансы быть адсорбированным и его концентрация на поверхности пропорциональна его концентрации в растворе.

Модель Ленгмюра: предполагает, что адсорбция компонентов на поверхности происходит путем образования монослоя поверхностно-активных веществ (ПАВ). Каждая адсорбированная молекула занимает фиксированное место на поверхности, и взаимодействия между адсорбированными молекулами отсутствуют. Уравнение Ленгмюра описывает зависимость покрытия поверхности от концентрации компонентов в растворе.

Модель ВЕТ (Brunauer, Emmett, Teller): предполагает, что на поверхности образуется несколько слоев ПАВ. В этой модели предполагается, что второй и последующие слои адсорбированных молекул взаимодействуют слабее, чем первый слой. Уравнение ВЕТ описывает многослойную адсорбцию газа на поверхности твердого тела [11].

В данной работе, в связи с отсутствием данных о коэффициентах активности бинарных и тройных растворов, использована модель идеального раствора. Согласно этой модели, концентрация компонента на поверхности пропорциональна его концентрации в растворе и может быть выражена следующим уравнением:

$$\Gamma = KC \quad (5)$$

где: Γ - концентрация компонента на поверхности адсорбента; K - коэффициент адсорбции, который связывает концентрации на поверхности и в растворе; C - концентрация компонента в растворе.

Значение коэффициента адсорбции K может зависеть от различных факторов, включая природу компонентов, свойства поверхности адсорбента и условия эксперимента. Он может быть определен экспериментально путем измерения концентрации компонента на поверхности при различных концентрациях в растворе.

Из-за отсутствия данных по термодинамической активности, расчеты проводились в предположении о том, что растворы идеальны т.е. $a_i = f_i x_i = x_i$.

В этом предположении для вычисления состава поверхностного слоя имеем;

$$x_n^\omega = x_n - \frac{x_n(1-x_n)\omega}{RT} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial x_n} \right)_{k_{ij}} \quad (6)$$

где x_n^ω - молярная доля n -го компонента в поверхностном слое; x_n - молярная доля n -го компонента в объеме; ω - молярная площадь; σ - поверхностное натяжение; R - универсальная газовая постоянная; T - температура. При расчете состава поверхностного слоя толщина поверхностного слоя задана априорно. На рис. 3-5 представлены полученные результаты.

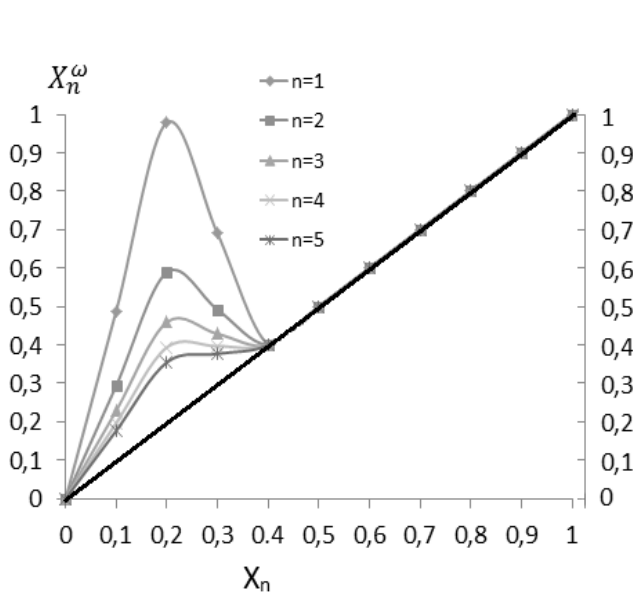


Рис.3. Состав поверхностного слоя системы изопропанол-вода при 293,15 К

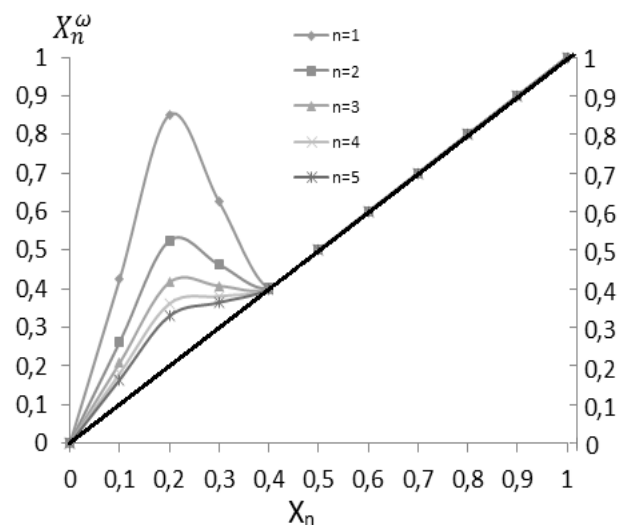


Рис.4. Состав поверхностного слоя пропиленгликоль-вода 293,15 К.

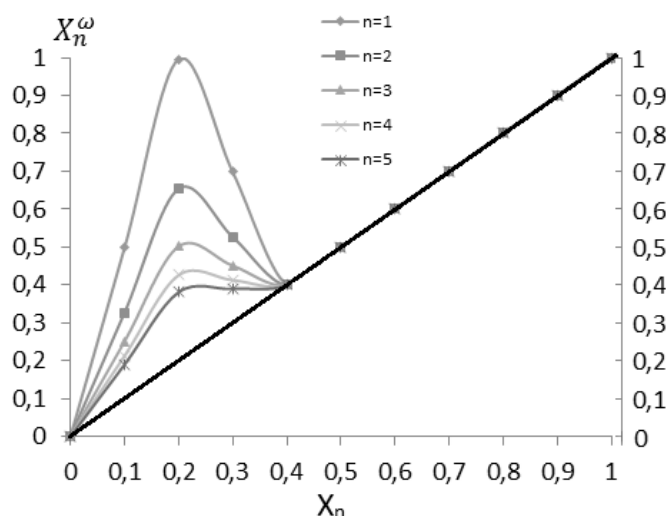


Рис.5. Состав поверхностного слоя изопропанол-пропиленгликоль-вода 293,15 К.

Заключение

Как видно из этих полученных результатов, при толщине слоя (n) $n=1-3$, на участке 0,2-0,3 молярных долей поверхностно-активных компонентов, наблюдается антибатное изменение состава поверхностного слоя от состава объемной фазы. Подобные результаты противоречат термодинамике, поскольку согласно критерию симбатности А.И. Русанова [12] состав поверхностного слоя может изменяться минимально при изменении составов. Таким образом, возможная толщина поверхностного слоя исследованных систем (изопропанол-вода; пропиленгликоль-вода; изопропанол-пропиленгликоль-вода при 293,15 К) $n = 4$. Интересно отметить, что в области средних составов (0.4), адсорбция исследованных систем равна нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bagheri A. Prediction of surface tension and surface concentration of binary refrigerant system (R290/R600a) at various temperatures and pressures // *Physics and Chemistry of Liquids* 2016. N.54(6). Pp 1-13
2. Bagheri A, Fazli M, Bakhshaei M. Effect of temperature and composition on the surface tension and surface properties of binary mixtures containing DMSO and short chain alcohols // *J. Chem Thermodyn.* 2016.N.101 Pp. 236-244.
3. Rafati AA, Bagheri A, Khanchi AR, et al. Application of the UNIFAC model for prediction of surface tension and thickness of the surface layer in the binary mixtures // *J. Colloid Interface Sci.* 2011. N.355. Pp. 252-258.
4. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей / А.В. Адамсон. Л.: Мир, 1979. 568 с.
5. Andreas J.M. Boundary tension by pendant drops // *The Journal of Physical Chemistry.* 1938. V.42. № 8. Pp.1001-1019.
6. Дадашев, Р. Х. Установка по исследованию поверхностных свойств границы раздела фаз (DSA-100) / Р. Х. Дадашев, Р. С. Джамбулатов, Д. З Элимханов // *Вестник Академии наук ЧР. Грозный*, 2011. №1. С. 13-17.
7. Дадашев, Р.Х. Измерение поверхностного натяжения методом висящей капли на тензиометре DSA-100 / Р. Х. Дадашев, Р. С. Джамбулатов, Д. З Элимханов // *Сборник Тр. КНИИ РАН. Грозный*, 2012. № 5. С. 3-7.

8. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцев, Е. А. Амелина М.: Высшая школа, 2004. 444 с.
9. Wohlfarth CH. Surface tension of pure liquids and binary liquid mixtures. In: Lechner MD, editor. Landolt-Börnstein, New Series Group IV Physical Chemistry. Berlin: Springer. 2008. 740p.
10. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений / Р. Х. Дадашев М.: Физматиздат, 2008. 278 с.
11. Морачевский А. Г. Физическая химия: поверхностные явления и дисперсные системы: уч. пособие. – 2-е изд., стер. / А. Г. Морачевский СПб.: Лань, 2015. 160 с.
12. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления. Л.: Химия, 1967. 388 с.

REFERENCES

1. Bagheri A. Prediction of surface tension and surface concentration of binary refrigerant system (R290/R600a) at various temperatures and pressures // Physics and Chemistry of Liquids 2016. N.54(6). Pp 1-13
2. Bagheri A, Fazli M, Bakhshaei M. Effect of temperature and composition on the surface tension and surface properties of binary mixtures containing DMSO and short chain alcohols // J. Chem Thermodyn. 2016.N.101 Pp. 236-244.
3. Rafati AA, Bagheri A, Khanchi AR, et al. Application of the UNIFAC model for prediction of surface tension and thickness of the surface layer in the binary mixtures // J. Colloid Interface Sci. 2011. N.355. Pp. 252-258.
4. Adamson A.V. Physical chemistry of surfaces / A.V. Adamson. L.: Mir, 1979. 568 p.
5. Andreas J.M. Boundary tension by pendant drops // The Journal of Physical Chemistry. 1938. V.42. № 8. Pp.1001-1019.
6. Dadashev, R. H. Installation for the study of surface properties of the interface of phases (DCA-100) / R. H. Dadashev, R. S. Dzhambulatov, D. Z. Elimkhanov // Bulletin of the Academy of Sciences of the Czech Republic. Grozny, 2011. No. 1. pp. 13-17.
7. Dadashev, R.H. Measurement of surface tension by the hanging drop method on the DSA-100 tensiometer / R. H. Dadashev, R. S. Dzhambulatov, D. Z. Elimkhanov // Collection of Tr. CNII RAS. Grozny, 2012. No. 5. pp. 3-7.
8. Shchukin, E. D. Colloidal chemistry / E. D. Shchukin, A.V. Pertsev, E. A. Amelina M.: Higher School, 2004. 444 p.
9. Wohlfarth CH. Surface tension of pure liquids and binary liquid mixtures. In: Lechner MD, editor. Landolt-Börnstein, New Series Group IV Physical Chemistry. Berlin: Springer. 2008. 740p.
10. Dadashev R.H. Thermodynamics of surface phenomena / R. H. Dadashev M.: Fizmatizdat, 2008. 278 p.
11. Morachevsky A. G. Physical chemistry: surface phenomena and dispersed systems: textbook - 2nd ed., ster. / A. G. Morachevsky St. Petersburg: Lan, 2015. 160 p.
12. Rusanov A.I. Phase equilibria and surface phenomena. L.: Chemistry, 1967. 388 p.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СИНЕРЕЗИСА ГИДРОГЕЛЯ БЕНТОНИТА

© Межидов Вахид Хумаидович (а), Дадашев Райком Хасимханович (б)

(а) Грозненский Государственный Нефтяной Технический Университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный

(б) Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, , г. Грозный

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Российская Федерация, г. Грозный; raykom50@mail.ru

Аннотация. Синерезисом в данной работе называют процесс самопроизвольного уменьшения объема гелей и студней, сопровождающееся выделением жидкости. Структура, состав и свойства бентонита зависят от месторождения. В работе представлены результаты экспериментального определения зависимости объема синеретической жидкости от следующих факторов: концентрации бентонита и электролита КС1, продолжительности действия ультразвука, который диспергирует частицы бентонита. В результате проведенных опытов установлено, что бентонит из Чеченской Республики относится к группе коллоидов, понижающих объем синеретической жидкости. Показано, что измельчение частиц бентонита под действием ультразвука приводит к значительному увеличению объема синеретической жидкости. Добавление в гидрогель электролита КС1 повышает объем синерезисной жидкости. При этом на кривых, характеризующих зависимость объема синерезисной жидкости от времени происходят формирование горизонтальных участков (плато), где рост объема синеретической жидкости прекращается на некоторое время. Увеличение концентрации КС1 в геле повышает протяжённость горизонтальных участков и наоборот. На наш взгляд, протяженность горизонтальных участков, на которых отсутствует процесс выделения синеретической жидкости, равна времени, которое необходимо разрушенной структуре гели для её полного восстановления.

Ключевые слова: бентонит, суспензии, гель, синерезис, синеретическая жидкость.

PECULIARITIES OF SYNERESIS PROCESS OF BENTONITE HYDROGEL

© Mezhidov Vakhid Khumaidovich (a), Dadashev Raykom Khasimkhanovich (b)

(a) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny

(b) A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny

Kh. I. Ibragimov Complex Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; raykom50@mail.ru

Abstract. Syneresis in this paper is defined as the process of spontaneous volume reduction of gels and jellies accompanied by the release of liquid. The structure, composition and properties of bentonite depend on the deposit. The paper presents the results of experimental determination of the dependence of the volume of syneretic liquid on the following factors: concentration of bentonite and electrolyte KCl, duration of ultrasound action, which disperses bentonite particles. The experiments show that bentonite from the Chechen Republic belongs to the group of colloids that reduce the volume of syneretic liquid. It is shown that grinding of bentonite particles under the action of ultrasound leads to a significant increase in the volume of syneretic liquid. Addition of KCl electrolyte to the hydrogel increases the volume of syneretic liquid. At the same time on the curves characterizing the dependence of the syneresis liquid volume on time, horizontal areas (plateaus) are formed, where the growth of the syneresis liquid volume stops for some time. The increase in the concentration of KCl in the gel increases the length of horizontal sections and vice versa. In our opinion, the length of horizontal sections, where there is no synergetic liquid release process, is equal to the time, which is necessary for the destroyed gel structure for its full recovery.

Key words: bentonite, suspension, gel, syneresis, synergetic liquid.

Введение

Тонкодисперсные водные суспензии бентонита обладают тиксотропными свойствами и поэтому широко используются в бурении для выноса разбуренной породы. При встряхивании или перемешивании они подвижны подобно суспензиям низкой концентрации, а будучи в покое начинают переходить в неподвижное гелеобразное состояние. Считается, что коллоидные частицы бентонита в тонкодисперсных суспензиях формируют пространственные сетки. В таких гелях почти нет броуновского движения частиц дисперсной фазы, однако межмолекулярные силы Ван-дер-Ваальса, ориентационные и структурные изменения пространственных сеток со временем приводят к росту плотности гидрогеля с вытеснением дисперсионной средой – воды, в которой мало минералов, сопутствующие бентониту. Этот процесс перехода геля в более равновесное термодинамическое состояние с выделением жидкости, называют синерезисом. На интенсивность этого процесса влияют вид и концентрация дисперсной фазы, температура, давление, pH, объем и форма образца. Роль этих факторов учитывается в технологии производства пищевой продукции, гелеобразных лекарственных форм, волокон, пластмасс, резины и т. д.

Синерезис наблюдается и в студнях с сеткой из макромолекул [2,4,5]. Причиной синерезиса могут быть химические реакции, протекающие в геле, где твердые частицы размерами десятки и сотни нанометров имеют повышенную химическую и адгезивную активность.

Более 70% бентонита составляет кристаллическое вещество – монтмориллонит (ММТ), имеющее структуру трехслойного пакета. Между этими пакетами располагаются катионы металлов Na, Ca, K, Mg, компенсирующие отрицательный заряд кристаллической решетки бентонита. В межслоевом пространстве присутствуют также молекулы связанной воды [1,10]. Нами ранее было показано, что физико-химические процессы, протекающие при синерезисе геля бентонита до полного удаления дисперсионной среды, способны дать информацию о химической активности наночастиц и реакциях в этом процессе [3,6,9]. В гидрогеле бентонита кроме ММТ могут присутствовать примесные минералы (кварц, гипс,

полевой шпат, гематит, доломит), суммарно не превышающие 30% [4]. Поэтому гель бентонита состоит из множества разнообразных сеток и агрегатов, связанных водой. Здесь возможны химические реакции и процессы самоорганизации периодических структур, подобных полученным Лезогангом [3,6,9]. Со временем эти сетки и агрегаты растут, в них может увеличиваться концентрация растворенных веществ до больших пресыщений, недоступных в обычных лабораторных условиях.

В связи с изложенным, представляет интерес экспериментальное изучение процесса синерезиса с использованием бентонита различных месторождений. В наших опытах дисперсной фазой был бентонит ЧР, а дисперсионной средой дистиллированная вода.

Экспериментальная часть

В наших опытах по изучению синерезиса использован бентонит месторождения Каятама (ЧР). Предварительно бентонит сушили при 120°C , измельчали предварительно на шаровой мельнице РМ-100 (Германия), а затем и в дистиллированной воде под действием ультразвука. Размеры частиц бентонита после измельчения определяли анализатором субмикронных частиц HORIBA LD - 550 (Япония).

В опытах экспериментально определялась зависимость объема жидкости, которая выделялась при синерезисе, от следующих факторов: концентраций бентонита; содержания электролита KCl; продолжительности действия ультразвука. Для экспериментальных исследований были использованы ампулы объемом 40 мл. В процессе проведения опытов температура поддерживалась постоянной и равной 23°C .

В опытах использованы образцы водной суспензии тонкодисперсного бентонита, с одномодальными гистограммами, близкими к симметричным, в которых моды частиц имели значения ~ 200 нм и более.

Гидрогель бентонита, залитый в прозрачные ампулы, в первые минуты имеют мениск светло серого цвета, таков и цвет боковой поверхности столбика в ампуле. Через 3-5 минут на поверхности мениска появляется прозрачный слой дисперсионной среды (синеретической жидкости). На боковой поверхности столбика гидрогеля в ампуле формируется слой с множеством складок различной длины и толщины. Со временем их размер и число уменьшается, а поверхность геля становится однородной.

Нами проводилось измерение объема жидкой среды, выделяющейся в результате синерезиса. Полученные данные представлены ниже на рисунках 1-7.

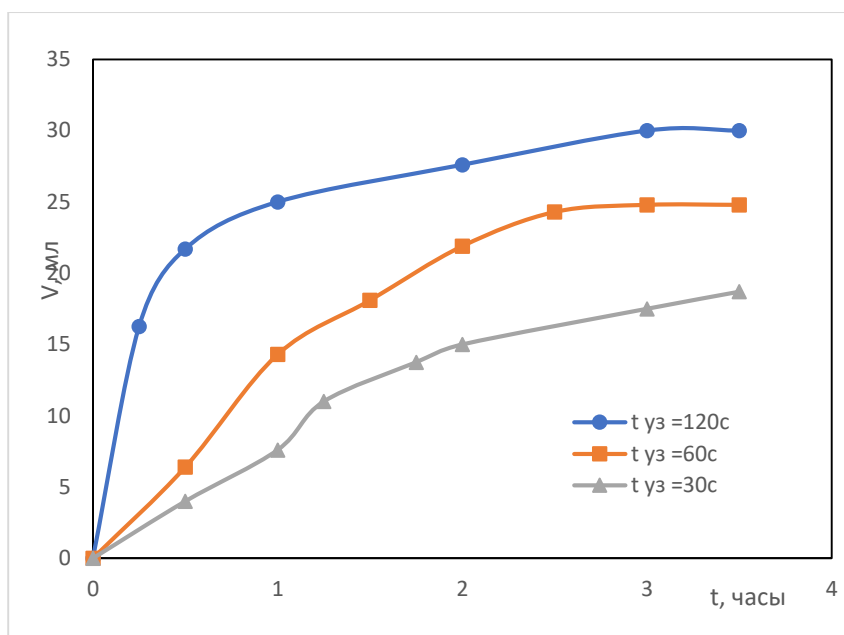


Рис. 1. Влияние продолжительности действия ультразвука на объем синеретической жидкости при Сб=2%, КС1=3%, V=40мл, t =23°C

На рис.1 представлена зависимость объема синеретической жидкости от продолжительности действия ультразвука 30, 60 и 120 секунд при концентрации бентонита Сб -2%, КС1-3%. В опытах получены три кривые, удаленные друг от друга. Как видно из этих кривых объем синеретической жидкости существенно зависит от размеров частиц. Под воздействием ультразвука размеры частиц уменьшаются пропорционально продолжительности этого воздействия. Эти результаты указывают на высокую чувствительность синерезиса к размерам частиц бентонита.

Кривые на рис. 2-4 выражают зависимость объема выделяющейся синеретической жидкости от времени выдержки при различной концентрации электролита КС1 в суспензии бентонита. Из рисунка 2 следует, что с увеличением времени выдержки объем синеретической жидкости понижается. Однако, в отличие от кривых, полученных после действия ультразвука, при наличии электролита кривая роста объема жидкости характеризуется появлением ступенек (горизонтальных участков, где синеретическая жидкость не выделяется). Из приведенных кривых видно, что в начале процесса синерезиса размеры горизонтальных участков существенные, а со временем эти размеры уменьшаются.

Подобные кривые приведены и на рис. 3 и 4. На наш взгляд в этих опытах электролит КС1 выступает в качестве коагулянта, который собирает частицы геля в хлопьевидные осадки и агрегаты. При этом пространственная структура геля, созданная дисперсной фазой, разрушается и для его восстановления требуется определенное время, которое проявляется в виде горизонтальных участков.

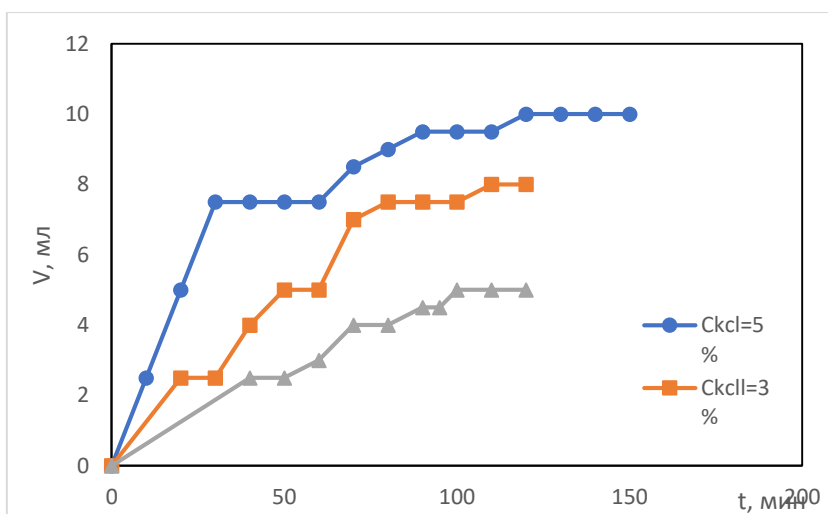


Рис.2. Влияние КСl на V при Cб=2%, V=40мл, туз=30с, t=23 °С

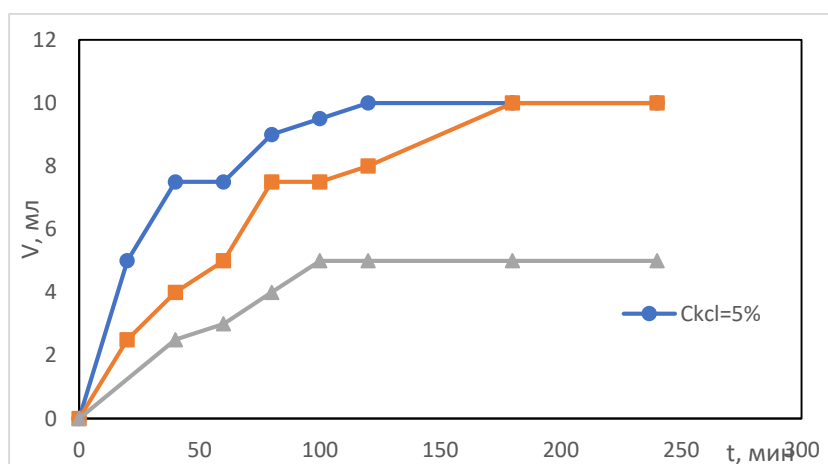


Рис.3. Влияние КСl на V при Cб=2%, V=40мл, туз=30с, t= 23°С

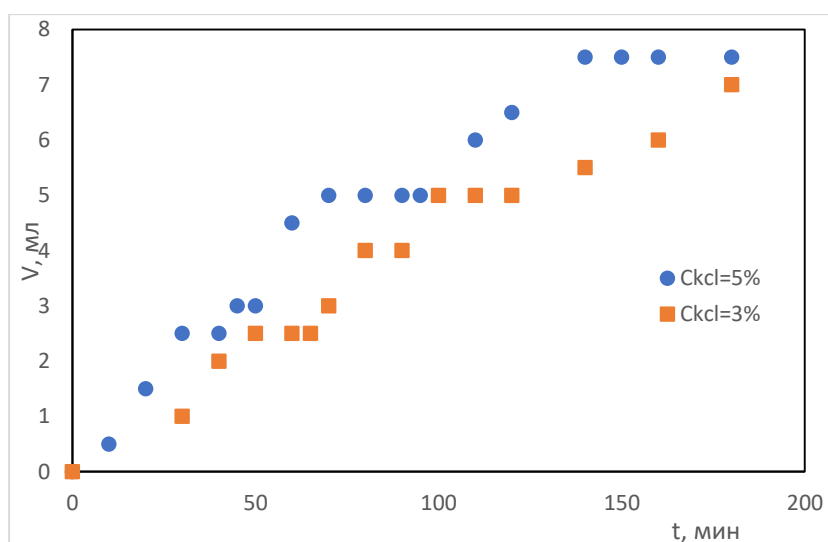


Рис.4. Влияние КСl на V при Cб=2%, V=40мл, туз=60с, t=23° С

На рисунках 5-7 представлены результаты опытов по определению зависимости объема синерезисной жидкости (V) от времени при концентрации бентонита 2 и 4%, $KCl=0,5\%$, $t_{уз}=30c$ и $120c$. На всех рисунках кривые, соответствующие меньшим концентрациям бентонита, расположились выше. Это условие сохраняется и на рис.6., где представлены результаты, полученные при использовании бентонита, который был измельчен ультразвуком в течение $120c$. При этом кривая рис.6, соответствующая 4% бентонита имеет два участка, напоминающие плато постоянных значений V (на участках 50-100 и 150-200 минут).

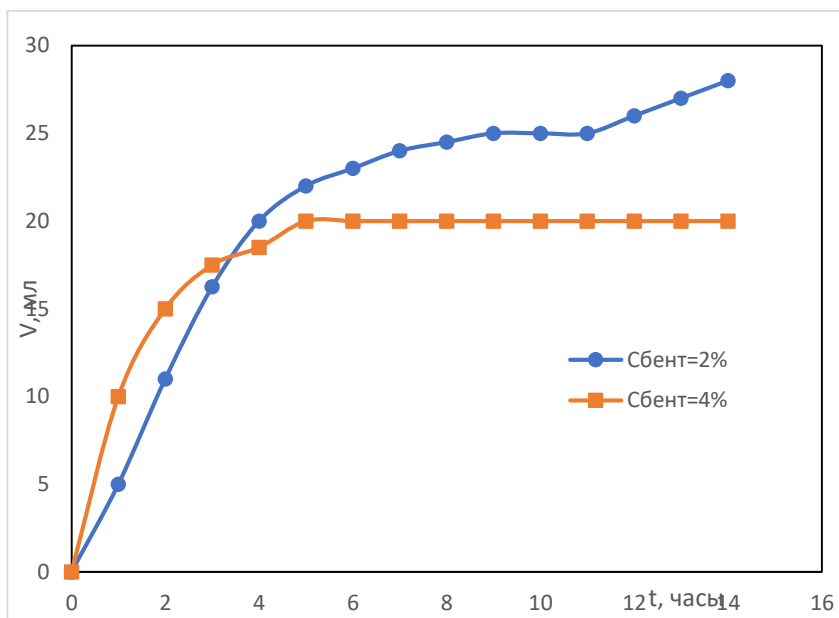


Рис.5. Влияние концентрации бентонита на V жидкости при $KCl=0,5\%$, $t_{уз}=30c$, $V=40мл$, $t=23^\circ C$

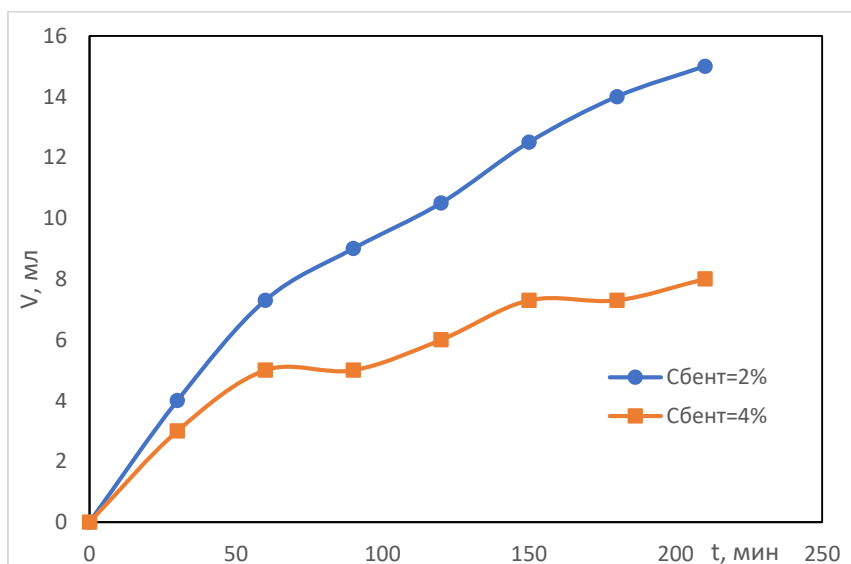


Рис.6. Влияние концентрации бентонита на V жидкости при $KCl=0,5\%$, $t_{уз}=120c$, $V=40мл$, $t=23^\circ C$

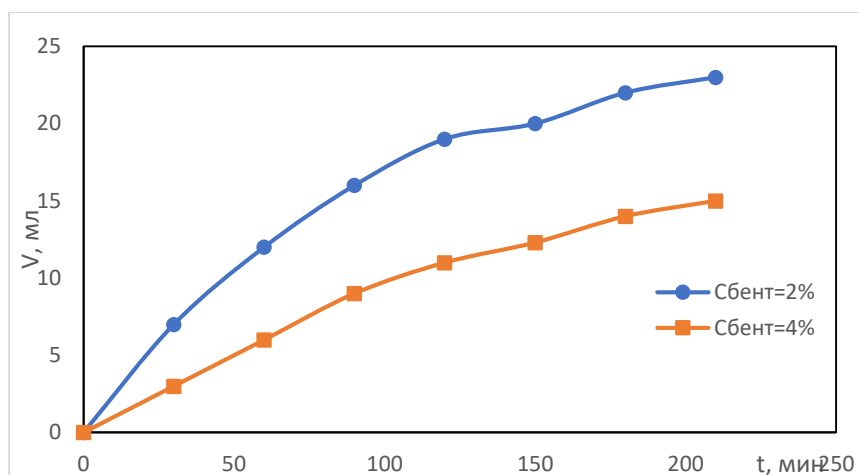


Рис.7. Влияние концентрации бентонита на V жидкости при $KCl=0,5\%$, $\tau_{уз}=30с$, $V=40мл$, $t=23оС$

В завершение отметим, что каждая точка на графиках соответствует объему синерезисной жидкости, которая выделилась из геля за время, указанное по горизонтали. Общим для всех опытов является то, что длина участков постоянных значений V сокращается по мере выделения синерезисной жидкости. Кроме этого, сокращается удаленность ступеней друг от друга в зависимости от продолжительности эксперимента.

Выводы

1. Выявлено, что бентонит ЧР относится к группе коллоидов, понижающих объем синерезисной жидкости.
2. Установлено, что добавление в гидрогель коагулянта KCl понижает объем синерезисной жидкости и при этом формируются ступенчатые графики, содержащие горизонтальные участки. Эти участки характеризуются тем, что в этом интервале времени синерезисной жидкостью не выделяется, так как идет процесс восстановления структуры геля.
3. Измельчение частиц дисперсной фазы бентонита под воздействием ультразвука приводит к значительному увеличению синерезисной жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов П. Е., Бочарникова Ю. И., Боева Н. М. Аналитические методы диагностики минерального состава бентонитовых глин. Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2015, № 4
2. Большова Е. В. Изучение синерезиса гидроколлоидов, используемых в технологии мясопродуктов. Дис. к.т.н. 2011. 154 с.
3. Головин Ю. И., Шибков А. А., Желтов М. А., Королев А. А., Маеров А.В. Электромагнитная и акустическая эмиссия при взрывной кристаллизации переохлажденной капли воды. Конденсированные среды и межфазные границы том 1 №4. С. 304-307
4. Ершов Ю.А. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем. М. «ГЭОТАР- Медиа» 2012. 351 с.
5. Зимон А. Д., Павлов А. Н. Коллоидная химия наночастиц. Москва Научный мир 2012. 218 с.

6. М. П. Жиленко, Ю. Е. Папина, А. П. Руденко Влияние сорбции ионов Ni(II) на синерезис и щелочной гидролиз набухших полиакриламидных гидрогелей. Вестник моск. ун-та. сер. 2.химия. 2000.Т.41. №1.С. 48-52.
7. Межидов В. Х., Дадашев Р. Х., Гацаев З. Ш., Гайрабеков И.Г. Влияние углекислого газа на свойства бентонита в водной суспензии \\Advances in engineering research. 2018. Pp. 307-310. <https://elibrary.ru/item.asp?Id=37194719/>
8. Межидов В. Х., Дадашев Р. Х., Гацаев З. Ш., Дадашева З. И., Талхигова З.И. Влияние углекислого газа на коллоидные свойства суспензий бентонита\\ Advances in engineering research. 2019. Pp. 452-457.
9. Покидько Б. В., Плетнев М. Ю., Мельникова М. М. Влияние электролита на процесс структурообразования в водных дисперсиях На-монтмороллонита таганского месторождения. Вестник МИТХТ, 2011, м. 6. №6, С. 113-119 10.
10. Сергеев Г.Б. Нанохимия. Изд-во Мос. Ун-та. 2007. 334 с.

REFERENCES

1. Belousov P. E., Bocharnikova Yu. I., Boeva N. M. Analytical methods for the diagnosis of the mineral composition of bentonite clays. Bulletin of the RUDN, Engineering Research Series, 2015, No. 4
2. Bolshova E. V. Study of syneresis of hydrocolloids used in meat products technology. Dis. Candidate of Technical Sciences 2011. 154 p.
3. Golovin Yu. I., Shibkov A. A., Zheltov M. A., Korolev A. A., Maerov A.V. Electro-magnetic and acoustic emission during explosive crystallization of a supercooled drop of water. Condensed media and interphase boundaries volume 1 No.4. Pp. 304-307.
4. Ershov Yu.A. Colloidal chemistry. Physical chemistry of dispersed systems. M. "GEOTAR- Media" 2012. 351 p.
5. Zimon A.D., Pavlov A. N. Colloidal chemistry of nanoparticles. Moscow Scientific World 2012. 218 p.
6. М. П. Zhilenko, Yu. E. Papina, A. P. Rudenko The effect of the sorption of Ni(II) ions on the cyanesis and alkaline hydrolysis of swollen polyacrylamide hydrogels. Bulletin of Moscow. un-ta. ser. 2. chemistry. 2000.Т.41. No.1. Pp. 48-52.
7. Mezhidov V. Kh., Dadashev R. Kh., Gatsaev Z. Sh., Gayrabekov I.G. The effect of carbon dioxide on the properties of bentonite in aqueous suspension \\Advances in engineering research. 2018. Pp. 307-310. <https://elibrary.ru/item.asp?Id=37194719/>
8. Mezhidov V. Kh., Dadashev R. Kh., Gatsaev Z. Sh., Dadasheva Z. I., Talkhigova Z.I. Influence of carbon dioxide on colloidal properties of bentonite suspensions\\ Advances in engineering research. 2019. Pp. 452-457.
9. Leshko B. V., Pletnev M. Yu., Melnikova M. M. The effect of electrolyte on the process of structure formation in aqueous dispersions of Na-montmorillonite of the Tagansky deposit. Bulletin of MITHT, 2011, м. 6. No. 6. Pp. 113-119 10.
10. Sergeev G.B. Nanochemistry. Mos Publishing House. Un-ta. 2007. 334 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ШИФФА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

© Мехдиева Лала Ашраф гызы (а), Мамедова Парвин Шамхал гызы (b),
Бабаев Эльбей Расим оглу (с)

- (а) Институт Химии Присадок, Азербайджан, г. Баку; докторант лаборатории «Смазочно-охлаждающие композиции»
(b) Институт Химии Присадок, Азербайджан, г. Баку; д.х.н., зав. лаборатории «Смазочно-охлаждающие композиции»
(с) Институт Химии Присадок, Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, в.н.с. лаборатории «Защитные органические соединения»

Аннотация. Основания Шиффа находят широкое применение в различных областях промышленности и быта. Кроме того, они часто используются в качестве лигандов для образования комплексных соединений, которые могут применяться в качестве катализаторов химических процессов. С другой стороны, наличие высокой биологической активности этих соединений позволяет использовать их в качестве лекарственных препаратов в фармакохимии и фармацевтике. Еще одной областью применения оснований Шиффа является их применение в качестве ингибиторов коррозии стали, меди, алюминия и сплавов этих металлов. В настоящей статье рассмотрены результаты исследований в области применения оснований Шиффа в качестве ингибиторов коррозии.

Ключевые слова: основания Шиффа, ингибиторы коррозии, адсорбция физическая и химическая, азометины, анилы.

APPLICATION OF SCHIFF BASES AS ACORROSION INHIBITORS

© Mehdiyeva Lala Ashraf (a), Mammadova Parvin Shamkhal (b),
Babayev Elbey Rasim (c)

- (a) Institute of Chemistry of Additives, Azerbaijan, Baku; doctoral student of the laboratory "Lubricating and cooling compositions"
(b) Institute of Chemistry of Additives, Azerbaijan, Baku; Doctor of Chemical Sciences, Head Laboratory "Lubricating and cooling compositions"
(c) Institute of Chemistry of Additives, Azerbaijan, Baku; Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher Laboratory of Protective Organic Compounds

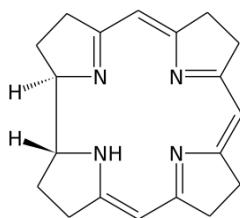
Abstract. Schiff bases are widely used in various fields of industry and everyday life. In addition, they are often used as ligands for the formation of complex compounds that can be used

as catalysts in chemical processes. On the other hand, the presence of high biological activity of these compounds allows them to be used as drugs in pharmacochemistry and pharmaceuticals. Another area of application for Schiff bases is their use as corrosion inhibitors for steel, copper, aluminum and alloys of these metals. This article discusses the results of research in the field of application of Schiff bases as corrosion inhibitors.

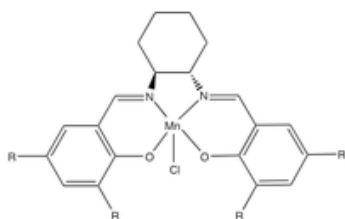
Key words: Schiff bases, corrosion inhibitors, physical and chemical adsorption, azomethines, anils.

Основания Шиффа можно рассматривать как производные альдегидов или кетонов, содержащих в своем составе азометиновую или иминную группу вместо карбонильной группы. Помимо того, что они часто используются в промышленности, они обладают разнообразными биологическими действиями. Это наиболее широко используемые органические химические вещества, которые применяются в качестве катализаторов, пигментов и красителей, стабилизаторов полимеров и промежуточных продуктов в органическом синтезе. Таким образом, альдегиды и кетоны реагируют с первичными алифатическими и ароматическими аминами с образованием оснований Шиффа. Первичный амин и альдегид обычно конденсируются в присутствии органических растворителей, таких как метанол, тетрагидрофуран и 1,2-дихлорэтан. Также было показано, что микроволновое облучение является наиболее простым методом синтеза простого основания Шиффа без отсутствия растворителей. Основания Шиффа имеют общую структуру $R_2C=NR'$. В зависимости от их структурного состава они могут быть либо вторичными кетеминами, либо альдимидами. Эти вещества названы в честь итальянского химика Хьюго Шиффа.

В некоторых случаях основания Шиффа используются в качестве лигандов для создания координационных комплексов с ионами металлов. Подобные комплексы существуют в природе, например, в коррине, но большинство оснований Шиффа являются искусственными и используются для образования многих важных катализаторов, таких как катализатор Якобсена.



коррин



катализатор Якобсена

Рис. 1. Структурные формулы коррина и катализатора Якобсена

Отмечается [1], что создание основания Шиффа стало большим шагом вперед в области координационной химии. Основания Шиффа сыграли определяющую роль в развитии координационной химии и явились ключевым моментом в развитии неорганической, бионеорганической химии и оптических материалов. Основания Шиффа, широко используемые в неорганической, органической и аналитической химии, составляют значительную часть наиболее часто используемых классов органических молекул. Способность лигандов оснований Шиффа образовывать стабильные комплексы металлов с широким спектром переходных и других ионов металлов делает их чрезвычайно полезными.

Комплексы неблагородных металлов Шиффа привлекли значительное внимание в научном сообществе из-за их уникальных свойств и универсального применения в различных областях, включая промышленность и биологию [2]. Эти комплексы проявляют различные биологические активности, включая противовирусные, цитостатические, антибактериальные, противораковые и противогрибковые свойства. Кроме того, они обладают исключительной каталитической активностью в отношении широкого круга соединений. В этом обзоре представлено всестороннее исследование истории, химии, синтеза и различных применений металлических комплексов на основе лигандов на основе Шиффа с акцентом на их биологическое и каталитическое применение.

В работах [3,4] сообщается, что аниловые соединения представляют собой основания Шиффа, полученные из анилинового фрагмента, содержащего фенильную или замещенную фенильную группу, которые иногда называют азокрасителями. Эти основания Шиффа могут быть получены непосредственно из ароматического амина с ароматическими карбонильными группами, которые стабильны и с ними можно манипулировать в различных и подходящих условиях. Явления координации оснований Шиффа с ионами металлов дают основаниям Шиффа хорошие преимущества для использования в синтезе красителей. Классификация красителей основана на химическом строении или на основе хромофорной системы. Красители на основе комплексов металлов представляют собой комбинации красителей и ионов металлов, в которых координационный комплекс может применяться или использоваться в качестве факторов улучшения в методах окрашивания. Исследование и характеристику полученных красителей проводили с использованием различных физических методов. Полученные красители наносили на различные волокна, такие как овечья шерсть и козья шерсть, с двумя основаниями Шиффа, синтезированными из салицилового альдегида либо с 2-аминофенолом, либо с 2-аминобензиловым спиртом. Также исследовано влияние протравного типа на процесс окрашивания.

В обзорной работе [5] подчеркивается разнообразное значение комплексов оснований Шиффа во многих областях, таких как координационная химия, катализ, фармацевтика, пищевая промышленность, красильная промышленность, аналитическая химия и биологические процессы.

Таким образом, основания Шиффа находят самое широкое применение в различных областях, в связи с чем исследования в области синтеза и применения этих соединений чрезвычайно актуальны. В этой работе нами рассмотрены исследования в области изучения антикоррозионных свойств оснований Шиффа.

Так, в работе [6] отмечается, что воздействие коррозии на окружающую среду очень опасно и требует больших мировых усилий и средств. Авторами обсуждается защита окружающей среды, металлов и металлических инфраструктур с помощью эффективных ингибиторов оснований Шиффа. Ингибиторы коррозии [(1E 3E)-N1,N3-дибутил-1-(тиофен-2-ил)бутан-1,3-диимин] (ГСБ-I) и [(1Z, 3Z)-N1, N3-бис(4-метилгексан-2-ил)-1-(тиофен-2-

ил)бутан-1,3-диимин] (ГСБ-II) были успешно синтезированы и оценены для защиты стали API 5L X65 (CS) в среде 1 М HCl с использованием электрохимических методов, СЭМ/ЭДС и квантово-химических расчетов. Эффективность ГСБ-I и ГСБ-2 пропорциональна концентрации теста. Было определено, что в присутствии 1 мМ ГСБ-I и ГСБ-II максимальная ингибирующая эффективность составляет 90,6 и 93,8% соответственно. Согласно потенциодинамическим поляризационным испытаниям, эти два соединения являются эффективными ингибиторами коррозии смешанного типа. Физисорбция и хемосорбция обоих ингибиторов следовали изотерме Ленгмюровской адсорбции на поверхности CS. Была изучена биологическая реактивность обоих ГСБ, и были получены обнадеживающие результаты в отношении противогрибкового, антибактериального, и биоцидные средства против сульфатредуцирующих бактерий (СРБ). Кроме того, с помощью расчетов DFT и моделирования молекулярной динамики (МД) было исследовано влияние молекулярной конфигурации ГСБ-I и ГСБ-II на поведение ингибирования коррозии в кислых средах.

Ингибирующая способность пяти производных азометина, таких как: 1-(4-метилоксифенилимино)-1-(фенилгидразоно)-пропан-2-он (SB1), 1-(4-метилфенилимино)-1-(фенилгидразоно)пропан-2-он (SB2), 1-(фенилимино)-1(фенилгидразоно)-пропан-2-он (SB3), 1-(4-Бромфенилимино)-1(фенилгидразоно)-пропан-2-он (SB4) и 1-(4-хлорфенилимино)-1(фенилгидразоно)-пропан-2-он (SB5) в качестве ингибиторов коррозии мягкой стали в серной кислоте 0,5 М исследовали различными методами. Все экспериментальные результаты показывают, что эти соединения являются эффективными ингибиторами. Эффективность ингибирования увеличивается с концентрацией ингибиторов. В $7,5 \times 10^{-5}$ М эффект ингибирования составлял 97,27%, 96,31%, 94,23%, 93,19 и 91,64% для SB1, SB2, SB3, SB4 и SB5 соответственно. Результаты потенциодинамической поляризации показали, что все исследованные ингибиторы действуют по смешанному типу. Процесс адсорбции на поверхности мягкой стали подчиняется изотерме Ленгмюра. Были рассчитаны и обсуждены соответствующие параметры активации и термодинамика. Адсорбированная пленка, образующаяся на поверхности металла, была охарактеризована методами СЭМ и ЭДС.

Два азометиновых лиганда, полученные из производных 2-4-дигидроксибензальдегида и бензиламина, были успешно синтезированы с помощью обычного метода конденсации [8]. Физико-химические свойства были установлены с помощью элементного анализа (CHNS), инфракрасной спектроскопии (IR) и спектроскопии ядерного магнитного резонанса (NMR). Результаты замедления коррозии двух азометинов, полученных из бензиламина, а именно А1 и А2, для низкоуглеродистой стали в 1М HCl при различных концентрациях были изучены на основе измерения поляризации и спектроскопии электрохимического импеданса (ЭИС). На основании результатов импеданса видно, что увеличение концентрации добавок одновременно увеличивает сопротивление переносу заряда и снижает емкость двойного слоя. Параметры измерения поляризации показали, что в присутствии ингибиторов коррозионный потенциал (E_{corr}) изменяется в направлении катодной области по сравнению с неингибированным раствором и подчиняется изотерме адсорбции Ленгмюра. Добавки А1 и А2 относятся к ингибиторам смешанного типа, так как сдвиг потенциала коррозии составляет менее ± 85 мВ по сравнению с потенциалом коррозии в отсутствие раствора ингибитора. Согласно электрохимическим измерениям, А2 демонстрирует эффективность ингибирования до 95%. Сканирующая электронная микроскопия

(СЭМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ) выявили улучшение состояния металлической подложки на границе раздела металл/раствор в присутствии ингибиторов А1 и А2. Согласно исследованию теории функционала плотности (DFT), ингибитор А2 улучшил эффективность ингибирования благодаря высокой растворимости в воде, в отличие от А1. Присутствие фтора в А2 приводит к тому, что граничные орбитали ВЗМО более делокализованы, чем в А1, что увеличивает адсорбцию всей молекулы на границе раздела металл/раствор, что также объясняет повышенную эффективность ингибирования по сравнению с А1. Выводы были подтверждены дальнейшими исследованиями, основанными на анализе элементного состава границы раздела металл/раствор с использованием рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). На основании анализа XPS было доказано, что адсорбция ингибитора А2 на поверхности раздела мягкая сталь-электролит в основном осуществляется посредством хемосорбции из углерода, обнаруженного в бензольном кольце, и физической адсорбции через азот в $C=N^+$, которые также объясняют улучшенную эффективность ингибирования по сравнению с А1.

Показано [9], что ингибирование коррозии хелатами переходных металлов, полученными из лигандов оснований Шиффа, было испытано на (мягкой, медной, нержавеющей, алюминиевой и углеродистой) стали в различных концентрациях (HCl , HNO_3 и H_2SO_4) в кислой среде при $25\text{ }^\circ C$ с помощью методов (потеря веса, потенциодинамическая поляризация, поляризационные кривые, спектроскопия электрохимического импеданса (EIS) и измерения потенциала разомкнутой цепи (ОСР)). Исследуемые соединения идентифицировали различными спектральными, аналитическими и физико-химическими методами. Было замечено, что исследуемые соединения оказывают значительное ингибирующее влияние на коррозию различных сталей в исследуемой среде. Анализ показывает, что увеличение дозы исследуемых комплексов улучшает соответствующие показатели ингибирующей эффективности. Отрицательные результаты свободной энергии адсорбции Гибба (ΔG_{ads}^0) свидетельствуют о спонтанной и физической адсорбции процесса подавления, что противоречит изотерме адсорбции Ленгмюра.

В работе [10] синтезированный N_4,N_4' -бис(2,3,4-нитробензилиден)бифенил-4-4'-диамин(В1-В3) был испытан в качестве ингибитора при контроле коррозии углеродистой стали в 3,5% растворе $NaCl$ с использованием потенциала разомкнутой цепи (ОСР) при четырех различных температурах (293, 303, 313 и 323 К). Кроме того, морфологию поверхности исследовали с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ). Также было исследовано влияние использования различных оснований Шиффа и температуры. Основания Шиффа были синтезированы и охарактеризованы с помощью инфра-красной спектроскопии с преобразованием Фурье (FT-IR) и атомно-силовой микроскоп (АСМ) характеризуются. Экспериментальные результаты показали, что основания Шиффа могут рассматриваться как превосходные ингибиторы коррозии углеродистой стали в 3,5% растворе $NaCl$, при этом присутствие оснований Шиффа значительно подавляло коррозию углеродистой стали. Эффективность ингибирования снижается с повышением температуры. Рассчитывали кинетические и термодинамические параметры активации (E_a , A , ΔH^* , ΔS^* и ΔG^*).

В работе [11] исследуются физические характеристики некоторых оснований Шиффа для определения наилучших ингибиторов коррозии с использованием 6-311G/ (д, п) базового набора и функциональную теорию плотности (DFT) для оценки эффективности ингибитора. Физические характеристики, такие как энергия ионизации (дипольный момент, мягкость и твердость) вычисляются для соединений с занятыми орбиталями (энергетическая щель).

Новое производное азометина, а именно 5-(((4-гидроксibenзилиден)амино)метил)хинолин-8-ол (НВНQ), было синтезировано и идентифицировано различными спектроскопическими методами [12]. Продукт оценивали в отношении ингибирования коррозии углеродистой стали (CS) в 1 М HCl с использованием тафелевской поляризации, потери веса и спектроскопии электрохимического импеданса. Их свойство антикоррозионной активности относительно в концентрациях и достигало 92 % при оптимальной концентрации 10^{-3} М. Поляризационные исследования показали, что вновь синтезированный ингибитор имеет смешанный характер. Данные ЭИС показывают, что образование защитного слоя из производного азометина увеличивает сопротивление переносу заряда и снижает емкость двойного слоя углеродистой стали в кислой среде. Процесс адсорбции НВНQ на границе раздела углеродистой стали в соляной кислоте изучали при различных температурах (298–338 К) с помощью тафелевских поляризационных измерений. Адсорбция азометинового производного на поверхности углеродистой стали (CS) следовала изотерме адсорбции Ленгмюра, и для определения характера процесса адсорбции были оценены различные термодинамические и активационные параметры. Квантово-химические расчеты проводились с использованием методов, основанных на теории функционала плотности (DFT/B3LYP) и моделировании методом Монте-Карло (MC). Действительно, результаты, полученные этим расчетом, отражают хорошее согласие с практической частью.

Соединения оснований Шиффа N,N - бис(салицилидин)-4,4 - диаминостильбен(SDS) и N,N - бис(салицилидин)-4,4- были синтезированы диаминоазобензолы (SDA), и их молекулярная структура определена с помощью FT-IR и ^1H ЯМР [13]. Ингибирование коррозии соединениями на основе Шиффа на алюминиевом сплаве 2024 в 1 М соляной кислоте оценивали методами потенциодинамической поляризации, импеданса, метода потери веса и метода сканирующей электронной микроскопии. Исследования потенциодинамической поляризации (PDP) показали, что соединения SDS и SDA действуют преимущественно как катодные ингибиторы. Параметры спектроскопии электрохимического импеданса (ЭИС) подтвердили адсорбцию молекул SDS и SDA на поверхности алюминиевого сплава 2024 путем образования ингибирующего слоя. Исследования потери веса показали, что эффективность ингибирования этих соединений увеличивается непосредственно с концентрацией и снижается с увеличением температуры раствора и времени погружения. Рассчитаны термодинамические параметры для исследования механизма ингибирования коррозии. Было обнаружено, что SDA более эффективен, чем SDS, и соответствует модели изотермы адсорбции Ленгмюра. Результаты растровой электронной микроскопии (СЭМ) показали, что ухудшение поверхности сплава в присутствии ингибитора минимально. Обе молекулы основания Шиффа продемонстрировали превосходное ингибирование коррозии для алюминиевого сплава 2024 в среде HCl.

Ингибирование коррозии меди двумя новыми основаниями Шиффа в 0,5 М H_2SO_4 при 250°C было изучено с помощью электрохимических тестов (потенциодинамическая поляризация и метод импеданса переменного тока) [14]. Эти исследования показали, что два основания Шиффа являются хорошими ингибиторами меди в 0,5 М H_2SO_4 . Полученные результаты показывают, что с увеличением концентрации двух оснований Шиффа значения сопротивления поляризации (Rt) увеличиваются, значения емкости двойного слоя (Cdl) уменьшаются, а эффективность ингибирования увеличивается. Процесс ингибирования связывают с образованием на поверхности металла адсорбционной пленки, защищающей

металл от агрессивных агентов. Было обнаружено, что эти два основания Шиффа химически адсорбируются на поверхности меди и следуют изотерме Ленгмюра. Поляризация Тафеля показала, что два основания Шиффа действуют как анодные ингибиторы.

Атомистическое моделирование и симуляции становятся все более важными в области ингибирования коррозии [15]. В этой работе метод моделирования Монте-Карло, включающий молекулярную механику и молекулярную динамику, был использован для моделирования адсорбции двух производных основания Шиффа, а именно 4-(4-аминостирил)-N,N-диметиланилина (АНД) и 2-((4-(4-(4-диметиламино))фенилимино)метил) (ДСМ), на поверхности меди. Наши результаты показывают, что оба соединения являются потенциальными ингибиторами коррозии меди, а эффективность ингибирования DSM выше, чем у AND.

Работа [16] посвящена коррозии низкоуглеродистой стали в 1M HCl и ингибирующему действию лигандов оснований Шиффа [N-(*n*-анизалиден)-6-метокси-1,3-бензотиазол-2-амин (АМБТА) и N-(2-гидрокси-1-нафталиден)-6-метокси-1,3-бензотиазол-2-амин (ГНМБТА)], полученных из 2-амино-6-метокси-бензотиазола (АМБТ) методом потери веса и электрохимическими исследованиями. Морфологию поверхности пластин из мягкой стали в присутствии и в отсутствие ингибиторов исследовали с помощью СЭМ.

Эффективность ингибирования коррозии двух новых оснований Шиффа, а именно (E)-3-[тиофен-2-илметиленамино]бензойной кислоты (Т2УМАВА) и (E)-4-(5-[(2-фенилгидразино)метил]тиофен-2-ил)бензойной кислоты (РНМТ2УВА), на мягкой стали (MS) в 1,0 M растворе HCl была исследована и сопоставлена с использованием спектроскопии электрохимического импеданса и мощного иодинамического поляризационного анализа [17]. Основания Шиффа продемонстрировали очень хорошее ингибирование коррозии низкоуглеродистой стали в среде 1,0 M HCl, и эффективность ингибирования увеличивалась с увеличением концентрации ингибитора. Поляризационные исследования показали, что Т2УМАВА действует как ингибитор смешанного типа, тогда как молекулы РНМТ2УВА действуют как анодный ингибитор.

Три новых основания Шиффа, полученные из 3-формилхромона с сульфамиридазином (К3), 3-формил-6-метилхромом с сульфаметоксипиридазином (Н3) и 3-формил-6-метилхромом с сульфатпроксиллом (Н4) синтезированы в работе [18]. Структуры были подтверждены ИК, ^1H и ^{13}C NMR и масс-спектрометрией. Ингибирование коррозии этих соединений на углеродистой стали в технической воде были исследованы с использованием методов потери веса и поляризации Тафеля. Исследовано влияние температуры и концентрации. Соединения были проверены на их *in vitro* антимикробную активность в отношении четырех типов бактерий, широко известных на нефтяных месторождениях.

В работе [19] три основания Шиффа (SB), а именно 2-(2-гидроксибензилиденамино) гептандиовая кислота (SB-1), 2-(4-(диметиламино)бензилиденамино)гептандиовая кислота (SB-2) и 2-(4-гидрокси-3-метоксибензилиденамино) гептандиовой кислоты (СБ-3) и их коррозионно-ингибирующие свойства на мягких сталях в 1M HCl были исследованы с использованием методов потери веса, потенциодинамической поляризации и электрохимического импеданса спектроскопии (EIS). Потенциодинамические поляризационные измерения показывают, что SB действуют как ингибиторы смешанного типа. Морфологию поверхности мягкой стали исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Со-

став поверхности оценивали с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX), чтобы показать наличие SBs на поверхности из мягкой стали. Адсорбция SB на поверхности мягкой стали подчиняется изотерме адсорбции Ленгмюра.

В работе [20] эффективность некоторых синтезированных оснований Шиффа в качестве ингибиторов коррозии исследовалась с использованием гравиметрических и FTIR-методов. Основания Шиффа были охарактеризованы с использованием инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Основания Шиффа, имеющие различные лиганды (а именно, лиганд меди (CuL) и лиганд железа (FL)) исследовали на предмет их эффективности в отношении ингибирования коррозии алюминия в HCl (0,1 М) и H₂SO₄ (0,05 М) соответственно гравиметрическим методом. Результаты показывают хорошую эффективность ингибирования, которая увеличивается с увеличением концентрации ингибитора, но снижается с повышением температуры и продолжительностью контакта. Изотерма адсорбции Ленгмюра лучше всего соответствовала адсорбционным характеристикам ингибиторов, и адсорбция была спонтанной, эндотермической, упорядоченной и соответствовала механизму физической адсорбции. Таким образом, синтезированные основания Шиффа считаются полезными продуктами для ингибирования коррозии алюминия в средах HCl и H₂SO₄. Однако эффективность ингибирования лучше в H₂SO₄, чем в HCl из-за пассивации.

Подводя итог по результатам исследований в области применения оснований Шиффа в качестве ингибиторов коррозии, можно заключить, что эти соединения обладают хорошими антикоррозионными свойствами и могут быть использованы в качестве ингибиторов коррозии в нефтехимическом производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meena R., Kumari A., Sharma A. Schiff Bases and Their Metal Complexes: Synthesis, Structural Characteristics and Applications // in Book Schiff Base in Organic, Inorganic and Physical Chemistry. 2023. 396 p.
2. Boulechfar Ch., Delimi A., Djedouani A. Schiff Bases and Their Metal Complexes: A review on the history, synthesis, and applications // Inorganic Chemistry Communications. 2023. N 1. Pp. 1-24
3. Abuamer K., Maihub A., El-Ajaily M., Etorki A. The Role of Aromatic Schiff Bases in the Dyes Techniques // International Journal of Organic Chemistry. 2014. Vol. 4. N 1. Pp. 7-15
4. Abuamer K., El-Ajaily M., Maihub A., Elarbi F. The Role of Schiff Bases in Dyes Techniques Applications: A Review // Asian Journal Adv. Basic Sci. 2018. Vol. 6. N 1. Pp. 77-85
5. Kumar R., Ravikant A. Review on Synthesis and Application of Schiff base and its transition metal complexes // Research Journal of Chemical And Environmental Sciences. 2014. Vol. 2. N 2. Pp. 1-4
6. Farag A., Toghan A., Mostafa M., Lan Ch. Environmental Remediation through Catalytic Inhibition of Steel Corrosion by Schiff's Bases: Electrochemical and Biological Aspects // Catalysts. 2022. Vol. 12. N 8. Pp. 838-844

7. Hamani H., Daoud D., Behabid S., Douadi T. Investigation on corrosion inhibition and adsorption mechanism of azomethine derivatives at mild steel/0.5 M H₂SO₄ solution interface: Gravimetric, electrochemical, SEM and EDX studies // Journal of the Indian Chemical Society. 2022. Vol. 99. N 2. Pp. 100330-100337
8. Hashim N., Zakiah N., Ashraf M., Kahar K. Experimental and theoretical studies of azomethines derived from benzylamine as corrosion inhibitors of mild steel in 1 M HCl // Journal of Molecular Structure. 2020. Vol. 1222. N 1. Pp. 128899-128904
9. El-Lateef H., El-Dabea T., Khalaf M., Abu-Dief A. Innovation of Imine Metal Chelates as Corrosion Inhibitors at Different Media: A Collective Study // Inter. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23. N 16. Pp. 9360-9367
10. Mohammed M. T., Al-Sieadi W. N., Al-Jeilawi O.H.R. Corrosion inhibitor of carbon steel in 3.5%NaCl solution with Schiff base compounds // International Journal of Health Sciences. 2022. Vol. 6. N 6. Pp 57-75.
11. Abdullah A., Naser A. Predict the ability of inhibition corrosion by AzoSchiff bases compounds derivatives // International Journal of Mechanical Engineering. 2022. Vol. 7. N 1. Pp. 6433-6439
12. El-Yakimi A., Lachiri A., Faydy E., Benhiba F. Inhibitor effect of new azomethine derivative containing an 8-hydroxyquinoline moiety on corrosion behavior of mild carbon steel in acidic media // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. Vol. 7. N 4. Pp. 609-632
13. Bhascara Sh., Fakrudeen S., Desalegn T., Murthy H. Evaluation of Corrosion Inhibition Efficiency of Aluminum Alloy 2024 by Diaminostilbene and Azobenzene Schiff Bases in 1 M Hydrochloric Acid // International Journal of Corrosion. 2021. Vol. 2021. N 5. Pp. 1-7
14. Ravari F.B., Dadgarinezhad A., Shekhshosei I. Investigation on two salen type schiff base compounds as corrosion inhibition of copper in 0.5 M H₂SO₄ // Gazi University Journal of Science. 2009. Vol. 22. N 3. Pp. 175-182
15. Guo L., Ren X., Zhou Y., Shenying X. Monte Carlo simulations of corrosion inhibition of copper by two Schiff bases // Proceedings of the 2015 International Conference on Materials, Environmental and Biological Engineering. 2015. 131-134 pp.
16. Bagavathy S., Ganesan P.K. Corrosion inhibition studies on Schiff bases derived from 2-amino-6-methoxy-benzothiazole // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2015. Vol. 7. N 2. Pp. 830-839
17. Kuriakose N., Thomas J., Raphael V., Varghese S. Quantum mechanical and electrochemical investigations on corrosion inhibition properties of novel heterocyclic Schiff bases // Current Chemistry Letters. 2017. Vol. 6. N 4. Pp. 177-186
18. Hadi J.S., Bhkakh C. Corrosion, inhibition and biological evaluation investigations of Schiff bases derived from formyl chromone // Pelagia Research Library. 2015. Vol. 6. N 5. Pp. 103-112
19. Verma B., Quraishi M.A. Schiff's Bases of Glutamic Acid and Aldehydes as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel: WeightLoss, Electrochemical and Surface Analysis // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2014. Vol. 3. N 7. Pp. 14601-14613

20. Aliyu A.O., Awe F.E., Faruruwa M.D., Abawua T.E. Synthesis of Some Schiff Bases and Investigation of their Corrosion Inhibition Efficiencies for Aluminum in Acidic Media // Communications in Physical Sciences. 2022. Vol. 8. N 1. Pp. 42-57

REFERENCES

1. Meena R., Kumari A., Sharma A. Schiff Bases and Their Metal Complexes: Synthesis, Structural Characteristics and Applications // in Book Schiff Base in Organic, Inorganic and Physical Chemistry. 2023. 396 p.
2. Boulechfar Ch., Delimi A., Djedouani A. Schiff Bases and Their Metal Complexes: A review on the history, synthesis, and applications // Inorganic Chemistry Communications. 2023. N 1. Pp. 1-24
3. Abuamer K., Maihub A., El-Ajaily M., Etoriki A. The Role of Aromatic Schiff Bases in the Dyes Techniques // International Journal of Organic Chemistry. 2014. Vol. 4. N 1. Pp. 7-15
4. Abuamer K., El-Ajaily M., Maihub A., Elarbi F. The Role of Schiff Bases in Dyes Techniques Applications: A Review // Asian Journal Adv. Basic Sci. 2018. Vol. 6. N 1. Pp. 77-85
5. Kumar R., Ravikant A. Review on Synthesis and Application of Schiff base and its transition metal complexes // Research Journal of Chemical And Environmental Sciences. 2014. Vol. 2. N 2. Pp. 1-4
6. Farag A., Toghan A., Mostafa M., Lan Ch. Environmental Remediation through Catalytic Inhibition of Steel Corrosion by Schiff's Bases: Electrochemical and Biological Aspects // Catalysts. 2022. Vol. 12. N 8. Pp. 838-844
7. Hamani H., Daoud D., Behabid S., Douadi T. Investigation on corrosion inhibition and adsorption mechanism of azomethine derivatives at mild steel/0.5 M H₂SO₄ solution interface: Gravimetric, electrochemical, SEM and EDX studies // Journal of the Indian Chemical Society. 2022. Vol. 99. N 2. Pp. 100330-100337
8. Hashim N., Zakiah N., Ashraf M., Kahar K. Experimental and theoretical studies of azomethines derived from benzylamine as corrosion inhibitors of mild steel in 1 M HCl // Journal of Molecular Structure. 2020. Vol. 1222. N 1. Pp. 128899-128904
9. El-Lateef H., El-Dabea T., Khalaf M., Abu-Dief A. Innovation of Imine Metal Chelates as Corrosion Inhibitors at Different Media: A Collective Study // Inter. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23. N 16. Pp. 9360-9367
10. Mohammed M. T., Al-Sieadi W. N., Al-Jeilawi O.H R. Corrosion inhibitor of carbon steel in 3.5%NaCl solution with Schiff base compounds // International Journal of Health Sciences. 2022. Vol. 6. N 6. Pp 57-75.
11. Abdullah A., Naser A. Predict the ability of inhibition corrosion by AzoSchiff bases compounds derivatives // International Journal of Mechanical Engineering. 2022. Vol. 7. N 1. Pp. 6433-6439
12. El-Yakimi A., Lachiri A., Faydy E., Benhiba F. Inhibitor effect of new azomethine derivative containing an 8-hydroxyquinoline moiety on corrosion behavior of mild carbon steel in acidic media // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. Vol. 7. N 4. Pp. 609-632

13. Bhascara Sh., Fakrudeen S., Desalegn T., Murthy H. Evaluation of Corrosion Inhibition Efficiency of Aluminum Alloy 2024 by Diaminostilbene and Azobenzene Schiff Bases in 1 M Hydrochloric Acid // International Journal of Corrosion. 2021. Vol. 2021. N 5. Pp. 1-7
14. Ravari F.B., Dadgarinezhad A., Shekhshosei I. Investigation on two salen type schiff base compounds as corrosion inhibition of copper in 0.5 M H₂SO₄ // Gazi University Journal of Science. 2009. Vol. 22. N 3. Pp. 175-182
15. Guo L., Ren X., Zhou Y., Shenying X. Monte Carlo simulations of corrosion inhibition of copper by two Schiff bases // Proceedings of the 2015 International Conference on Materials, Environmental and Biological Engineering. 2015. 131-134 pp.
16. Bagavathy S., Ganesan P.K. Corrosion inhibition studies on Schiff bases derived from 2-amino-6-methoxy-benzothiazole // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2015. Vol. 7. N 2. Pp. 830-839
17. Kuriakose N., Thomas J., Raphael V., Varghese S. Quantum mechanical and electrochemical investigations on corrosion inhibition properties of novel heterocyclic Schiff bases // Current Chemistry Letters. 2017. Vol. 6. N 4. Pp. 177-186
18. Hadi J.S., Bhkakh C. Corrosion, inhibition and biological evaluation investigations of Schiff bases derived from formyl chromone // Pelagia Research Library. 2015. Vol. 6. N 5. Pp. 103-112
19. Verma B., Quraishi M.A. Schiff's Bases of Glutamic Acid and Aldehydes as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel: WeightLoss, Electrochemical and Surface Analysis // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2014. Vol. 3. N 7. Pp. 14601-14613
20. Aliyu A.O., Awe F.E., Faruruwa M.D., Abawua T.E. Synthesis of Some Schiff Bases and Investigation of their Corrosion Inhibition Efficiencies for Aluminum in Acidic Media // Communications in Physical Sciences. 2022. Vol. 8. N 1. Pp. 42-57

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРИНА

© Сулейманова Эльмира Исмаил гызы

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры «Химия
и технология неорганических веществ», suleymanova1944@mail.ru

Аннотация. Серин представляет собой кислую α -аминокислоту, у которой L- энантиомер является одним из 22 протеиногенных аминокислот. Серин - одна из самых распространенных аминокислот в белковых макромолекулах. D-серин синтезируется серин рацемазом из L-серина, служит в качестве нейронного сигнала в активации рецептора NMDA в мозге. Кроме того, в живых организмах серин выполняет ряд очень важных функций, в связи с чем качественное и количественное определение серина в аналитической химии и фармацевтике имеет очень важное значение. Разработка новых эффективных методов определения серина в биологических образцах безусловно, имеет важный как научный, так и практический интерес. В представленной работе показаны основные физико-химические методы определения серина на современном этапе.

Ключевые слова: физические методы исследования, серин, аминокислоты, рацемические смеси, энантиомеры, хроматография, спектрофотометрия.

APPLICATION OF PHYSICO-CHEMICAL METHODS OF ANALYSIS FOR THE DETERMINATION OF SERINE

© Suleymanova Elmira Ismayil

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; doctor of philosophy in chemistry, Senior Lecturer at the Department of «Chemistry and Technology of Inorganic Substances», suleymanova1944@mail.ru

Abstract. Serine is an acidic α -amino acid in which the L-enantiomer is one of the 22 proteinogenic amino acids. Serine is one of the most common amino acids in protein macromolecules. D-serine is synthesized by serine racemase from L-serine and serves as a neural signal in the activation of the NMDA receptor in the brain. In addition, serine performs a number of very important functions in living organisms, and therefore the qualitative and quantitative determination of serine in analytical chemistry and pharmaceuticals is very important. The development of new effective methods for the determination of serine in biological samples is undoubtedly of great scientific

and practical interest. The presented work shows the main physicochemical methods for the determination of serine at the present stage.

Key words: physical methods, serine, amino acids, racemic mixtures, enantiomers, chromatography, spectrophotometry.

Серин представляет собой 2-амино-3-гидроксипропановую кислоту и существует в виде двух оптических изомеров – L- и D-изомеры.

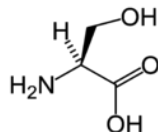


Рис.1. Серин

L- серин принимает участие в построении почти всех природных белков и относится к группе заменимых аминокислот. Он может вырабатываться в организме человека из промежуточного продукта гликолиза – 3-фосфоглицерата. Серин выполняет ряд очень важных функций:

- участвует в образовании активных центров ряда ферментов (эстераз, пептидогидролаз);
- фосфорилирование остатков серина в составе белков имеет важное значение в механизме межклеточной передачи сигналов;
- участвует в биосинтезе ряда других аминокислот (глицина, цистеина, метионина, триптофана)
- подвергается прямому и косвенному дезаминированию с образованием пировиноградной кислоты, которая в дальнейшем включается в цикл Кребса

D-серин образуется из L-серина при помощи фермента серин-рацемазы и является эндогенным лигандом глицинового сайта NMDA-рецептора.

Учитывая высокое биологическое значение серина для организма, необходима разработка эффективных методов идентификации серина, а также количественная оценка его содержания в биообразцах. В настоящей работе нами рассмотрены основные методы, используемые для определения серина в фармацевтике и аналитической химии. Так, в работе [1] разработана простая и универсальная методика с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием для одновременного определения d-серина наряду с другими метаболически родственными нейрорактивными аминокислотами в глутаматергической системе: L-серин, L-глутамат, L-глутамин, и глицин. Чувствительность на колонке находилась в нижнем диапазоне пикомолей. Было обнаружено, что из двух исследованных хиральных тиоловых реагентов аминокислотные производные о-фталдальдегида (ОФА) в сочетании с N-изобутирил-L-цистеином имеют стабильно более высокие отклики, чем соответствующие производные N-трет-бутилокси-карбонил-L-цистеина.

Для чувствительного и селективного определения D-серина (D-Ser) и D-аланина (D-Ala) и их количеств в тканях и физиологических жидкостях мышечной ткани с различными D-аминогруппами были разработаны процедуры двумерной ВЭЖХ [2]. Была продемонстрирована активность кислой оксидазы (ДАО). Эти две D-аминокислоты являются модуляторами

нейротрансмиссии, опосредованной N-метил-D-аспартатным рецептором, и изменения их количества, следующие за изменениями активности ДАО, представляют интерес. После предколоночной дериватизации 4-фтор-7-нитро-2,1,3-бензоксадиазолом (NBD-F) определяли D-аминокислоты с помощью системы 2D-ВЭЖХ с флуоресцентными детекторами. В качестве первого размера была выбрана монолитная колонка с микропорами ODS (750 мм x внутренний диаметр 0,53 мм) и энантиоселективная колонка типа Пиркла с узкой насадкой (Sumichiral OA-2500S, 250 мм x внутренний диаметр 1,5 мм) был выбран для второго размера. Нижние пределы количественного определения D-Ser и D-Ala составляли 500 амоль, а точность в течение дня и день за днем составляла менее 6,8%. С помощью этих методов определяли количество D-Ser и D-Ala в 6 тканях головного мозга, 4 периферических тканях, сыворотке и моче мышей с различной активностью ДАО; количество этих D-аминокислот резко увеличивалось при снижении активности ДАО, за исключением случаев D-Ser в лобных отделах мозга. Настоящие процедуры микро-2D-ВЭЖХ являются мощными инструментами для определения небольших количеств D-Ser и D-Ala в образцах млекопитающих, и полученные результаты будут полезны для разработки новых лекарств, которые модулируют активность ДАО.

В работе [3] сообщается, что D-серин является коагонистом рецептора N-метил-D-аспартата в нейротрансмиссии глутамата и был предложен в качестве потенциального терапевтического средства для лечения шизофрении. Однако D-серин также действует как нефротоксичное вещество у крыс в высоких дозах. Для исследования фармакокинетики и токсикокинетики D-серина был разработан метод стереоселективного определения энантиомеров серина в плазме крыс с использованием ГХ-МС с мониторингом выбранных ионов (ГХ-МС-SIM). Серин использовали в качестве внутреннего стандарта для учета потерь, связанных с экстракцией, дериватизацией и хроматографией. Энантиомеры серина очищали катионообменной хроматографией с использованием картриджа BondElut SCX и дериватизировали HCl в метаноле с образованием метилового эфира с последующим N, O-диацилированием оптически активным (+)- α -метокси- α -трифторметилфенилацетилхлоридом с образованием эпимерного амида. Количественное определение молекулярных ионов эпимеров проводили с помощью СИМ в режиме химической ионизации. Внутриведенная и междневная воспроизводимость анализа составляла менее 5% для D-серина и 3% для L-серина. Метод был последовательно применен для изучения фармакокинетики D-серин у крыс.

Метод капиллярного электрофореза с детектированием флуоресценции, индуцированной светодиодом в колонке, описан для одновременного определения D, L-серина в среднем мозге мыши с болезнью Паркинсона [4]. D,L-серин был дериватизирован изотиоцианатом флуоресцеина, а хиральное разделение и определение производных D,L-серина были выполнены на лабораторной системе капиллярного электрофореза с индуцированным светодиодом детектором флуоресценции в колонке с использованием γ -циклодекстрина в качестве хирального селектора. С помощью этого метода определяли уровни D- и L-серина в среднем мозге мышей с болезнью Паркинсона. При сравнении с контролем уровни D- и L-серина показали значительные различия.

Сообщается [5], что некоторые аминокислоты имеют хиральный центр и поэтому могут существовать в виде D- и L-изомеров. Синтез аминокислот, таких как D-серин, L-серин

используется в качестве исходного материала, в образце может присутствовать непрореагировавший L-серин. Этот L-серин является оптическим энантиомером D-серина, поэтому этот энантиомер необходимо определить количественно. Таким образом, авторы разработали простой, чувствительный, точный и специфичный метод ВЭЖХ для разделения L-энантиомера D-серина с использованием колонки Agilent zorbax SB-C18, 150 мм x 4,6 мм, 3,5 мкм для ВЭЖХ. В качестве подвижной фазы использовали 10 мМТрис-буфер с pH 3,0±0,05 и метанол с градиентным отношением. В структуре D-серина хромофора не наблюдалось, поэтому автор дериватизировал образец с помощью реагента Марфея и дополнительно подтвердил метод в соответствии с руководством ICH Q2 (R1), и тот же метод можно использовать для качественного анализа.

Описаны способы применения L-сериндегидратазы, очищенной из *Clostridium acidurici*, для определения концентрации L-серина и удельной радиоактивности L- [¹⁴C]-серина в плазме овец [6]. Спектрофотометрический анализ с использованием этого фермента точно измерил концентрацию L-серина в стандартных растворах и в коммерчески доступной смеси аминокислот и родственных соединений. Было показано, что этот анализ подходит для измерения концентраций L-серина в плазме, превышающих 30 мкМ. Метод обратного изотопного разбавления использовали для измерения удельной радиоактивности плазмы L-СЕРИНА. К плазме добавляли носитель L-серин и отделяли от нейтральных и анионных соединений с помощью ионообменной хроматографии. Затем L-серин превращали в пируват с помощью L-сериндегидратазы и очищали как производное фенилгидразона. После перекристаллизации, сушки и взвешивания производное анализировали на радиоактивность. Точность этого метода проверяли добавлением L- [U-¹⁴C]серина в плазму и сравнением экспериментально определенной удельной радиоактивности L- [¹⁴C]серина с расчетным значением. Метод дал значение, которое составило 98,6 ± 0,8% (5) от этого расчетного значения.

Показано [7], что соотношения ¹³C/¹²C в аминокислотах, специфичные для позиций, остаются в значительной степени неисследованными в образцах окружающей среды из-за методологических ограничений. Авторы работы предположили, что образцы изотопов серина в естественном содержании могут служить показателем метаболических потоков растений, включая фотодыхание. В этой работе они описывают метод Orbitrap, оптимизированный для позиционно-специфического анализа изотопов углерода серина, чтобы проверить гипотезу и обсудить применимость этого метода к другим аминокислотам. Соотношения изотопов углерода серина в зависимости от положения измеряли с использованием прибора Thermo Scientific™ Q Exactive™ GC Orbitrap™. Аминокислоты гидролизовали из биомассы арабидопсиса, очищали от потенциальных помех матриксу и производили вместе со стандартами. Производное серина (N,O-бис(трифторацетил)метиловый эфир) выделяли с помощью газовой хроматографии, улавливали в резервуаре и продували в источник электронной ионизации в течение десятков минут, образуя фрагментные ионы, содержащие различные комбинации атомов из производного серина. молекула. Отношения ¹³C/¹²C фрагментов с моноизотопными массами 110,0217, 138,0166 и 165,0037 Да контролировали в масс-анализаторе и использовали для расчета значений δ¹³C в зависимости от положения относительно рабочего стандарта. Установлено, что эта методология ограничивает значения δ¹³C для конкретных положений для наномолярных количеств серина, выделенного из

химически сложных смесей. Значения $\delta^{13}\text{C}$ фрагментных ионов серина были охарактеризованы с точностью $\leq 1\%$, что привело к распространению стандартных ошибок 0,7–5% для каждого положения углерода. Позиционно-специфические значения $\delta^{13}\text{C}$ различались примерно на $28 \pm 5\%$ между молекулами серина, гидролизованного из растений, выращенных в условиях контрастного pCO_2 , выбранных для стимулирования различных потоков посредством фотосинтеза и фотодыхания. Метод был проверен с использованием стандартов чистого серина, охарактеризованных в автономном режиме.

Описанный ранее метод определения более чем одной сериновой протеиназы одновременно с помощью хроматографии гидрофобного взаимодействия их комплексов с апротинином неприменим, когда совместно элюируются другие УФ-поглощающие частицы [8]. Таким образом, пригодность меченого ^{125}I апротинина в качестве реагента была проверена при анализе смесей, содержащих трипсин, α -химотрипсин и калликреин, взятых в качестве моделей, в присутствии рибонуклеазы и лизоцима. Описана новая методика, позволяющая без внесения изменений в хроматографическое разделение проводить прямое определение сериновых протеиназ по молярности. Приведены результаты, полученные в экспериментах с растворами, содержащими от 0,20 до 30,00 нмоль каждой сериновой протеиназы.

Известно, что серологическое поведение эритроцитов изменяется при обработке разбавленными растворами периодата калия. Имеются также некоторые данные о том, что при взаимодействии растворов периодата калия с эритроцитами расходуются измеримые количества периодат-иона. При исследовании потребления периодат-ионов эритроцитами был разработан метод определения относительно небольших количеств серина [9].

Посттрансляционные модификации (ПТМ) серина и треонина происходят по различным механизмам, включая фосфорилирование, сульфатирование и различные типы модификаций сахарной цепи, что делает характеристику полученных структур очень трудоемкой. Более того, чтобы полностью понять биологические функции ПТМ, необходимо проанализировать как сайты модификации, так и модифицированные структуры. В настоящей работе [10] описывается новая универсальная стратегия, в которой высвобождаемый О-гликан и ранее гликозилированный/фосфорилированный пептид метятся и, таким образом, подлежат дальнейшему изучению. В этом подходе гликопептиды/фосфолипиды подвергаются β -элиминированию в присутствии производных пиразолона (ВЕР), которые в той же реакции метят ранее гликозилированный/фосфорилированный пептид. Реакция, по существу, представляет собой β -элиминирование/присоединение Михаэля, в котором используется донор Михаэля, образующий углерод-углеродную связь, а не гетероатомный донор Михаэля. О-гликаны, высвобождаемые при ВЕР, извлекаются в виде производных бис-пиразолона без каких-либо обнаруживаемых побочных реакций (шелушения). Используя этот метод, профили О-гликанов модельных гликопротеинов муцинового типа были успешно проанализированы. Стратегия ВЕР различает фосфорилированные и GlcNAcylated пептиды, поскольку расщепленный GlcNAc можно обнаружить. Кроме того, как освобожденный О-гликан, так и ранее гликозилированный пептид могут быть селективно помечены различными реагентами посредством реакции β -элиминирования, проводимой в присутствии пиразолона и донора тиола Михаэля.

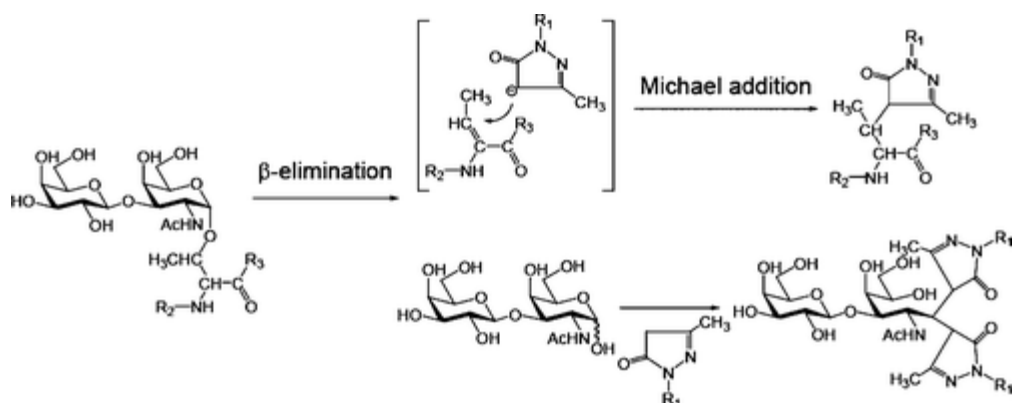


Рис.2. Физико-химические методы анализа для определения серина также сообщались в работах [11-15].

Авторы работы [16] сообщают, что измерение содержания аминокислот полезно для диагностики нескольких типов заболеваний, включая рак и диабет. В этом исследовании был разработан микрофлюидный метод анализа серина с использованием ферментативных реакций в сочетании со спектрофотометрическим обнаружением. Система анализа имеет некоторые преимущества в аналитической области, такие как способность обнаруживать небольшие количества аналита и реакционного раствора, а также быстрая и эффективная реакция. Для специфического обнаружения серина серил-тРНК-синтетазу сочетали с образованием перекиси водорода, которую затем определяли спектрофотометрическим методом с реагентом Триндера. Серил- и другие аминокислот-тРНК-синтазы участвуют в биосинтезе пептидов и белков в организме человека и должны обеспечивать точное распознавание соответствующих аминокислот.

В работе [17] конформеры α -серина исследовали с помощью ИК-спектроскопии с матричной изоляцией в сочетании с лазерным излучением в ближней ИК-области. Этот метод с помощью двумерного корреляционного анализа позволил однозначно сгруппировать спектральные линии по отдельным конформерам. На основе сравнения не менее девяти экспериментально наблюдаемых колебательных переходов каждого конформера с рассчитанными эмпирически (SQM) и ангармоническими (GVPT2) ИК-спектрами было идентифицировано 6 конформеров. Кроме того, доказано наличие по крайней мере еще одного конформера в матрице Ar и короткоживущего конформера с периодом полураспада $(3,7 \pm 0,5) \cdot 10^3$ с в N₂ матрица была создана с помощью NIR-облучения. Анализ конверсий, индуцированных БИК-лазером, показал, что возбуждение обертона растяжения как боковой цепи, так и карбоксильных OH-групп может эффективно способствовать конформационным изменениям, но для двух видов возбуждения наблюдались совершенно разные пути.

Сообщается [18], что для синтеза хиральных лекарств необходимы исходные хиральные органические соединения. DL-серин представляет собой аминокислоту, которая используется в качестве ключевого исходного материала в синтезе многих лекарственных веществ. D- или L-изомер серина приведет к хиральным лекарственным веществам, тогда как смесь DL приведет к рацемическим лекарственным веществам. FTIR можно использовать в качестве основного аналитического инструмента для идентификации изомеров серина и его рацемической смеси. Многие полосы поглощения в спектрах FTIR определяют, является ли молекула определенным изомером или рацемической смесью. Систематическое сравнение данных FTIR-спектроскопии показывает, что соединение представляет собой

специфический изомер, а рацемическая смесь показывает разные спектры с разными полосомами.

Таким образом, наиболее часто используемыми методами для определения серина в аналитической химии и фармакохимии являются хроматографические методы и спектроскопические методы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grant S., Shulman Y., Tibbo P., Hampson D. Determination of d-serine and related neuroactive amino acids in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection // *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed Life Sci.* 2006. Vol. 844. N 2. Pp. 278-282
2. Miyoshi Y., Hamase K., Yusuke T., Masashi M. Determination of D-serine and D-alanine in the tissues and physiological fluids of mice with various D-amino-acid oxidase activities using two-dimensional high-performance liquid chromatography with fluorescence detection // *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed Life Sci.* 2009. Vol. 877. N 24. Pp. 2506-2512
3. Hasegawa M., Shinohara Y., Masuda N., Hashimoto T. Simultaneous determination of serine enantiomers in plasma using Mosher's reagent and stable isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry // *Journal of Mass Spectrometry.* 2011. Vol. 46. N 5. Pp. 502-507
4. Shuting L., Qingie Y., Xin L., Zhao Sh. Determination of D,L-serine in midbrain of Parkinson's disease mouse by capillary electrophoresis with in-column light-emitting diode induced fluorescence detection // *Journal of Separation Science.* 2009. Vol. 32. N 2. Pp. 282-287
5. Phadke R., Gosar A., Aarkashi N., Patu D. Simple high performance liquid chromatographic method for determination of enantiomer of D-serine // *International Journal of Advanced Research.* 2019. Vol. 7. N 8. Pp. 1121-1128
6. Cassady A.I., Reilly P.E. Enzymatic methods for the determination of L-serine concentration and L-[¹⁴C]serine specific radioactivity in blood plasma // *Analytical Biochemistry.* 1981. Vol. 118. N 1. Pp. 23-29
7. Wilkes E., Sessions A., Zeichner S., Brooke D. Position-specific carbon isotope analysis of serine by gas chromatography/Orbitrap mass spectrometry, and an application to plant metabolism // *Rapid Communications in Mass Spectrometry.* 2022. Vol. 36. N 18. Pp. 9347-9356
8. Raspi G., Moro A., Spinetti M. ¹²⁵I-labelled aprotinin as reagent for simultaneous determination of serine proteinases by hydrophobic interaction chromatography // *Chromatographia.* 1993. Vol. 37. Pp. 471-474
9. Ladik J., Szekacs I. A Micromethod for the Polarographic Determination of Serine // *Nature.* 1959. Vol. 184. Pp. 188-189
10. Furukawa J., Fujitani N., Araki K., Kodama K. A Versatile Method for Analysis of Serine/Threonine Posttranslational Modifications by β -Elimination in the Presence of Pyrazolone Analogues // *Anal. Chem.* 2011. Vol. 83. N 23. Pp. 9060-9067
11. Boyd J., Logan M. Colorimetric determination of serine // *Papers of University of Cincinnati.* 1942. N 2. Pp. 1-9.

12. Brem S., Ruffner H., Rast D. Determination of ^{14}C Distribution in Photosynthetic Serine and Phosphoglycerate from Grape Leaves // *Plant Physiology*. 1983. Vol. 73. N 1. Pp. 579-581.
13. Konung A.J. The determination of ethanolamine and serine in phospholipids // *Analyst*. 1966. Vol. 81. N 1086. Pp. 523-525
14. Rooden E., Esbroeck M., Baggelaar M., Deng H. Chemical Proteomic Analysis of Serine Hydrolase Activity in Niemann-Pick Type C Mouse Brain // *Neuropharmacology*. 2018. Vol. 12. Pp 13-18.
15. Antonov A., Agostini M., Morello M., Melino G. Bioinformatics analysis of the serine and glycine pathway in cancer cells // *Oncotarget*. 2014. N 2. Pp. 11004-11013
16. Kugimiya A., Matsuzaki E. Microfluidic analysis of serine levels using seryl-tRNA synthetase coupled with spectrophotometric detection // *Appl. Biochem. Biotech.* 2014. Vol. 174. N 7. Pp. 2527-2536.
17. Naibauer E., Bazso G., Apostolo R., Fausto R. Identification of Serine Conformers by Matrix-Isolation IR Spectroscopy Aided by Near-Infrared Laser Induced Conformational Change, 2D Correlation Analysis, and Quantum Mechanical Anharmonic Computations // *J. Phys. Chem. B*. 2015. Vol. 119. N 33. Pp. 10496-10510.
18. Gosar A., Shaikh T. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopic Analysis of Amino Acid Serine for its Chiral Identification // *Journal of Pharmaceutical Quality Assurance and Quality Control*. 2022. Vol. 4. N 1. Pp. 13-18.

REFERENCES

1. Grant S., Shulman Y., Tibbo P., Hampson D. Determination of d-serine and related neuroactive amino acids in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection // *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed Life Sci*. 2006. Vol. 844. N 2. Pp. 278-282
2. Miyoshi Y., Hamase K., Yusuke T., Masashi M. Determination of D-serine and D-alanine in the tissues and physiological fluids of mice with various D-amino-acid oxidase activities using two-dimensional high-performance liquid chromatography with fluorescence detection // *J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed Life Sci*. 2009. Vol. 877. N 24. Pp. 2506-2512
3. Hasegawa M., Shinohara Y., Masuda N., Hashimoto T. Simultaneous determination of serine enantiomers in plasma using Mosher's reagent and stable isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry // *Journal of Mass Spectrometry*. 2011. Vol. 46. N 5. Pp. 502-507
4. Shuting L., Qingie Y., Xin L., Zhao Sh. Determination of D,L-serine in midbrain of Parkinson's disease mouse by capillary electrophoresis with in-column light-emitting diode induced fluorescence detection // *Journal of Separation Science*. 2009. Vol. 32. N 2. Pp. 282-287
5. Phadke R., Gosar A., Aarkashi N., Patu D. Simple high performance liquid chromatographic method for determination of enantiomer of D-serine // *International Journal of Advanced Research*. 2019. Vol. 7. N 8. Pp. 1121-1128

6. Cassady A.I., Reilly P.E. Enzymatic methods for the determination of L-serine concentration and L-[¹⁴C]serine specific radioactivity in blood plasma // *Analytical Biochemistry*. 1981. Vol. 118. N 1. Pp. 23-29
7. Wilkes E., Sessions A., Zeichner S., Brooke D. Position-specific carbon isotope analysis of serine by gas chromatography/Orbitrap mass spectrometry, and an application to plant metabolism // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2022. Vol. 36. N 18. Pp. 9347-9356
8. Raspi G., Moro A., Spinetti M. ¹²⁵I-labelled aprotinin as reagent for simultaneous determination of serine proteinases by hydrophobic interaction chromatography // *Chromatographia*. 1993. Vol. 37. Pp. 471-474
9. Ladik J., Szekacs I. A Micromethod for the Polarographic Determination of Serine // *Nature*. 1959. Vol. 184. Pp. 188-189
10. Furukawa J., Fujitani N., Araki K., Kodama K. A Versatile Method for Analysis of Serine/Threonine Posttranslational Modifications by β -Elimination in the Presence of Pyrazolone Analogues // *Anal. Chem.* 2011. Vol. 83. N 23. Pp. 9060-9067
11. Boyd J., Logan M. Colorimetric determination of serine // *Papers of University of Cincinnati*. 1942. N 2. Pp. 1-9.
12. Brem S., Ruffner H., Rast D. Determination of ¹⁴C Distribution in Photosynthetic Serine and Phosphoglycerate from Grape Leaves // *Plant Physiology*. 1983. Vol. 73. N 1. Pp. 579-581.
13. Konung A.J. The determination of ethanolamine and serine in phospholipids // *Analyst*. 1966. Vol. 81. N 1086. Pp. 523-525
14. Rooden E., Esbroeck M., Baggelaar M., Deng H. Chemical Proteomic Analysis of Serine Hydrolase Activity in Niemann-Pick Type C Mouse Brain // *Neuropharmacology*. 2018. Vol. 12. Pp 13-18.
15. Antonov A., Agostini M., Morello M., Melino G. Bioinformatics analysis of the serine and glycine pathway in cancer cells // *Oncotarget*. 2014. N 2. Pp. 11004-11013
16. Kugimiya A., Matsuzaki E. Microfluidic analysis of serine levels using seryl-tRNA synthetase coupled with spectrophotometric detection // *Appl. Biochem. Biotech.* 2014. Vol. 174. N 7. Pp. 2527-2536.
17. Naibauer E., Bazso G., Apostolo R., Fausto R. Identification of Serine Conformers by Matrix-Isolation IR Spectroscopy Aided by Near-Infrared Laser Induced Conformational Change, 2D Correlation Analysis, and Quantum Mechanical Anharmonic Computations // *J. Phys. Chem. B*. 2015. Vol. 119. N 33. Pp. 10496-10510.
18. Gosar A., Shaikh T. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopic Analysis of Amino Acid Serine for its Chiral Identification // *Journal of Pharmaceutical Quality Assurance and Quality Control*. 2022. Vol. 4. N 1. Pp. 13-18.

УДК 51(090)

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.14.3.006

**ВКЛАД ДОКТОРОВ ХИМИЧЕСКИХ НАУК ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
В РАЗВИТИЕ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
(ЧАСТЬ 1 – ДОКТОРА ХИМИЧЕСКИХ НАУК)**

© Аларханова Зура Зилаудиновна (а), Якубов Аинды Вагаевич (б)

(а) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; лаборатория высокомолекулярных соединений, доцент., к.х.н., alarh2000@mail.ru

(б) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; лаборатории филологии и культурологии, доцент, к. пед.н., ayakubov@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена научная, научно-преподавательская и общественная деятельность докторов химических наук Чеченской Республики, представителей коренного населения и их вклад в развитие образования и науки. Приведены результаты научных исследований, получившие признание на международном уровне, на которые получены авторские свидетельства. Представлена оценка научного вклада ученых-химиков, докторов химических наук на правительственном и общественном уровне.

Ключевые слова: ученые–химики, наука, образование, Х.И.Ибрагимов, С.Н. Хаджиев, В.Х. Межидов, Ш.И. Пейзулаев, Х.М. Кадиев, З.С. Хасбулатова.

**CONTRIBUTION OF DOCTORS OF CHEMICAL SCIENCES OF THE CHECHEN REPUBLIC IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION
(PART 1 – DOCTORS OF CHEMICAL SCIENCES)**

© Alarkhanova Zura Zilaudinovna (a), Yakubov Aindy Vagaevich (b)

(a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; laboratory of macromolecular compounds, associate professor, candidate of chemical sciences, alarh2000@mail.ru

(b) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; laboratory of philology and cultural studies, candidate of pedagogical sciences, associate professor, ayakubov@mail.ru

Abstract. This article examines the scientific, teaching and public activities of doctors of chemical sciences of the Chechen Republic, representatives of the indigenous population and their

contribution to the development of education and science. The results of scientific research that have received international recognition, for which copyright certificates have been obtained, are presented. An assessment of the scientific contribution of chemists and doctors of chemical sciences at the government and public levels is presented.

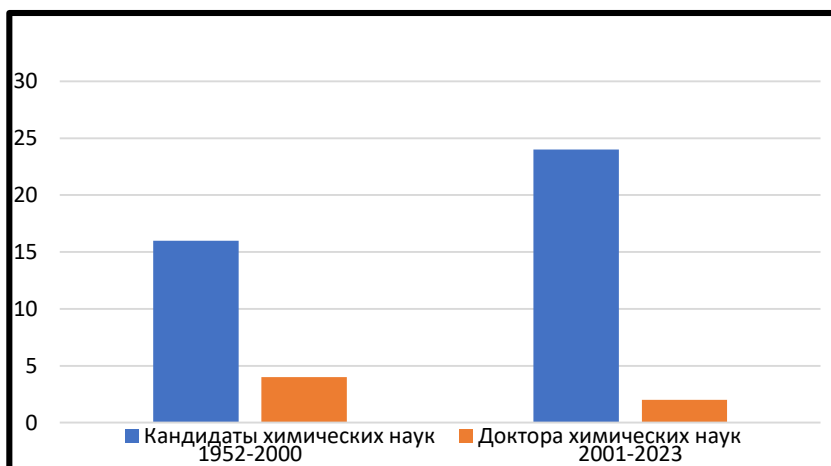
Key words: scientists - chemists, science, education, Kh.I. Ibragimov, S.N. Khadzhiev, V.Kh. Mezhidov, Sh.I. Peizulaev, Kh.M. Kadiev, Z.S. Khasbulatova.

Весомый вклад в становление и развитие образования и науки, в частности химической, и подготовке кадров высшей квалификации для Чеченской Республики внесли именно ученые – доктора химических наук республики. Это крупные ученые с мировым именем, которые сделали и продолжают вносить вклад в науку, не только в Чеченской Республике, но и на всем постсоветском пространстве. Это люди одержимые идеями развития образования, науки и республики, в целом. Несомненно, каждый из них достоин того, чтобы все знали о их научных подвигах. Колоссальный труд и неоценимый вклад ученых-химиков республики в развитие науки, образования и истории развития науки в Чеченской Республике, в такой нелегкий для чеченского народа период, недостаточно освещены. Чеченский народ, не успев оправиться от сталинской репрессии, перенесший трагические события: две чеченские войны, в конце двадцатого столетия, испытывал большой упадок научно-образовательной сферы, научные исследования долгое время были прерваны. Была разрушена вся матер-техническая база для научных исследований, почти весь научный потенциал и научные кадры республики были рассеяны по всему миру.

Знание истории развития науки и образования своего народа имеют важное значение в воспитании молодежи и для оценки вклада народа в развитие мировой цивилизации. Важно знать и сохранить эти имена и их научные результаты в истории, ведь, как говорится «одобрение потомства достигается... за счет одобрения современников». Учитывая, особенно, время проведения этих научных исследований, они являются бесценными примерами для стимулирования и формирования мотивации для развития образовательного и научного потенциала подрастающего поколения республики.

В диаграмме защиты кандидатских и докторских диссертаций чеченцами выглядят следующим образом, табл. 1.

Таблица 1. Распределение по периодам защит диссертаций по химии учеными ЧР



Ибрагимов Хамзат Исмаилович (10.07.1934. – 10.03.2006.) – крупный ученый с мировым именем, доктор химических наук, профессор, академик АН ЧР, первый Президент АН ЧР, организатор и первый директор Комплексного научно-исследовательского института Российской Академии наук. Академик Российской Академии естественных наук.

Заслуги Хамзата Исмаиловича в деле становления науки в Чеченской Республике невозможно переоценить, так как он сам был организатором и основателем почти всех образовательных и научных учреждений в республике, начиная с университета, аспирантуры и заканчивая Академией наук ЧР. Не менее важна его заслуга и в том, что он смог мобилизовать научный потенциал республики, в самые тяжёлые для Чеченской Республики годы, на формирование научных учреждений. А его роль в подготовке научных кадров и высококвалифицированных специалистов трудно переоценить. Даже, будучи президентом Академии Наук ЧР Хамзат Исмаилович находил время, чтобы помочь каждому кто занимался наукой, не только в республике, но и далеко за ее пределами. Всегда интересовался, как продвигается научная работа, какие проблемы, помогал с труднодоступными химическими препаратами, ему чуждо было высокомерие. В беседе с аспирантами говорил, что наукой нужно заниматься 24 часа в сутки, рассказывал, как он и его сверстники, сутками работали в лабораториях, будучи аспирантами.

Научная деятельность Хамзата Исмаиловича началась в лабораториях Московского Госуниверситета(МГУ) им. М.В.Ломоносова. Для проведения научных исследований им была изготовлена уникальная установка, позволяющая проводить исследования в глубоком вакууме, которая остается уникальной до настоящего времени. Установки, сконструированные Хамзатом Исмаиловичем, для эксперимента в глубоком вакууме, и сегодня востребованы не только в России, но и за рубежом [1,2].

Хамзат Исмаилович защитив кандидатскую диссертацию (1967 г.) вернулся в Грозный и, до последних дней, проработал в своем родном ВУЗе. Открыт ВУЗ был в 1938 году и назывался Чечено-Ингушский государственный педагогический институт, а в марте 1971 году был преобразован в Чечено-Ингушский государственный университет (ЧИГУ) и позже присвоено имя Л.Н.Толстого, ныне это учебное заведение называется ЧГУ им. А.Х. Кадырова.

Работая в ЧГУ, Хамзат Исмаилович приложил все силы, чтобы открыли аспирантуру и возглавил ее. Вёл кропотливую работу по созданию материально-технической базы для физических лабораторий. Недостающие приборы конструировали своими силами, некоторые из них защищены авторскими свидетельствами. Лучшие экспериментальные установки в 1977 году были представлены на ВДНХ (выставка достижений народного хозяйства) СССР, две установки из них удостоены бронзовых медалей [5,6].

Хамзат Исмаилович человек широкого научного кругозора, ему было интересно все, особенно естественные науки. Кандидатскую диссертацию писал по физике, изучал поверхностное натяжение и адсорбцию в двойных металлических системах. Но, Хамзат Исмаилович на этом не остановился, ему нужно было изучить еще и химический аспект этих систем, т.е. какие явления происходят на поверхности расплава металлов, с чем он успешно справился. Как говорится, «талантливый человек талантлив во всем». Изучая поверхностные явления в расплавах металлов, в частности расплавах ртути и других металлов, определяли работу выхода электрона с поверхности жидких металлов, которая является наиболее важ-

ной энергетической характеристикой поверхностного слоя. Результатом проведенных научных исследований была диссертационная работа на тему «Поверхностные явления в расплавах на основе ртути и металлов III–VA групп» по физической химии, и в 1980 г. состоялась защита диссертации, присвоена ученая степень доктора химических наук [3,9,11]. Хамзат Исмаилович стал вторым, после Пейзулаева Шамсудина Исаевича, кому впервые была присвоена столь высокая ученая степень (1970), из ученых-химиков Чеченской Республики.

Научные исследования Хамзат Исмаилович успешно сочетал с организаторской деятельностью в различных областях науки. В 1993 году Хамзат Исмаилович основал Академию наук ЧР и с 1993 по 2006 гг. был Президентом АН ЧР. Его стараниями в 1999 году был основан в Грозном Комплексный научно-исследовательский институт РАН (КНИИ РАН), где с ноября 2002 по 2006 года он проработал директором [5], позже КНИИ РАН назван его именем. Хамзат Исмаилович был не только талантливым ученым, но и заботливым отцом, вырастил трех докторов наук и одного кандидата.

Является автором свыше двухсот научных работ, три из них монографии и восемь патентов на изобретения. На все его изобретения выданы авторские свидетельства. Подготовил десятки ученых, среди его учеников два доктора и десять кандидатов наук [1]. В Кабардино-Балкарском госуниверситете им. Х.М.Бербекова был членом диссовета, с момента его создания.

Итогом многолетней научной, научно-педагогической и организаторской работы, несомненно, большого ученого, профессора, академика Хамзата Исмаиловича стало целое поколение ученых. Выдающиеся заслуги академика Хамзата Исмаиловича в становлении и развитии науки и образования были высоко оценены на государственном уровне. Несколько объектов в Грозном названы его именем, присвоены многочисленные награды, звания.

Неоценимый вклад в науку и образование Хамзата Исмаиловича был, безусловно, высоко оценен общественностью и интеллектуальным сообществом ЧР. В 2006 году стал лауреатом премии Интеллектуального Центра (ИЦ) ЧР в номинации «Наука» и награжден дипломом и символом «СЕРЕБРЯНАЯ СОВА».

Хамзат Исмаилович золотыми буквами вписал свое имя в летопись науки и память чеченского народа.

Хаджиев Саламбек Наирович (01.07.1941–02.03.1918) является одним из самых крупных в Советском Союзе и России ученых химиков мирового уровня, чеченского происхождения. Саламбек Хаджиев, доктор химических наук, профессор, с 1990 года член-корреспондент АН СССР, с 1991 года академик РАН, академик Российской академии естественных наук, академик Исламской академии Иордании. Почётный член АН Республики Татарстан. Государственный деятель, политик, специалист в области производства нефтяных топлив.

Имеет многочисленные звания: «Заслуженный деятель науки и техники Чечено-Ингушетии»; «Заслуженный деятель науки ЧР»; «Заслуженный нефтехимик СССР», «Заслуженный работник топливно-энергетического комплекса РФ».

Саламбек Наирович с 1967 года, защитив кандидатскую диссертацию в МГУ им. М.В. Ломоносова, по 1990 годы работал в Грозненском нефтяном научно-исследовательском институте (ГрозНИИ), где с 1983 года занимал должность директора института, а с 1987 года гендиректор НПО "ГРОЗНЕФТЕХИМ".

С.Н. Хаджиев, как свидетельствуют многие его коллеги, был трудоголиком и очень ответственным в научных исследованиях. Кандидат экономических наук С.Ш.Довтаев вспоминает о нем так: «Я учился в аспирантуре МГУ, когда среди аспирантов распространились слухи, что в докторантуре на химическом факультете учится один чеченец, который круглосуточно проводит эксперименты в лаборатории факультета и спит на стульях. Мы с земляками решили проверить это, и факт подтвердился. Саламбек Наирович сказал, что ему нужно через какое-то время проверить показания датчиков, поэтому он прилег. Несмотря на его возражения на следующий день в лаборатории появилась раскладушка».

После первой военной кампании университету были нужны помещения, а правительство возглавлял С.Н. Хаджиев, в составе делегации визитеров был и С.Ш.Довтаев. Саламбек Наирович вспомнил его, корпуса, ныне т.н. старого главного корпуса, были переданы ЧГУ.

Когда не стало Саламбека Наировича Руслан Имранович писал: «...ушел из жизни Саламбек Наирович Хаджиев – выдающийся ученый и политик, корифей российской нефтехимической науки, первый и единственный чеченец — министр СССР, академик РАН. Это невосполнимая утрата для научного сообщества страны, для чеченского народа. Уникальная личность, обладатель энциклопедических знаний, принципиальный во всем, что касается научной истины и гражданского долга – таким Саламбек Наирович Хаджиев остался в памяти коллег, друзей, чеченского народа» [10].

В 1991 году Саламбек Наирович возглавил Министерство химической и нефтехимической промышленности СССР. Он был председателем Госкомитета по химическому оружию и разоружению, членом Госкомитета по науке и технике СССР по проблемам нефтехимии. Но, несмотря ни на что, в 1995 году, в тяжелые для Чеченской Республики годы, Саламбек Наирович вернулся домой и возглавил правительство ЧР, будучи председателем Госкомитета России по промышленной политике. Такое решение им было принято после заявления федерального руководства РФ о намерении – «сформировать дееспособную власть в Чеченской республике...», якобы, на переходный период [7].

Директор Института этнологии и антропологии, академик и общественный деятель Валерий Александрович Тишков писал: «Еще одна утрата среди российских ученых – умер академик Саламбек Наирович Хаджиев. Это был красивый, смелый и благородный человек, послуживший не только науке как выдающийся химик, но и верный сын чеченского народа, он взял на себя трудную миссию руководства администрацией Чеченской Республики в годы первой чеченской войны...» [8].

С 1996 года Саламбек Наирович работал в институте нефтехимического синтеза (ИНХС) имени А. В. Топчиева РАН, а с 2008 по 2017 года возглавлял это учреждение. Большой ученый в области нефтехимии и каталитической нефтепереработки (на цеолитах), в получении моторного топлива и сырья для нефтехимии из природного и попутного газа. Научные достижения Саламбека Наировича по исследованию термических, каталитических и термокаталитических реакций нефтепереработки заложили основы для создания, не имеющих аналогов в мире, процессов для полной безотходной переработки нефти, в том

числе крупные комплексы по крекингу и глубокой переработки нефти работают на основе научных результатов, сделанных под научным руководством С.Н. Хаджиева. Комплексы по каталитическому крекингу нефти Г-43-107 функционируют в городах (Москва, Уфа, Грозный, Лисичанск, Литва, Украина, Баку, Павлодар), а комплексы глубокой переработки нефти КТ-1 (Болгария, Омск, Мажейкяй). Саламбеком Наировичем также созданы и введены в эксплуатацию мощные высокопроизводительные установки для получения высокооктанового бензина-алкилбензина (Болгария, г. Омск), этилбензола (Салават).

Саламбек Наирович внес немалый вклад в развитие не только научного, но и промышленного потенциала РФ, вывел нефтехимическую промышленность РФ на международный уровень.

Заслуги Саламбека Наировича в развитие науки, не только в Чеченской Республике, но и на всем пост советском пространстве, высоко оценены правительством СССР, Российской Федерации, Мусульманской академией наук, правительством Чечено-Ингушетии, Чеченской Республики. Он имел более двадцати правительственных наград: многочисленные ордена, медали, государственные премии.

Достижения Саламбека Наировича получили широкое признание общественности и высокую оценку интеллектуального сообщества Чеченской Республики. Он стал лауреатом премии ИЦ ЧР в номинации «Наука» и обладателем символа «СЕРЕБРЯНАЯ СОВА»

Является автор более четырехсот научных работ, опубликованных по всему миру, на русском и английском языках, в том числе четырех монографий. Имеет, рекордное количество, около 200 патентов на изобретения, девять из которых проданы за рубеж. Под руководством С.Н.Хаджиева выросла целая плеяда талантливых ученых, которые продолжают его дело. Выполнено и защищено четыре докторских и двадцать три кандидатских диссертаций. Саламбек Наирович являлся главным редактором журналов: «Нефтехимия» (Petroleum Chemistry) и «Наногетерогенный катализ», которые и сегодня находятся на высоком уровне в рейтинге ВАК-х химических журналов.

О научной деятельности и отношении Саламбека Наировича к науке говорят его слова: *«Наука – это все для меня. Это и работа, и увлечение, и радость, и огорчение».*

Пейзулаев Шамсудин Исаевич (28.11.1920-00.11.1977) крупный учёный, доктор химических наук, профессор, общественный деятель.

С началом Великой Отечественной войны Шамсудин Исаевич прервал учёбу, он был студентом химического факультета Азербайджанского госуниверситета, и отправился на фронт, с 1942 по 1945гг. воевал на фронте. С фронта, после ранения, был направлен в военное училище, стал офицером, командовал артиллерийским подразделением, имел правительственные награды. После окончания войны Шамсудин Исаевич отправляется в Казахстан искать свою депортированную семью. Нашел сестер Хава и Зугаш, больше никого и не было. Получив одобрение сестер, сразу поступил в Казахский государственный университет им. С. М.Кирова, а через год перевелся в МГУ на химический факультет. Шамсудин Исаевич, успешно закончив учебу на химическом факультете МГУ поступает там же в аспирантуру по своей специальности. Участвовал в работе по созданию первой атомной электростанции в СССР.

Шамсудину Исаевичу в 1952 году была присвоена ученая степень кандидата химических наук. Он был первым, кто в Чечено-Ингушетии получил столь высокую ученую сте-

пень по химии. После защиты диссертации он был направлен в Обнинский физико–энергетический институт, где он работал начальником одной из ведущих лабораторий института и параллельно преподавал в МГУ.

В 1970 году защитил докторскую диссертацию по теме «Спектральные методы аналитического контроля веществ высокой чистоты с предварительным концентрированием примесей», с присвоением ученой степени доктора химических наук и снова стал первым кому присвоили ученую степень доктора химических наук в республике, а чуть позже и ученое звание профессора. Для тех времен это было очень большое событие, только из Грозного на эту защиту вылетели 50 человек.

После защиты докторской Шамсудин Исаевич получил приглашение на должность ректора Чечено–Ингушского госпединститута, но по приезду обнаружил, что не все в партийных органах республики готовы назначить на ответственную должность местных людей, хотя в Москве ему доверили самый ответственный участок - создание первой атомной электростанции в СССР. Он был крупным ученым, пользовался большим авторитетом среди научных работников и общественных деятелей. Закончилось тем, что Шамсудина Исаевича назначили ректором временно, отправив бывшего ректора Павлова в научный отпуск, как кандидата наук. Каким нужно быть преданным Отчизне, чтобы МГУ им. М.В.Ломоносова променять на ВУЗ, где даже нет кафедры химической. В 1972 году по инициативе профессора Шамсудина Исаевича была создана кафедра «Общая химия», где он был первым заведующим кафедрой. С 1972 года по 1977 год Шамсудин Исаевич проработал проректором по учебной работе ЧИГУ им. Л.Н. Толстого, переименованный ныне ЧГУ им. А.А. Кадырова и заведовал кафедрой общей и неорганической химии. К великому сожалению, в декабре 1977 года, в возрасте 57 лет его не стало, видимо, оставил след работа в Обнинском физико–энергетическом институте [1,2].

Шамсудин Исаевич имел семью, троих детей, все они получили высшее образование. Сын Алибек - физик-математик, работает программистом в Москве. Старшая дочь Элла имеет художественное образование. Жила и работала художником в Грозном, в связи с известными событиями в Чечне переехала с матерью в Москву. Младшая дочь Эниса также живет, работает в Москве.

Шамсудин Исаевич тогда еще прекрасно владел не только русским, но и английским языками. Имел многочисленные научные работы, изданные на русском и английском языках.

Межидов Вахид Хумаидович (29.04.1938.) -- доктор химических наук, профессор, изобретатель, академик Академии наук Чеченской Республики. Почётный работник высшего профессионального образования РФ. Заслуженный деятель науки Чечено-Ингушской АССР. Заслуженный деятель науки ЧР.

Вахид Хумаидович является первым, из наших докторов, выпускником первого в мире вуза нефтяного профиля, первого вуза республики, где формировалась национальная интеллигенция. С 1962 года работает в ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова. После окончания института, ныне университета, как лучшему выпускнику, было предложено остаться работать на кафедре физики, поступив в заочную аспирантуру. В 1968 году Вахид Хумаидович защитил диссертацию кандидата наук, а в 1989 году докторскую диссертацию по физической химии, с присвоением ученой степени доктора химических наук.

В самые тяжелые для ЧР годы Вахид Хумаидович восстановил из руин Грозненский нефтяной институт (ГНИ) и запустил учебный процесс. Студентам было объявлено, что первого сентября 1995 года в ГНИ начнется учебный процесс. Тогда, в марте 1995 года, Вахид Хумаидович приказом Минобрнауки РФ был назначен ректором ГНИ, ныне ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова.

Далее Вахид Хумаидович основал научно-исследовательскую лабораторию, при ГНИ, создал экспериментальные установки и оборудование, были получены семь авторских свидетельств на изобретения. Таким образом, формировалась научная школа Вахида Хумаидовича, где готовятся научные кадры для республики, шесть из них, под руководством Вахида Хумаидовича защитили кандидатские диссертации и им была присвоена ученая степень кандидата наук [1; 2; 9].

В настоящее время В.Х.Межидов продолжает работу в ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова директором научно-исследовательского центра коллективного пользования (НИЦКП) «Нанотехнологии и наноматериалы». НТЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы» является научным центром по производству научно-технических разработок в области композиционных материалов. Занимаясь более шестидесяти лет преподавательской деятельностью подготовил огромное количество специалистов-нефтяников, научных работников, участвует в грантовой деятельности, выполняет хоздоговорные работы, вносит неопределимый вклад в развитие науки и образования ЧР, основные из них [12].

За долговременную и эффективную научную и преподавательскую деятельность имеет многочисленные государственные награды и звания. Изобретатель Вахид Хумаидович опубликовал более ста сорока научных трудов, в том числе монографии. Является автором-соавтором двенадцати патентов на изобретения.

Кадиев Хусаин Магамедович (02.07.1949) доктор химических наук, профессор, член-корреспондент АН ЧР. Почётный работник высшего профобразования РФ. Заслуженный деятель науки Чечено-Ингушской АССР и ЧР. Почетный работник науки и высоких технологий РФ.

Хусаин Магамедович с 1972 года, после окончания Грозненского нефтяного института, по 1981 год работал «Оргнефтехимзаводы» (г.Москва). С 1981 года по сегодняшний день работает в ГрозНИИ, занимая с 1994 года должность генерального директора ЗАО ГрозНИИ, который в марте 2019 г. переименован в ООО ГрозНИИ и назван им. академика С.Н.Хаджиева. С 2005 года по настоящее время работает (по совместительству) и в ИНХС РАН им. А.В.Топчиева. Является руководителем сектора «Глубокая переработка углеводородного сырья», созданного им и удостоенной на выставке ВДНХ золотой медали. В 2018 г. в ИНХС РАН Хусаин Магамедович защитил докторскую диссертацию под руководством научного консультанта академика Саламбека Наибовича.

Хусаин Магамедович делает все возможное для возрождения ГрозНИИ в первоначальном виде, как первое научное учреждение в республике, к 100-летию юбилею института, который будет через пять лет. По ходатайству руководства здание ГрозНИИ включен список памятников архитектуры культурного наследия, документы для этого были подготовлены и поданы еще до военных действий в Чечне. Специалисты ГрозНИИ, к сожалению, продолжают свои исследования на базе ИНХС РАН им. А.В. Топчиева, в девяностых годах их было более трехсот человек. Ими разработан новейший процесс глубокой переработки

нефтяных остатков, не имеющих аналогов в мире, создаются промышленные установки. Ведутся химические исследования в области синтеза и применения нанокатализаторов, для процессов высококачественной нефтепереработки и нефтехимии и т.д. Параллельно идет восстановление научного потенциала учреждения, для этого лучших выпускников факультета «Химическая технология нефти и газа» устраивают на работу в ГрозНИИ им. академика С.Н. Хаджиева и направляют в Москву целевую аспирантуру ИНХС РАН им. А.В.Топчиева. Таким образом, в ИНХС РАН идет подготовка научных кадров для республики, подготовлены восемь кандидатов химических наук, которые стажировались в Москве и ждут восстановления экспериментальной базы ООО ГрозНИИ им. академика С.Н.Хаджиева [1,2,6,8].

Хусаин Магамедович очень многогранный, талантливый человек, как и свой друг и руководитель С.Н.Хаджиев, ведет не только научную, но и общественную работу, является членом редколлегий научных журналов: «Нефтехимия», «Наногетерогенный катализ». Является членом научного и экспертного советов: «Научный совета РАН по химии ископаемого и возобновляемого углеводородного сырья РФ», «Эксперт Отделения химии и науки о материалах РАН».

У Хусаина Магамедовича очень широкий круг и научных интересов: исследования процессов (термокаталитические и гидрогенизационные), глубокая переработка тяжелого углеводородного сырья с применением нанокатализаторов, (на основе MoS_2 – сульфида молибдена). Получение и применение нанокатализаторов для переработки отходов: нефти, полимеров, древесины. Разработаны научные основы новейшего процесса безотходной переработки высокомолекулярной части нефти и твердых углеводородных отходов с применением нанокатализатора.

Фундаментальные и прикладные научные исследования Хусаина Магамедовича в нефтехимическом синтезе, огромный вклад в науку и образование ЧР получили широкую признательность научной и творческой интеллигенции республики, отмечена высокими наградами (медали, ордена) и званиями Международного, Федерального и республиканского уровня, некоторые из них: «Отличник нефтепереработки Болгарии», «Почетный машиностроитель», «Почетный нефтехимик»

Награжден медалью - «Медаль за заслуги перед Чеченской Республикой» и орденом - «Орден за заслуги перед химической индустрией России» II степени. Заслуженный деятель науки Чечено-Ингушской АССР, Заслуженный деятель науки ЧР, Почетный работник науки и высоких технологий РФ.

Результаты научных исследований Хусаина Магамедовича Кадиева представлены в более 110 статьях в Российских и зарубежных научных журналах. Является автором-соавтором двадцати двух действующих патентов, семь из которых являются международными.

Хасбулатова Зинаида Сайдаевна (27.03.1956) - доктор химических наук, профессор кафедры химии и методики преподавания химии Чеченского госпедуниверситета. Академик РАЕ. Заслуженный деятель науки ЧР. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Отличник просвещения РФ.

Трудовую деятельность Зинаида Сайдаевна Хасбулатова начала в 1982 году на кафедре биоорганической химии ЧИГУ. После нескольких лет успешной работы, кафедрой была рекомендована для поступления в аспирантуру, что было в то время очень сложно для представителей коренного населения, особенно для девушек. Так, Зинаида Сайдаевна стала

аспиранткой КБГУ и была прикомандирована в Московский химико-технологический институт (МХТИ) им. Д.И.Менделеева. Научным руководителем Хасбулатовой З.С. был ученый с мировым именем, профессор А.К.Микитаев.

Кандидатскую диссертацию З.С.Хасбулатова защитила в Российском химико-технологическом университете (РХТУ) им. Д.И.Менделеева по специальности «химия высокомолекулярных соединений», а после окончания докторантуры КБГУ им. Х.М.Бербекова в 2010 году, в сентябре, накануне празднования Дня Чеченской женщины защитила докторскую диссертацию по той же специальности.

Зинаида Сайдаевна Хасбулатова первая женщина–чеченка, защитившая диссертацию на соискание ученой степени доктора химических наук. Хасбулатова З.С. более сорока лет занимается преподавательской деятельностью в ВУЗах республики и готовит научных кадров и учителей химии для школ республики. Она успешно сочетает преподавательскую деятельность с научной. Работая в КНИИ РАН (по совместительству) главным научным сотрудником лаборатории Высокомолекулярных соединений, как и всегда, продолжает научно-исследовательскую деятельность. Значителен вклад З.С.Хасбулатовой в организацию научно-исследовательской работы студентов, осуществляет научное руководство магистрантами и аспирантами. Под руководством Зинаиды Сайдаевны ежегодно делают десятки магистерских диссертаций, выполнены кандидатские диссертации на соискание ученой степени к. х. н. За время заведования кафедрой химии и методики преподавания химии Зинаидой Сайдаевной все девять сотрудников кафедры защитили диссертации, получили ученую степень, а некоторые и ученое звание. Постоянный участник различных научных форумов, всех уровней. Часто выступает с научно-популярными статьями в периодической печати.

За многолетнюю, плодотворную научную и педагогическую деятельность Зинаиде Сайдаевне Хасбулатовой присвоены следующие Почетные звания: «Научный работник года по ЧР», Лауреат конкурса «Человек года», Лауреат региональной общественной премии ИЦ ЧР «СЕРЕБРЯНАЯ СОВА» в номинации «Образование».

За годы научно-исследовательской деятельности в Чеченском госпедуниверситете и в КНИИ РАН Зинаида Сайдаевна проявила себя как талантливый педагог и ученый с большим научным и творческим потенциалом. Является автором более 300 научных работ, в том числе девяти патентов и авторских свидетельств на изобретения [1,2,6].

Результаты научно-исследовательских работ Зинаиды Сайдаевны опубликованы в 47 изданиях ВАК РФ и более 30 статей в зарубежных журналах: «*Moderntendencies in Organic and Bioorganic Chemistry: Today and Tomorrow*» - New York, USA, 2008; «*Polymer Science*». Ser.B.. Vol. 52. Nos. 3-4. - New York, USA, 2010; «Springer»-electronic publication of your article - Heidelberg, Germany, 2010; Institute for Engineering of Polymer Materials and Dyes. Torun, Poland, 2012; European «*Journal of Natural History*» №3.2014; *Polymers and Polymeric Composites. Properties, Optimization, and Applications*. Chapter 7 October. USA, 2014; «*Physical Chemistry Research for Engineering and Applied Sciences*» Vol. 2. Chapter 3. Set NBA. November. №9. Canada, 2014; *Engineering Materials. Applied Research and Evaluation Methods*. November. Volume 7. PP.103-187. Canada, 2015 и в др.

В качестве руководителя образовательной программы подготовки магистров по профилю «Органическая химия» ведет большую организационную и учебно-методическую де-

тельность, преподает ключевые дисциплины в рамках образовательных программ бакалавриата по профилям «Химия» и «Биология» и магистратуры, с использованием инновационных технологий и новейших достижений дидактики химии.

Зинаида Сайдаевна входит в состав оргкомитетов и рабочих групп по проведению научных форумов различного уровня по Северному Кавказу, является членом диссовета Д 24.2.308.03 в КБГУ им. Х.М.Бербекова. Входит в состав редакционной коллегии почти всех научных журналов, издаваемых в республике.

УЧЕНЫЕ–ХИМИКИ, доктора химических наук Чеченской Республики, которые внесли неоценимый вклад в науку и образование, не только республики, но и на международном уровне. К сожалению, их мало, но вклад в науку они сделали и делают немалый. Многолетний, самоотверженный труд этих ученых всегда направлен на развитие отечественной науки и образования. Каждый из них имеет десятки научных изобретений мирового уровня, помимо научно-преподавательской деятельности.

Один только С.Н.Хаджиев имеет рекордное количество, около двухсот авторских свидетельств на изобретения, девять из которых Международного уровня. Разработал инновационные технологии нефтепереработки и нефтехимии, которые функционируют, как в нашей стране, так и за рубежом. Разработал новое научное направление – Наногетерогенный катализ процессов нефтепереработки, нефтехимии и гидроконверсии т.е. очистка нефтяных остатков от азот- и серосодержащих соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аболханов Х.А. Чеченцы в науке /Х.А. Аболханов. – Грозный: АО Изд. «Грозненский рабочий», 2022. – 256с.
2. Алиева Зарета. Учёные Чечни. – Гр.: ИКАР, 2003. – 176с.
3. Дадашев Р.Х., Батаев Д.К-С., Талхигова Х.С. Хамзат Исмаилович Ибрагимов - ученый и гражданин//Коллективная монография. «Актуальные проблемы современного материаловедения». – Грозный: КНИИ РАН, 2015. – 212с.
4. Дадашев Р.Х., Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Хамзат Исмаилович Ибрагимов: научная биография // Естественные и технические науки. 2015.№ 9 (87). – С.154-160
5. Дадашев Р.Х., Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Человек многогранного таланта (к 75-летию доктора химических наук, профессора Межидова Вахида Хумаидовича) // Вестник Академии Наук Чеченской Республики. – 2013. – №4 (21), – С.120-124.
6. Интеллектуальный центр Чеченской Республики в лицах: популярная биографическая энциклопедия/Жеребило Т.В. – Мх.: ИП «Султанбегов Х.С.», 2013. – Т. 1. – 180с.
7. Керимов И. А., Лебедев М. А. Талантливый учёный, государственный деятель: к 70-летию академика С. Н. Хаджиева // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2011. – № 1, – С.6-12
8. Осмаев Мовла. Он был человеком мира, чести и достоинства. // vesti_respubliki_chr №38 (3031) 26 мая 2018 г.
9. Талхигова Х.С., Дадашева З.И., Дадашев И.Н. Первый Президент Академии наук Чеченской Республики//Сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 230-летию со дня рождения Бей-Булата Таймиева. – Грозный: АО Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. – С.784

10. Хасбулатов Р.И. Саламбек Хаджиев - самый близкий мой друг свыше полувека! «Грозненский рабочий». 06 марта 2018г
11. Хамзат Ибрагимов / [Электронный ресурс] // KM.ru [сайт]. URL: <https://www.km.ru/referats/1F9BCAFA67EA4ECBAE4A580778175E89> (дата обращения: 14.09.2023).
12. URL: <https://grozniy.bezformata.com/listnews/s-yu-bileem/66689050/1F9BCAFA67EA4ECBAE4A580778175E89> (дата обращения: 14.09.2023).

REFERENCES

1. Abolkhanov H.A. Chechens in science / H.A. Abolkhanov. – Grozny: JSC Publishing House "Grozny Worker", 2022. – 256s.
2. Alieva Zareta. Scientists of Chechnya. – Gr.: IKAR, 2003. – 176s.
3. Dadashev R.H., Bataev D.K.S., Talkhigova H.S. Khamzat Ismailovich Ibragimov - scientist and citizen//Collective monograph. "Actual problems of modern materials science". – Grozny: KNII RAS, 2015. – 212s.
4. Dadashev R.H., Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Khamzat Ismailovich Ibragimov: scientific biography // Natural and technical sciences. 2015.No. 9 (87). – pp.154-160
5. Dadashev R.H., Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. A man of multifaceted talent (to the 75th anniversary of Doctor of Chemical Sciences, Professor Mezhidov Vahid Humaidovich) // Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. – 2013. – №4 (21), – Pp.120-124.
6. The Intellectual Center of the Chechen Republic in persons: a popular biographical encyclopedia/ Zhrebilo T.V. - Moscow: IP "Sultanbegov H.S.", 2013. – Vol. 1. – 180с.
7. Kerimov I. A., Lebedev M. A. Talented scientist, statesman: on the 70th anniversary of Academician S. N. Khadzhev // Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. 2011. – No. 1, – p.6-12
8. Osmaev Movla. He was a man of peace, honor and dignity. // vesti_respubliki_chr No.38 (3031) May 26, 2018
9. Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I., Dadashev I.N. First President of the Academy of Sciences of the Chechen Republic//Collection of materials of the International Scientific Conference dedicated to the 230th anniversary of the birth of Bey-Bulat Taimiev. – Grozny: JSC Publishing and Printing Complex "Grozny Worker", 2015. – p.784
10. Khasbulatov R.I. Salambek Hadjiev is my closest friend for over half a century! "Grozny worker". 06 March 2018
11. Khamzat Ibragimov / [Electronic resource] // KM.ru [website]. URL: <https://www.km.ru/referats/1F9BCAFA67EA4ECBAE4A580778175E89> (date of issue: 09/14/2023).
12. URL: <https://grozniy.bezformata.com/listnews/s-yu-bileem/66689050/1F9BCAFA67EA4ECBAE4A580778175E89> (accessed: 09/14/2023).

ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ РЕАКЦИИ АМИНОМЕТИЛИРОВАНИЯ

© Гаджиева Гюльсум Энвер гызы (а), Мамедбейли Эльдар Гусейнгулу оглу (b), Астанова Арзу Дамир гызы (с)

(а) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, вед.н.с. лаборатории «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений» ИНХП, guslum.mete@mail.ru

(b) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; д.х.н., зав. лабораторией «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений» ИНХП, eldar_mamedbeyli@mail.ru

(с) Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Азербайджан, г. Баку; старший преподаватель кафедры «Органическая химия»

Аннотация. Редкоземельные металлы представляют собой группу из 17 элементов, включающая скандий, иттрий и лантаноиды (лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций). Эти элементы проявляют между собой большое сходство химических и некоторых физических свойств, что объясняется почти одинаковым строением наружных электронных уровней их атомов. Все они являются металлами серебристо-белого цвета, при том все имеют сходные химические свойства (наиболее характерна степень окисления +3). Соединения редкоземельных элементов — металлов находят широкое применение в качестве катализаторов для различных химических процессов. Отмечается, что они используются для катализа реакций Дильса-Альдера, алкилирования, аминометилирования и ряда других реакций. В этой работе нами представлены результаты исследований в области применения комплексов редкоземельных металлов в качестве катализаторов реакции Манниха, а также показаны результаты собственных исследований авторов работы в области трехкомпонентной реакции аминометилирования с участием норборненилметанола, формальдегида и вторичных аминов. Рассмотрены основные преимущества и недостатки комплексов редкоземельных металлов в процессе их применения в различных каталитических процессах

Ключевые слова: комплексы редкоземельных металлов, катализаторы, биметаллический катализ, активность, селективность реакции.

APPLICATION OF RARE-EARTH METAL COMPOUNDS AS CATALYSTS OF THE AMINOMETHYLATION REACTION

© Hadjiyeva Gulsum Enver (a), Mammadbayli Eldar Huseynqulu (b), Astanova Arzu Damir (c)

- (a) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Candidate of Chemical Sciences, Head of the N.S. Laboratory "Study of anti-microbial properties and bio-damage", guslum.mete@mail.ru
- (b) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Doctor of Chemical Sciences, head. laboratories "Study of antimicrobial properties and biological damage" INHP, eldar_mamedbeyli@mail.ru
- (c) Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan, Baku; Senior Lecturer of the Department of Organic Chemistry

Abstract. Rare earth metals are a group of 17 elements, including scandium, yttrium and lanthanides (lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, promethium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium). These elements show a great similarity of chemical and some physical properties, which is explained by the almost identical structure of the outer electronic levels of their atoms. All of them are silver-white metals, while all have similar chemical properties (the most characteristic oxidation state is +3). Compounds of rare earth elements - metals are widely used as catalysts for various chemical processes. It is noted that they are used to catalyze Diels-Alder reactions, alkylation, aminomethylation, and a number of other reactions. In this paper, we present the results of studies in the field of using rare-earth metal complexes as catalysts for the Mannich reaction, and also show the results of our own studies of the authors of the work in the field of a three-component aminomethylation reaction involving norbornenylmethanol, formaldehyde, and secondary amines. The main advantages and disadvantages of complexes of rare earth metals in the course of their application in various catalytic processes are considered.

Key words: complexes of rare earth metals, catalysts, bimetallic catalysis, activity, reaction selectivity.

Соли и комплексные соединения находят широкое применение в качестве катализаторов для различных химических реакций, о чем свидетельствуют многочисленные литературные сообщения [1-5]. В представленной статье нами рассмотрены результаты исследований в области применения соединений редкоземельных металлов в качестве катализаторов реакций аминотетирования (Манниха), а также показаны результаты собственных исследований.

Так, в работе [6] подробно описаны каталитические асимметричные син-селективные реакции нитро-Манниха, промотированные гетеробиметаллическими комплексами Cu/Sm/двухъядерные основания Шиффа, демонстрирующие

эффективность бифункционального катализа гетеробиметаллический переходный металл/редкоземельный металл. Система первого поколения, приготовленная из $\text{Cu}(\text{OAc})_2/\text{Sm}(\text{O}-i\text{-Pr})_3$ /основание Шиффа в мольном соотношении 1:1:1 с добавкой ахирального фенола, частично удалась для получения аддукта син-селективной каталитической асимметричной нитро-Манниха реакции. Объем субстрата и ограничения системы первого поколения оставались проблематичными. После механических исследований ката-

лизатора, приготовленного из $\text{Sm}(\text{O-i-Pr})_3$, авторы повторно оптимизировали способ приготовления катализатора, и при этом катализатор, полученный из $\text{Sm}5\text{O}(\text{O-i-Pr})_{13}$, показал более широкую универсальность субстрата, а также более высокую реакционную способность и стереоселективность по сравнению с $\text{Sm}(\text{O-i-Pr})_3$. Оптимальная система с $\text{Sm}5\text{O}(\text{O-i-Pr})_{13}$ была применима к различным ароматическим, гетероароматическим и разветвленным алифатическим N-Вос имидам, давая продукты с 66-99% ee и син/анти = >20:1-13:1. Каталитический асимметричный синтез немонаприда также продемонстрирован с использованием катализатора, полученного из $\text{Sm}5\text{O}(\text{O-i-Pr})_{13}$.

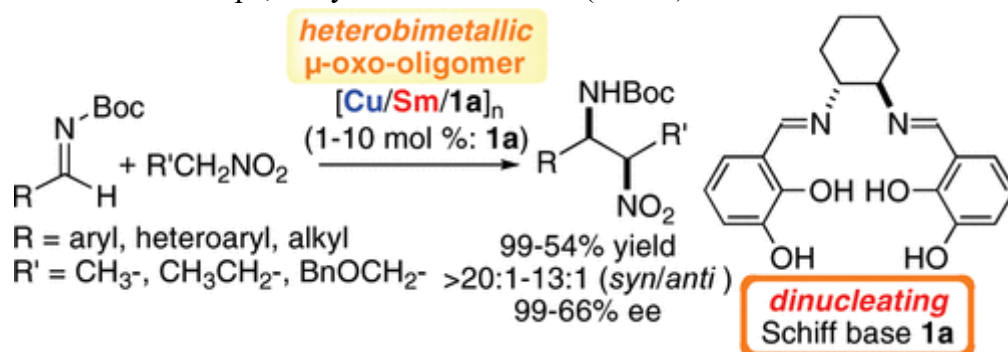
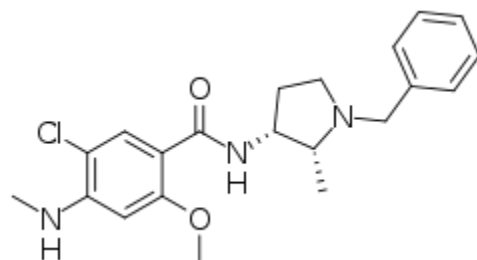


Схема 1. Реакция нитро-Манниха в присутствии комплекса самария

Полученный продукт является ключевым соединением в синтезе немонаприда – антипсихотического препарата



немонаприд

В работе [7] описаны син-селективные каталитические асимметричные реакции нитро-Манниха с использованием гетеробиметаллического комплекса Cu/Sm/основание Шиффа. Настоящий подход дополняет описанные ранее методы, и продукты были получены с высокой син-селективностью (>20:1), выходом (99-62%) и энантиоселективностью (98-83% ee). Оба металла Cu и Sm, соответствующим образом выровненные в двудерном лиганде с основанием Шиффа, были необходимы для реализации высокой син-селективности.

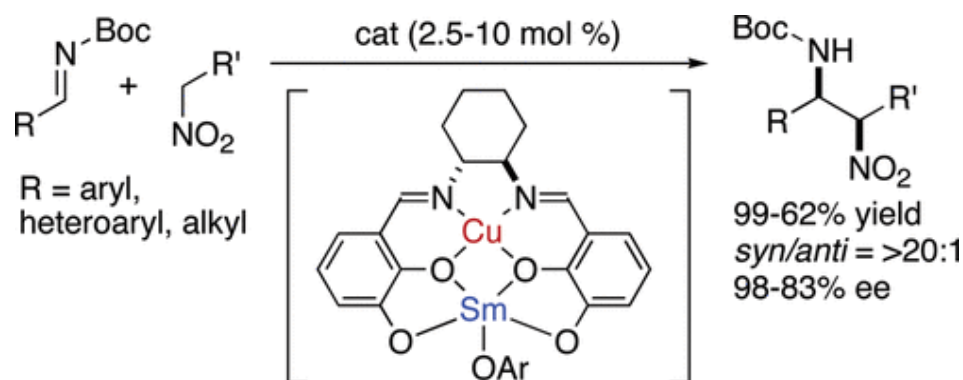


Схема 2. Реакция нитро-Манниха в присутствии двудерного диметаллического комплекса на основе самария

Описана каталитическая асимметричная реакция нитро-Манниха (аза-Генри) с гетеробиметаллическими катализаторами редкоземельного металла/щелочного металла [8]. Гетеробиметаллический катализатор Yb/K, собранный с помощью лиганда на основе амида, способствует протеканию асимметричной нитро-реакции Манниха с образованием энантиобогащенных *анти*- β -нитроаминов с ее до 86%. Легкое снижение нитрофункциональности позволило получить эффективный доступ к оптически активным 1,2-диаминам.

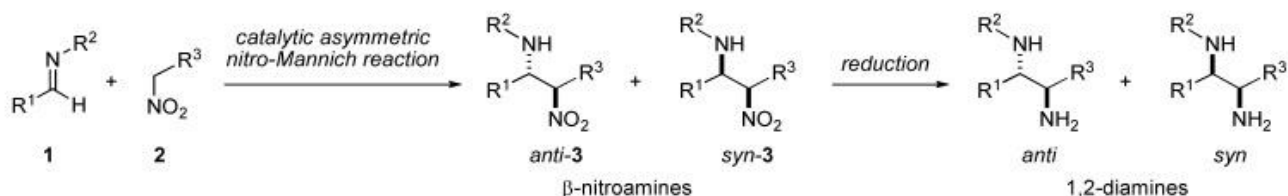


Схема 3. Каталитическая реакция нитро-Манниха для синтеза 1,2-диаминов

Авторы работы изучили влияние различных факторов реакции на выход и энантиоселективность аддукта (табл. 1)

Таблица 1.

Влияние различных параметров реакции на выход и селективность реакции нитро-Манниха

Редкоземельный металл	Щелочной металл	Время, ч.	Выход, %	dr (<i>анти</i> / <i>син</i>)	ee (<i>анти</i>), %
Nd ₅ O(O- <i>i</i> -Pr) ₁₃	Na	21	87	3.7/1	0
Nd ₅ O(O- <i>i</i> -Pr) ₁₃	Li	21	следы	-	-
Nd ₅ O(O- <i>i</i> -Pr) ₁₃	K	21	следы	-	-
La(O- <i>i</i> -Pr) ₃	Na	19	72	7.2/1	7
Sm(O- <i>i</i> -Pr) ₃	Na	19	89	3.5/1	11
Gd(O- <i>i</i> -Pr) ₃	Na	19	80	4.4/1	8
Er(O- <i>i</i> -Pr) ₃	Na	19	83	5/1	3
Yb(O- <i>i</i> -Pr) ₃	Na	19	92	5.2/1	6

Каталитическое поведение Dy(OTf)₃, DyCl₃ и дифосфоната редкоземельного комплекса Dy(OTf)₂L₂(H₂O)₂ (OTf)(CH₃CN) (L=(*i*-PrO)₂PO)CH₂P(O)(*i*-PrO)₂) были изучены для реакций Манниха. Результаты показали, что выход 54%, 8% и 47% был получен для Dy(OTf)₃, [Dy(OTf)₂L₂(H₂O)₂] (OTf)(CH₃CN) и DyCl₃, соответственно. Показано, что среди двенадцати хлоридов редкоземельных элементов максимальный выход аддукта 61 % был достигнут при использовании [9].

Показано [10], что многие катализаторы на носителе применяются для реакции Манниха, но они имеют недостатки, заключающиеся в низком выходе, нестабильности скорости на носителе и длительном воздействии. Хлорид редкоземельного самария на носителе из диоксида кремния ($\text{SiO}_2\text{-OSmCl}_2$) был приготовлен реакцией кремнезема и хлорида редкоземельного самария в толуоле или CCl_4 . Было исследовано влияние различных условий реакции на выходы. Этот метод имеет преимущества стабильности поддерживаемой скорости, короткое время, мягкие условия, высокий выход, высокую селективность, простую обработку, экологически чистую процедуру и возможность повторного использования катализатора. Три компонента *n*-метоксиацетофенона, ароматические альдегиды и ароматические амины реагировали по одnoreакторной реакции Манниха и катализировались $\text{SiO}_2\text{-OSmCl}_2$ в этаноле при комнатной температуре. В результате синтезирован ряд новых β -аминокарбонильных соединений. Катализатор охарактеризован методами ИК и РФА, одновременно продукты определены методами ЯМР ^1H -спектроскопии и элементного анализа.

Трис[*N,N*-бис(триметилсилил)амидо]комплексы металлов 3-й группы, особенно иттрия и гадолиния, служили катализаторами присоединения орто-C–H-связи производных пиридина и *N*-гетероароматических соединений по двойной связи C=N неактивированных иминов с получением соответствующих аминометилированных продуктов [11]. Добавление каталитических количеств вторичных аминов, таких как дибензиламин, значительно улучшало каталитическую активность за счет образования смешанного лигированного комплекса, такого как $[(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{N}]_2\text{Y}(\text{NBn}_2)(\text{TGF})$. Кроме того, кинетические исследования с использованием выделенного комплекса 4 предоставил правдоподобный механизм реакции, посредством которого координация двух производных пиридина давала пента-координированные частицы в качестве ключевого этапа.

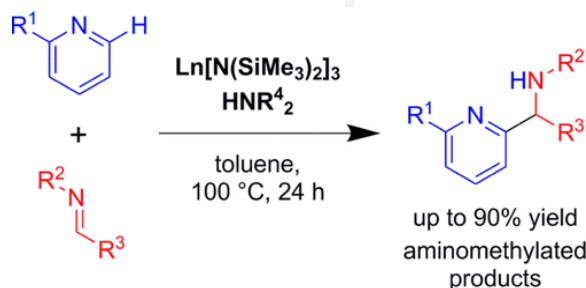


Схема 4. Реакция аминометилирования в присутствии комплексов металлов подгруппы лантана

Разработана новая методика аминометилирования терминальных ацетиленов *N,N,N',N'*-тетраметилметандиамином в присутствии переходных металлов и комплексов солей лантанидов. Методика обеспечивает образование соответствующих *N,N*-диметилпроп-2-ин-1-аминов с высоким выходом и селективностью [12].

Описана прямая каталитическая асимметричная реакция Манниха трихлорметилкетона в качестве донора, эквивалентного пропионату [13]. Новый комбинированный катализатор арилоксид лантана-*i*-Pr-пибокс + арилоксид лития оказался наиболее эффективным, способствуя реакции *N*-2-тиофенсульфонилиминов с трихлорметилкетонем. Аддукты *син*-Манниха были получены из различных арил-, гетероарил-, алкенил- и алкилиминов с выходом >99-72%, *син/анти* >30:1-8:1 и 98-92% ee (из пропионатно-эквивалентного донора). с использованием 2,5-10 мол. % катализатора. Аддукт Манниха превратился не только в сложный эфир, но и в полезные строительные блоки.

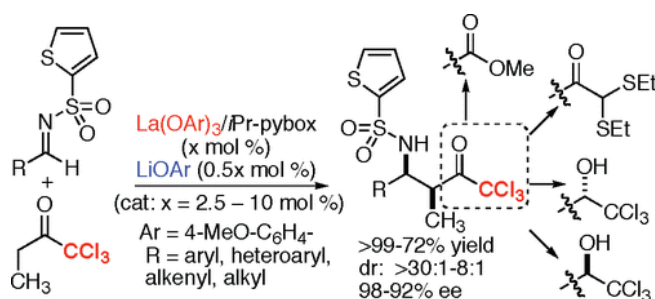


Схема 5. Реакция Манниха *N*-2-тиофенсульфонилиминов с трихлорметилкетонем в присутствии комплекса лантана

Описан высокоэффективный и энантиоселективный метод прямой асимметрической реакции дибензилмалоната с *N*-*tert*-бутоксикарбонилальдимидами в присутствии комплексов Yb(OTf)₃ и *i*-Pr-пибокса [14].

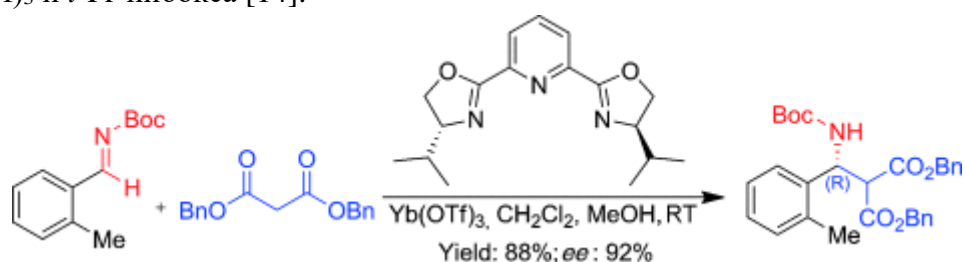
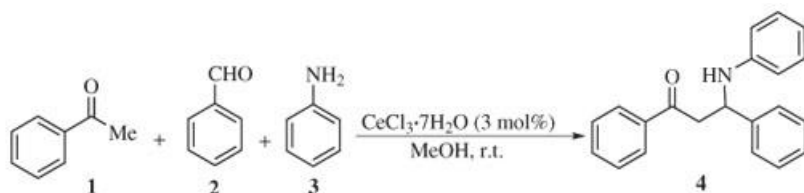


Схема 6. Асимметрическая реакция Манниха в присутствии комплекса иттербия

Авторы работы [15] продемонстрировали использование CeCl₃·7H₂O в качестве высокоэффективного катализатора одnoreакторной реакции Манниха для получения β-аминокарбонильных соединений с выходом от хорошего до превосходного в течение более короткого периода времени реакции. Процесс мягкий, эффективный, безвредный для окружающей среды с использованием небольшого количества катализатора.



Scheme 1. CeCl₃·7H₂O-catalyzed Mannich reaction.

Схема 7. Трехкомпонентная реакция Манниха в присутствии комплекса церия

Таким образом, из представленного обзора результатов исследований в области применения комплексов редкоземельных металлов в реакции аминотетирования следует, что эти соединения являются весьма востребованными катализаторами для реакций Манниха. В этой связи в наших исследованиях в качестве катализатора был использован гексагидрат нитрата самария (III) Sm(NO₃)₃·6H₂O, являющийся коммерческим продуктом и имеющий температуру плавления 79⁰C и плотность 2,375 г/см³. В качестве модельной реакции использовали трехкомпонентную реакцию Манниха с участием норборненилметанола, формальдегида и вторичных аминов (алифатических, алициклических и гетероциклических) [16-21]. Показано, что в присутствии этого катализатора выход образующегося аддукта выше, чем в случае использования хлорида меди (I).

ЛИТЕРАТУРА

1. Wu Y-H., Zhang L-Y., Wang N-X., Xing Y. Recent advances in the rare-earth metal triflates-catalyzed organic reactions // *Catalysis Reviews. Science and Engineering*. 2022. Vol. 64. N 4. pp. 679-715
2. van Koten G., Gossage R. Rare Earth Pincer Complexes: Synthesis, Reaction Chemistry, and Catalysis // *The Privileged Pincer-Metal Platform: Coordination Chemistry & Applications*. Stuttgart- Halle. 2016. B05. Pp 3-5
3. Pellissier H. Recent developments in enantioselective scandium-catalyzed transformations // *Coordination Chemistry Reviews*. 2016. Vol. 313. N 2. pp. 141-172
4. Kapileswar S. Recent progress in rare-earth metal-catalyzed sp^2 and sp^3 C–H functionalization to construct C–C and C–heteroelement bonds // *Organic Chemistry Frontiers*. 2022. Vol. 9. N 11. pp. 3102-3141
5. Yun M., Wang L., Shao J., Tian X. Recent Developments of Lewis Acid Catalysis: Lanthanoid Catalysts with Long Perfluoro-Chain in Organic Chemistry // *Current Organic Chemistry*. 2007. Vol. 11. N 6. pp. 559-576
6. Handa Sh., Gnanadesikan V., Matsunaga Sh. Heterobimetallic Transition Metal/Rare Earth Metal Bifunctional Catalysis: A Cu/Sm/Schiff Base Complex for *Syn*-Selective Catalytic Asymmetric Nitro-Mannich Reaction // *J. Amer. Chem. Soc.* 2010. Vol. 132. N 13. pp. 4925-4932
7. Shinya H., Vijav G., Shigeki M., Shibasaki M. *syn*-Selective Catalytic Asymmetric Nitro-Mannich Reactions Using a Heterobimetallic Cu–Sm–Schiff Base Complex // *J. Amer. Chem. Soc.* 2007. Vol. 129. N 16. pp. 4900-4901
8. Nitabaru T., Kumagai N., Shibasaki M. Catalytic asymmetric nitro-Mannich reactions with a Yb/K heterobimetallic catalyst // *Molecules*. 2010. Vol. 15. N 3. pp. 1280-1290
9. Xiaodong Y., Yuan Y., Jieqiang W., Qionghu J. Mannich reactions catalyzed by rare earth diphosphonates and rare earth chlorides // *Industrial Catalysis*. 2009. Vol. 17. N 7. pp. 43-48
10. Xue-Lin M., Xiao-Yong Z., Sheng-Li Y., Li-Ping D. Synthesis of Multiaryl-substituted Mannich Base Catalysed by Silica-supported Rare Earth Samarium Chloride // *Chem. J. Chinese Universities*. 2013. Vol. 34. N 12. pp. 2759-2764
11. Nagae H., Shibata Y., Tsurugi H., Mashima K. Aminomethylation Reaction of *ortho*-Pyridyl C–H Bonds Catalyzed by Group 3 Metal Triamido Complexes // *J. Amer. Chem. Soc.* 2015. Vol. 137. N 2. pp. 640-643
12. Shaibakova M.G., Titova I.G., Ibragimov A.G., Dzhemilev U.M. *N,N,N',N'*-tetramethylmethanediamine—A new reagent for aminomethylation of acetylenes // *Russian Journal of Organic Chemistry*. 2008. Vol. 44. pp. 11126-1129
13. Morimoto H., Gang L., Aoyama N., Matsunaga Sh. Lanthanum Aryloxide/Pybox-Catalyzed Direct Asymmetric Mannich-Type Reactions Using a Trichloromethyl Ketone as a Propionate Equivalent Donor // *J. Amer. Chem. Soc.* 2007. Vol. 129. N 31. pp. 9588-9589
14. Karimi B., Jafari E., Enders D. Highly Efficient Catalytic Enantioselective Mannich Reaction of Malonates with *N-tert*-Butoxycarbonyl Imines by Using Yb(OTf)₃/Pybox Catalysts at Room Temperature // *Chemistry. A European Journal*. 2013. Vol. 19. N 31. pp. 10142-10145

15. Kidwai M., Jahan A. Cerium Chloride (CeCl₃ center dot 7H₂O) as a Highly Efficient Catalyst for One-Pot Three-Component Mannich Reaction // Journal of the Brazilian Chemical Society. 2010. Vol. 21. N 12. pp. 2175-2179
16. Гаджиева Г.Э. Аминометоксипроизводные норборненилметанола как ингибиторы биокоррозии // Журнал практика противокоррозионной защиты. 2020. т. 25, № 1. с. 31-38.
17. Гаджиева Г.Э. Биологически активные производные норборнена: синтез бицикло (2.2.1)-гепт-5-ен-содержащих оснований Манниха // Химия в интересах устойчивого развития. 2021. № 4. с. 201-221
18. Гаджиева Г.Э. Ионные жидкости в реакциях аминометилирования // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 2020. № 4. с. 234-241
19. Hajiyeva G.E., Mammadbayli E.H., Ibrahimli S.I. Norbornene containing Mannich bases on the basis of cyclic amines. Processes of Petrochemistry and oil Refining. 2017. Vol. 18. No 4. pp. 331-340.
20. Hajiyeva G.E., Mammadbayli E.H., Ibrahimli S.I. Synthesis and properties of Mannich bases on the basis of norbornenylmethanol, aliphatic amines and benzaldehyde Processes of Petrochemistry and oil Refining. 2020. Vol. 21. No 1. pp. 36-44.
21. Hajiyeva G.E. Synthesis of Mannich bases based on norbornenylmethanol, cyclic amines and benzaldehyde and their antimicrobial activity. Azerbaijan Chemical Journal. 2019. No 3. pp. 68-74.

REFERENCES

1. Wu Y-H., Zhang L-Y., Wang N-X., Xing Y. Recent advances in the rare-earth metal triflates-catalyzed organic reactions // Catalysis Reviews. Science and Engineering. 2022. Vol. 64. N 4. pp. 679-715
2. van Koten G., Gossage R. Rare Earth Pincer Complexes: Synthesis, Reaction Chemistry, and Catalysis // The Privileged Pincer-Metal Platform: Coordination Chemistry & Applications. Stuttgart- Halle. 2016. B05. Pp 3-5
3. Pellissier H. Recent developments in enantioselective scandium-catalyzed transformations // Coordination Chemistry Reviews. 2016. Vol. 313. N 2. pp. 141-172
4. Kapileswar S. Recent progress in rare-earth metal-catalyzed sp² and sp³ C–H functionalization to construct C–C and C–heteroelement bonds // Organic Chemistry Frontiers. 2022. Vol. 9. N 11. pp. 3102-3141
5. Yun M., Wang L., Shao J., Tian X. Recent Developments of Lewis Acid Catalysis: Lanthanoid Catalysts with Long Perfluoro-Chain in Organic Chemistry // Current Organic Chemistry. 2007. Vol. 11. N 6. pp. 559-576
6. Handa Sh., Gnanadesikan V., Matsunaga Sh. Heterobimetallic Transition Metal/Rare Earth Metal Bifunctional Catalysis: A Cu/Sm/Schiff Base Complex for *Syn*-Selective Catalytic Asymmetric Nitro-Mannich Reaction // J. Amer. Chem. Soc. 2010. Vol. 132. N 13. pp. 4925-4932
7. Shinya H., Vijav G., Shigeki M., Shibasaki M. *syn*-Selective Catalytic Asymmetric Nitro-Mannich Reactions Using a Heterobimetallic Cu–Sm–Schiff Base Complex // J. Amer. Chem. Soc. 2007. Vol. 129. N 16. pp. 4900-4901

8. Nitabaru T., Kumagai N., Shibasaki M. Catalytic asymmetric nitro-Mannich reactions with a Yb/K heterobimetallic catalyst // *Molecules*. 2010. Vol. 15. N 3. pp. 1280-1290
9. Xiaodong Y., Yuan Y., Jieqiang W., Qionghu J. Mannich reactions catalyzed by rare earth diphosphonates and rare earth chlorides // *Industrial Catalysis*. 2009. Vol. 17. N 7. pp. 43-48
10. Xue-Lin M., Xiao-Yong Z., Sheng-Li Y., Li-Ping D. Synthesis of Multiaryl-substituted Mannich Base Catalysed by Silica-supported Rare Earth Samarium Chloride // *Chem. J. Chinese Universities*. 2013. Vol. 34. N 12. pp. 2759-2764
11. Nagae H., Shibata Y., Tsurugi H., Mashima K. Aminomethylation Reaction of *ortho*-Pyridyl C–H Bonds Catalyzed by Group 3 Metal Triamido Complexes // *J. Amer. Chem. Soc.* 2015. Vol. 137. N 2. pp. 640-643
12. Shaibakova M.G., Titova I.G., Ibragimov A.G., Dzhemilev U.M. *N,N,N',N'*-tetramethylmethanediamine—A new reagent for aminomethylation of acetylenes // *Russian Journal of Organic Chemistry*. 2008. Vol. 44. pp. 11126-1129
13. Morimoto H., Gang L., Aoyama N., Matsunaga Sh. Lanthanum Aryloxyde/Pybox-Catalyzed Direct Asymmetric Mannich-Type Reactions Using a Trichloromethyl Ketone as a Propionate Equivalent Donor // *J. Amer. Chem. Soc.* 2007. Vol. 129. N 31. pp. 9588-9589
14. Karimi B., Jafari E., Enders D. Highly Efficient Catalytic Enantioselective Mannich Reaction of Malonates with *N-tert*-Butoxycarbonyl Imines by Using Yb(OTf)₃/Pybox Catalysts at Room Temperature // *Chemistry. A European Journal*. 2013. Vol. 19. N 31. pp. 10142-10145
15. Kidwai M., Jahan A. Cerium Chloride (CeCl₃ center dot 7H₂O) as a Highly Efficient Catalyst for One-Pot Three-Component Mannich Reaction // *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2010. Vol. 21. N 12. pp. 2175-2179
16. Гаджиева Г.Э. Аминометоксипроизводные норборненилметанола как ингибиторы биокоррозии // *Журнал практика противокоррозионной защиты*. 2020. т. 25, № 1. с. 31-38.
17. Гаджиева Г.Э. Биологически активные производные норборнена: синтез бицикло (2.2.1)-гепт-5-ен-содержщих оснований Манниха // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2021. № 4. с. 201-221
18. Гаджиева Г.Э. Ионные жидкости в реакциях аминометилирования // *Процессы нефтехимии и нефтепереработки*. 2020. № 4. с. 234-241
19. Hajiyeva G.E., Mammadbayli E.H., Ibrahimli S.I. Norbornene containing Mannich bases on the basis of cyclic amines. *Processes of Petrochemistry and oil Refining*. 2017. Vol. 18. No 4. pp. 331-340.
20. Hajiyeva G.E., Mammadbayli E.H., Ibrahimli S.I. Synthesis and properties of Mannich bases on the basis of norbornenylmethanol, aliphatic amines and benzaldehyde *Processes of Petrochemistry and oil Refining*. 2020. Vol. 21. No 1. pp. 36-44.
21. Hajiyeva G.E. Synthesis of Mannich bases based on norbornenylmethanol, cyclic amines and benzaldehyde and their antimicrobial activity. *Azerbaijan Chemical Journal*. 2019. No 3. pp. 68-74.

О МЕТОДАХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦА

© Магеррамова Латафат Муса гызы

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ», afaq61@mail.ru

Аннотация. Марганец является переходным металлом с многогранным спектром применения в промышленных сплавах, особенно в нержавеющей сталях. Этот металл повышает прочность, работоспособность и износостойкость. Оксид марганца используется как окислитель; как добавка к каучуку; и в производстве стекла, удобрений и керамики. Сульфат марганца можно использовать как фунгицид. Марганец также является значимым элементом питания человека, который играет важную роль в метаболизме макроэлементов, формировании костей и системах защиты от свободных радикалов. Это важнейший компонент десятков белков и ферментов. Он содержится в основном в костях, а также в печени, почках и головном мозге. Учитывая высокую значимость марганца с точки зрения различных сфер, необходима разработка эффективных методов определения марганца в промышленных исследованиях, а также в лабораторной практике. Одним из таких методов является спектрофотометрический анализ. В связи с этим, в представленной статье рассмотрены результаты исследований в области спектрофотометрического определения марганца.

Ключевые слова: марганец, соли и оксиды, степень окисления, спектрофотометрический анализ, предел обнаружения, чувствительность по Сенделлу.

ABOUT METHODS OF SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MANGANESE

© Magerramova Latafat Musa

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; Candidate of Chemical Sciences, Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances, afaq61@mail.ru

Abstract. Manganese is a transition metal with a wide range of applications in industrial alloys, especially in stainless steels. This metal increases strength, performance and wear resistance. Manganese oxide is used as an oxidizing agent; as an additive to rubber; and in the production of glass, fertilizers and ceramics. Manganese sulfate can be used as a fungicide. Manganese is also a significant human nutritional element that plays an important role in macronutrient

metabolism, bone formation, and free radical defense systems. It is an essential component of dozens of proteins and enzymes. It is found mainly in the bones, but also in the liver, kidneys and brain. Given the high importance of manganese in terms of various fields, it is necessary to develop effective methods for the determination of manganese in industrial research, as well as in laboratory practice. One such method is spectrophotometric analysis. In this regard, in the presented article, the results of research in the field of spectrophotometric determination of manganese are considered.

Key words: manganese, salts and oxides, oxidation state, spectrophotometric analysis, limit of detection, Sendell sensitivity.

Марганец в виде ферромарганца применяется для раскисления (удаления кислорода) стали при её плавке. Кроме того, он связывает серу, что также улучшает свойства сталей. Введение до 12—13 % Mn в сталь, иногда в сочетании с другими легирующими металлами, сильно упрочняет сталь, делает её твёрдой и сопротивляющейся износу и ударам. Такая сталь используется для изготовления шаровых мельниц, землеройных и камнедробильных машин, броневых элементов и т. д. В «зеркальный чугун» вводится до 20 % Mn. Сплав 83 % Cu, 13 % Mn и 4 % Ni (манганин) обладает высоким электросопротивлением, мало изменяющимся с изменением температуры. Поэтому его применяют для изготовления реостатов и пр. Марганец вводят в состав бронзы и латуни. Особенно марганец широко используется при изготовлении сплавов различного назначения. Учитывая высокую значимость марганца для промышленных нужд необходима разработка эффективных методов его определения в промышленных образцах. Одним из эффективных и наиболее распространенных методов определения марганца является спектрофотометрический анализ. В этой работе нами рассмотрены основные результаты исследований в области качественного и количественного определения марганца. Так, в работе [1] разработан простой метод определения следовых количеств марганца с использованием морфолина натрия и дитиокарбамата (Na-MDTC) в качестве хелатирующего агента методом экстракционной спектрофотометрии. Марганец (II) реагирует с МДТС в буфере ацетат натрия-гидроксид натрия с рН 8,0 и дает комплекс коричневого цвета. Поглощение экстрагированного комплекса в хлороформе измеряют при 510 нм. Метод чувствителен до 0,40 ppm, и он свободен от интерференции многих ионов металлов, таких как Cd^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Ni^{+2} , Fe^{+2} . Количественные разработанные условия применяются для определения содержания марганца в образцах почв и растительных материалов.

Показано [2], что раствор марганца в гидроксиде натрия при смешивании с бруцином с последующим добавлением HCl дает розовый цвет, имеющий 1 мкг/мл в качестве визуального предела идентификации и максимальное поглощение при 475 нм. Эта цветная реакция была разработана для спектрофотометрического определения марганца в мельчайших количествах. Сообщается максимально допустимый предел других катионов и анионов.

Изучен простой и чувствительный спектрофотометрический метод определения марганца(II) с использованием о-гидроксигидрохинонефталеина (Qn.Ph.) и хлорида тетрадецилдиметилбензиламмония (зефирамин). Метод можно использовать в диапазоне концентраций 0 - 4,0 мкг/мл марганца(II), где чувствительность по Сэнделлу составляла 0,00038 м/см² при 535 нм и применялась для определения марганца(II) в водопроводной воде и сточных водах [3].

Цель работы [4] заключалась в разработке проточно-спектрофотометрического метода определения марганца в стали, основанного на электрохимическом окислении Mn(II) в Mn(VII) на поверхности Pt-электрода за счет каталитического действия Ag(I). Стадия оперативного окисления была достигнута путем подачи образца и раствора электролита непосредственно в электролитическую ячейку. После электролиза инъект гомогенизировали барботированием воздуха. Полученные перманганат-ионы пропускали через спектрофотометр, где контролировали поглощение при 545 нм. Было исследовано влияние постоянного тока, концентрации серебра, времени, скорости потока, концентрации и состава электролита-носителя. Постоянный ток и содержание серебра оказались наиболее значимыми параметрами. Для определения марганца в диапазоне 5,00 - 150 мг/л ($r = 0,9998$) и времени электролиза 60 с, производительность по образцу составила 20 ч⁻¹. Точность оценивалась путем анализа десяти стандартных образцов стали. Результаты точны (RSD < 3%) и согласуются с сертифицированными значениями эталонных материалов и стандартными методами при доверительном уровне 95%.

В работе [5] разработан простой, быстрый, чувствительный и селективный метод спектрофотометрического определения марганца(II). Реагент 2-аминоацетофенон изоникотиноилгидразон (2-ААИНГ) дает водорастворимый комплекс зеленоватого цвета в водной среде ДМФ с марганцем(II). Комплекс Mn(II)-2ААИНН проявляет максимальное поглощение при 435 нм в диапазоне pH 9,0-10,0, где реагент показывает незначительное поглощение. Следовательно, аналитические исследования проводились при 435 нм, абсорбционная способность и чувствительность по Сэнделлу составляли $1,49 \times 10^4$ л/моль.

См и $3,5 \times 10^{-3}$ мкг/см² соответственно. Закон Бера соблюдается в диапазоне 0,1373-2,746 мкг/мл. Состав комплекса имеет соотношение 1:1 и константу стабильности комплекса рассчитана как $2,7 \times 10^{11}$. Также учитывалось влияние различных ионов. Настоящий метод применялся для определения марганца в водопроводной воде, легированных сталях и растительных образцах.

Сообщается [6], что марганец (Mn) является основным окислительно-восстановительным элементом в морских отложениях и играет важную роль в биогеохимических циклах углерода, азота, фосфора или микроэлементов. Круговорот марганца в морских отложениях характеризуется чередованием процессов окисления и восстановления в зависимости от физико-химических и биологических условий: таким образом, оценка количественного определения и состава марганца является важным вопросом для понимания окислительно-восстановительных реакционно-транспортных процессов в осадочных отложениях. Твердые фазы Mn можно определить с помощью методов химической экстракции, которые позволяют селективное выщелачивание фракций Mn, определенных в ходе эксплуатации. Оксиды и оксигидроксиды Mn экстрагируют выщелачивающим раствором аскорбата, тогда как все (оксигидр-)оксиды Mn и Mn, связанный с карбонатами, экстрагируют HCl. Существующий спектрофотометрический метод позволяет количественно определять Mn, растворенный в (морской) воде. Авторы работы представляют модифицированную версию, которая позволяет измерять Mn в подкисленных матрицах, включая растворы аскорбата и HCl. Металлическое замещение происходит между комплексом Cd-ТСРР и Mn при pH 7,5–8,0 с имидазолом в качестве катализатора. Они предложили использовать раствор NaHCO₃ для разбавления образцов, чтобы они находились в необходимом диапазоне pH для выполнения замены металла. Этим методом определяли концентрации Mn(II,III) в стандартных

растворах с точностью до 3% в диапазоне концентраций 0,5–80 мкМ. Методика успешно применена для определения Mn в подкисленных поровых водах и в последовательных экстракциях аскорбата и HCl из илистых отложений Бискайского залива. Результаты спектрофотометрии хорошо согласуются с результатами атомно-абсорбционной спектрометрии, подтверждая правильность предлагаемого метода.

Для определения растворенного марганца в морской воде разработан спектрофотометрический метод с использованием комплексообразователя 1-(2-пиридилазо)-2-нафтола (ПАН) [7]. Предел обнаружения приблизительно 22 нМ был получен, когда анализы проводились на месте с помощью погружного химического анализатора (сканера). Формирование цвета было быстрым (менее 1 с), что позволило использовать этот метод в системах с инъекцией потока и в системах с непрерывным потоком. Исследование возможных помех показало, что единственным существенным препятствием для определения марганца в морской воде (гидротермальные шлейфы) было железо. Для маскировки этого вмешательства использовали специфичный для железа хелатирующий агент десферриоксамин В. Температура и давление не оказывали отрицательного влияния на чувствительность метода, что позволяло применять его на месте на глубинах до 3000 м. Этот метод был протестирован путем измерения концентраций растворенного марганца на месте в подводных гидротермальных шлейфах с помощью сканера. Развертывание сканера над хребтом Хуан-де-Фука произвело первый анализ марганца в среде гидротермального шлейфа практически в реальном времени. Образцы эстуариев также были успешно проанализированы в лаборатории, и результаты были подтверждены независимым методом.

Показано [8], что марганец (II) образует комплекс желтого цвета с реагентом пиколинальдегидникотиноилгидразоном (ПАНГ), который можно количественно экстрагировать хлороформом в диапазоне pH 8,7–10,5. Закон Бера соблюдался в диапазоне концентраций 0,02–1,5 м.д. с максимумами поглощения при 385 нм. Было обнаружено, что молярная абсорбционная способность и чувствительность по Сэнделлу экстрагированных частиц составляют $4,606 \times 10^4$ л/моль см и $1,19$ нг/см² соответственно. Изучена интерференция, вызванная различными ионами. Предлагаемый метод прост, быстр, точен, чувствителен и применен для разделения и определения Mn(II) в синтетических смесях и реальных образцах.

Разработан новый метод определения марганца [9]. Метод основан на окислении реагента кислотным фуксином для марганца (VII), что приводит к обесцвечиванию реактива. Определение марганца проводят спектрофотометрически в присутствии висмута натрия. Закон Бера соблюдался от 0 до 1,3 мкг/мл для концентрации Mn(VII) с кажущимся молярным коэффициентом поглощения $2,52 \times 10^4$ л/моль см. Этот метод успешно использовался для определения следов марганца в образцах вина.

Предложен новый, простой, чувствительный и быстрый спектрофотометрический метод для определения следовых количеств марганца(II) [10]. Метод основан на реакции при pH 11,5 между синтезированным реагентом N,NТ-бис(2-аминобензоил)триэтилтетраминоном (БАБТТ) и марганцем (II) с образованием водорастворимого комплекса коричневого цвета. Комплекс Mn(II) – БАБТТ проявляет максимальное поглощение при 400 нм. При этой длине волны, комплекс показывает большое поглощение, в то время как сам реагент показывает пренебрежительное

поглощение. Таким образом, аналитическое исследование проводится в области 400 нм при рН 11,5. Закон Бера действует в диапазоне концентраций 1,20–16,86 мкг/мл с молярной поглощательной способностью $0,684 \times 10^3$ л/моль см. . Обсуждаются допустимые пределы для мешающих ионов. Все переменные изучались для оптимизации условий реакции. Хотя существует ряд спектрофотометрических методов определения марганца, ни один из реагентов не обладает выдающимися характеристиками для прямого спектрофотометрического определения марганца(II) в водной среде. Эффективность предлагаемого метода подтверждается успешным определением следов марганца в чистом виде, природных пробах, сплавах и промышленные стоках.

Описан метод спектрофотометрического определения марганца с помощью его комплекса с 4(5)-имидазолальдоксимом ИМАЛОКС, образующегося в щелочной среде [11]. Цветная система имеет максимум поглощения при 350 нм и подчиняется закону Бера в диапазоне 0,8–8,0 мкг Мп на мл. Оптимальный диапазон составляет 1–5 мкг/м¹. Молярная абсорбционная способность составляет 7850 л/моль см. Относительно небольшое количество ионов мешают, и их можно замаскировать цианидом, тартратом и НТА. Критически проанализированы экспериментальные результаты и проведено сравнение с основными спектрофотометрическими реагентами на марганец.

В работе [12] предложен простой, недорогой и экологически чистый экстрактивный спектрофотометрический метод определения марганца. Метод основан на образовании и дисперсионной жидкостной микроэкстракции (ДЖЖМЭ) окрашенной в фиолетовый цвет ионной пары Mn(II) с 1,3,3-триметил-2-[3-(3-метил-3Н-бензотиазол-2-илиден)пропенил]-3Н-индолий (ВТИС) в присутствии 1-нитрозо-2-нафтола (НЛ) в качестве лиганда и последующее УФ-видимое спектрофотометрическое детектирование при 560 нм образовавшейся ионной пары. Было обнаружено, что соответствующими экспериментальными условиями для процедуры DLLME являются: рН 9,5; 0,12 ммоль/л ВТИС; экстракционный растворитель – толуол, содержащий 1,75 ммоль/л ХЛ; растворитель-диспергатор – метанол; вспомогательный растворитель – тетрахлорметан. Закон Бера соблюдается в диапазоне 0,055–0,88 мкг/мл Мп (II). Было обнаружено, что предел обнаружения (LOD), рассчитанный на основе трехкратного стандартного отклонения холостой пробы ($n = 10$), составляет 0,004 мкг/мл Мп (II). Предложенный метод был успешно применен для анализа различных проб воды (минеральной, родниковой и питьевой).

Описан спектрофотометрический метод определения следовых количеств марганца с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом (ПАН) [13]. Метод основан на измерении оптической плотности хелата марганец-ПАН, солюбилизированного неионогенным поверхностно-активным веществом Тритоном X-100. В предлагаемом методе не требуется процедуры экстракции. Высокие концентрации кальция, алюминия и магния не мешают. Допускается присутствие до 10 частей на миллион свинца. Железо, кадмий, цинк, кобальт и никель можно эффективно замаскировать цианистым калием. Закон Бера соблюдается до 2 частей на миллион марганца. Найденная молярная абсорбционная способность хелата марганец-ПАН составила $4,4 \cdot 10^4$ л/ моль см при 562 нм.

Исследования в области спектрофотометрического определения марганца также обобщались в работах [14–17].

Разработан простой и достаточно селективный кинетический метод определения марганца(II), основанный на его каталитической активности в реакциях автоокисления

о-гидроксифенилтиомочевина (ОтПТУ) [18]. Установлено, что скорость реакции пропорциональна концентрации ионов марганца(II). Реакцию проводят в боратном буфере с рН 7-5. и эффективно определяли в диапазоне 0,05-0,50/мкг марганца. Настоящий способ был применен к таким пищевым продуктам, как капуста, помидоры и картофель. Поскольку марганец играет жизненно важную роль в различных физиологических функциях. Многие связанные ионы металлов не мешают определению.

Описана экстракционно-спектрофотометрическая методика определения марганца(II), основанная на образовании хелата с 3-фенил-2-меркаптопропеновой кислотой [19]. Комплекс марганца в соотношении 1:2 количественно экстрагируют изоамиловым спиртом (2-метилбутан-1-ол) в диапазоне рН 6,3–9,4. Экстракт показывает максимальное поглощение при 625 нм ($\epsilon = 7,3 \times 10^3$ л/моль см) и подчиняется закону Бера до 20 мкг/мл марганца. Метод является селективным и успешно применяется для определения марганца в стандартных образцах.

Спектрофотометрическим методом исследован гетеролигандный комплекс марганца с 1,10-фенантролином и о-нитробензолазосалициловой кислотой [20]. Установлены условия комплексообразования и экстракции, физико-химические и аналитические характеристики этого комплекса. Комплексообразование наблюдается в интервале рН 5–11. Константа экстракции определена как $5,3 \times 10^{12}$, константа стабильности – как $\lg \beta_K = 9,03$ (0,03). Молярная абсорбция равна $(= (1,36 \pm 0,08) \times 10^4$ л/г см. Закон Бера выполняется в интервале 1,0 - 22,5 мкг марганца (II). Изучено влияние различных ионов на определение марганца(II). Предложенный метод был успешно применен для определения количества марганца в водопроводной воде.

Одновременное спектрофотометрическое определение Mn, Zn и Co было изучено двумя методами: классическим парциальным методом наименьших квадратов (PLS) и ядерным парциальным методом наименьших квадратов (KPLS) с 2-(5-бром-2-пиридилазо)-5-диэтиламинофенолом (5-Br-PADAP) и бромидом цетилпиридиния (CPB) [21]. Для выполнения расчетов были разработаны две программы, SPGRPLS и SPGRKPLS. Для вывода количества факторов было рассчитано восемь функций ошибок. Обработка данных проводилась с использованием анализа основных компонентов. Метод KPLS применялся для быстрого определения по матрице данных со многими длинами волн и меньшим количеством образцов. Относительные стандартные ошибки прогнозирования (RSEP) для всех компонентов с помощью методов KPLS и PLS были одинаковыми (0,0247). Экспериментальные результаты показали, что оба метода эффективны даже при сильном перекрытии спектров.

Проточно-инжекционное спектрофотометрическое определение марганца в водном растворе с использованием твердого висмутата натрия представлено в работе [22]. Марганец (Mn^{2+}) может быть определен спектрофотометрически при 308 нм после его онлайн-окисления до MnO_4 при комнатной температуре. В кислой среде перманганат сразу реагирует с сим-дифенилкарбазидом с образованием комплекса, абсорбцию которого измеряют. Линейный диапазон метода составлял 5×10^{-7} – 71×10^{-4} моль/л с пределом обнаружения (3σ) 6×10^{-8} моль/л. Предлагаемая методика применялась для определения

Mn²⁺ в сточных водах и продуктах питания с относительным стандартным отклонением 1,85%.

Таким образом, на сегодняшний день существует большое многообразие спектрофотометрических методов для качественного и количественного определения марганца в промышленных и лабораторных образцах. Однако, поиск новых передовых методов определения марганца, основанные на спектрофотометрическом анализе не теряют своей актуальности и по сегодняшний день и количество работ в этой области ежегодно интенсивно растет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Madhavi K., Saraswathi K. Spectrophotometric Method For The Determination Of Manganese (II) In Soil Samples And Plant Materials Using Morpholine Dithiocarbamate // *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2013. Vol. 2. N 2. Pp. 1-8.
2. Hashmi M.H., Oureshi T., Chughtai E., Saeed M. Spectrophotometric determination of manganese // *Microchimica Acta*. 1969. Vol. 57. Pp. 782-785.
3. Morir I., Fujita Y., Sakaguchi K., Kitano Sh. Spectrophotometric determination of manganese (II) using o-hydroxyhydroquinonephthalen and zephiramine // *JAPAN Society for Analytical Chemistry*. 1982. Vol. 31. Pp. 8239-8242.
4. SaintPierre T., Queiroz R., Souza I., Neto J. Spectrophotometric Determination of Manganese in Steels by On-Line Electrochemical Oxidation // *J. Braz. Chem. Soc*. 1998. Vol. 9. N 2. Pp. 13-15.
5. Satyanarayana R., Swetha M., Reddy R. Direct and Second Derivative Spectrophotometric Determination of Manganese (II) in Tap Water, Alloy Steels and Plant samples // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2014. Vol. 5. N 4. Pp. 975-982.
6. Charbonnier C., Anschultz P. Spectrophotometric determination of manganese in acidified matrices from (pore)waters and from sequential leaching of sediments // *Talanta*. 2019. Vol. 195. N 1. Pp. 778-784.
7. Chin C., Johnson K., Coale K. Spectrophotometric determination of dissolved manganese in natural waters with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol: application to analysis in situ in hydrothermal plumes // *Marine Chemistry*. 1992. Vol. 37. N 1-2. Pp. 65-82.
8. Pawar R., Pangaonkar S.B., Samant A. Spectrophotometric determination of manganese(II) by picolinaldehyde nicotinoylhydrazone // *Indian Journal of Chemical Technology*. 2001. Vol. 8. N 3. Pp. 200-203.
9. Liu Y-H., Zhan H., Heng L., Ma W. Spectrophotometric Determination of Manganese in Wine by Oxidizing Acid Fuchsin // *Asian Journal of Chemistry*. 2013. Vol. 25. N 4. Pp. 2270-2272.
10. Khedr A.M., Issa R.M., El-Kamary M., Hassan R. Rapid and Simple Spectrophotometric Determination of Mn(II), Fe(III), Co(II), Ni(II) and Cu(II) Ions in Natural Samples Using 2-(2-Hydroxynaphth-1-ylazo)-pyridine // *Egypt J. Chem*. 2010. Vol. 53. N 6. Pp. 885-902.
11. Pereira C., Gomez J.G. Spectrophotometric Determination of Manganese with 4(5)-Imidazolealdoxime (Imalox) // *Analytical Letters*. 1985. Vol. 18. N 18. Pp. 2219-2227.

12. Balogh I.S., Rusnakova L., Skrlikova L., Kocurova J. A spectrophotometric method for manganese determination in water samples based on ion pair formation and dispersive liquid-liquid microextraction // *International Journal of Environmental Analytical chemistry*. 2012. Vol. 92. N 9. Pp. 1059-1071.
13. Goto K., Taguchi S., Fukue Y., Ohta K. Spectrophotometric determination of manganese with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol and a non-ionic surfactant // *Talanta*. 1977. Vol. 24. N 12. Pp. 752-754.
14. Ahrkand S., Herman R. Spectrophotometric determination of manganese(II) and zinc(II) with 4-(2-pyridylazo) resorcinol (PAR) // *Anal. Chem.* 1975. Vol. 47. N 14. Pp. 2422-2426
15. Mehlig J.P. Spectrophotometric determination of manganese in steel // *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 1935. Vol. 7. N 1. Pp. 27-29.
16. Kumar K.P., Muthuselvi R. Direct spectrophotometric determination of manganese(II) with N,N'- Bis(2-amino-benzoyl) triethylenetetramine in aqueous medium // *Analytical Chemistry. An Indian Journal*. 2013. Vol. 12. N 11. Pp. 123-128.
17. Gurkan R. Catalytic spectrophotometric determination of Mn(II) at trace levels using celestine blue-KIO₄-1,10-phenantroline redox reaction // *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 2011. Vol. 25. N 3. Pp. 333-346.
18. Jagadeswara S., Reddy S., Krishna Y.R. Kinetic-spectrophotometric determination of manganese // *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.)*. 1985. Vol. 95, N 5, Pp. 557-560.
19. Izquierdo A., Prat D., Garriga N., Alegria J. Extraction-spectrophotometric determination of manganese with 3-phenyl-2-mercaptopropenoic acid // *Analyst*. 1986. Vol. 111. N 3. Pp. 309-31
20. Rustamov N. Kh., Abbasova G.G. Determination of Manganese in Tap Water by a New Extraction-Photometric Method // *American Journal of Analytical Chemistry*. 2014. Vol. 5. N 4. Pp. 1-6.
21. Gao L., Ren Sh. Simultaneous spectrophotometric determination of manganese, zinc and cobalt by kernel partial least-squares method // *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 1998. Vol. 20. Pp. 434-439.
22. Noroozifar M., Khorasani-Motlagh M. Flow-Injection System for the Spectrophotometric Determination of Mn (II) Using Sodium Bismuthate as an Oxidant and Symdiphenylcarbazine as a Complexing Agent // *Chem. Anal. (Warsaw)*. 2004. Vol. 49. Pp. 405-410.

REFERENCES

1. Madhavi K., Saraswathi K. Spectrophotometric Method For The Determination Of Manganese (II) In Soil Samples And Plant Materials Using Morpholine Dithiocarbamate // *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2013. Vol. 2. N 2. Pp. 1-8.
2. Hashmi M.H., Oureshi T., Chughtai E., Saeed M. Spectrophotometric determination of manganese // *Microchimica Acta*. 1969. Vol. 57. Pp. 782-785.
3. Morir I., Fujita Y., Sakaguchi K., Kitano Sh. Soectrophotometric determination of manganese (II) using o-hydrixyhydroquinonephthalen and zephiramine // *JAPAN Society for Analytical Chemistry*. 1982. Vol. 31. Pp. 8239-8242.

4. SaintPierre T., Queiroz R., Souza I., Neto J. Spectrophotometric Determination of Manganese in Steels by On-Line Electrochemical Oxidation // *J. Braz. Chem. Soc.* 1998. Vol. 9. N 2. Pp. 13-15.
5. Satyanarayana R., Swetha M., Reddy R. Direct and Second Derivative Spectrophotometric Determination of Manganese (II) in Tap Water, Alloy Steels and Plant samples // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2014. Vol. 5. N 4. Pp. 975-982.
6. Charbonnier C., Anschultz P. Spectrophotometric determination of manganese in acidified matrices from (pore)waters and from sequential leaching of sediments // *Talanta.* 2019. Vol. 195. N 1. Pp. 778-784.
7. Chin C., Johnson K., Coale K. Spectrophotometric determination of dissolved manganese in natural waters with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol: application to analysis in situ in hydrothermal plumes // *Marine Chemistry.* 1992. Vol. 37. N 1-2. Pp. 65-82
8. Pawar R., Pangaonkar S.B., Samant A. Spectrophotometric determination of manganese(II) by picolinaldehyde nicotinoylhydrazone // *Indian Journal of Chemical Technology.* 2001. Vol. 8. N 3. Pp. 200-203.
9. Liu Y-H., Zhan H., Heng L., Ma W. Spectrophotometric Determination of Manganese in Wine by Oxidizing Acid Fuchsin // *Asian Journal of Chemistry.* 2013. Vol. 25. N 4. Pp. 2270-2272.
10. Khedr A.M., Issa R.M., El-Kamary M., Hassan R. Rapid and Simple Spectrophotometric Determination of Mn(II), Fe(III), Co(II), Ni(II) and Cu(II) Ions in Natural Samples Using 2-(2-Hydroxynaphth-1-ylazo)-pyridine // *Egypt J. Chem.* 2010. Vol. 53. N 6. Pp. 885-902.
11. Pereira C., Gomez J.G. Spectrophotometric Determination of Manganese with 4(5)-Imidazolealdoxime (Imalox) // *Analytical Letters.* 1985. Vol. 18. N 18. Pp. 2219-2227.
12. Balogh I.S., Rusnakova L., Skrlikova L., Kocurova J. A spectrophotometric method for manganese determination in water samples based on ion pair formation and dispersive liquid-liquid microextraction // *International Journal of Environmental Analytical chemistry.* 2012. Vol. 92. N 9. Pp. 1059-1071.
13. Goto K., Taguchi S., Fukue Y., Ohta K. Spectrophotometric determination of manganese with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol and a non-ionic surfactant // *Talanta.* 1977. Vol. 24. N 12. Pp. 752-754.
14. Ahrkand S., Herman R. Spectrophotometric determination of manganese(II) and zinc(II) with 4-(2-pyridylazo) resorcinol (PAR) // *Anal. Chem.* 1975. Vol. 47. N 14. Pp. 2422-2426
15. Mehlig J.P. Spectrophotometric determination of manganese in steel // *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 1935. Vol. 7. N 1. Pp. 27-29.
16. Kumar K.P., Muthuselvi R. Direct spectrophotometric determination of manganese(II) with N,N'- Bis(2-amino-benzoyl) triethylenetetramine in aqueous medium // *Analytical Chemistry. An Indian Journal.* 2013. Vol. 12. N 11. Pp. 123-128.
17. Gurkan R. Catalytic spectrophotometric determination of Mn(II) at trace levels using celestine blue-KIO₄-1,10-phenantroline redox reaction // *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 2011. Vol. 25. N 3. Pp. 333-346.
18. Jagadeswara S., Reddy S., Krishna Y.R. Kinetic-spectrophotometric determination of manganese // *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.).* 1985. Vol. 95, N 5, pp. 557-560.

19. Izquierdo A., Prat D., Garriga N., Alegria J. Extraction-spectrophotometric determination of manganese with 3-phenyl-2-mercaptopropenoic acid // *Analyst*. 1986. Vol. 111. N 3. Pp. 309-31
20. Rustamov N. Kh., Abbasova G.G. Determination of Manganese in Tap Water by a New Extraction-Photometric Method // *American Journal of Analytical Chemistry*. 2014. Vol. 5. N 4. Pp. 1-6.
21. Gao L., Ren Sh. Simultaneous spectrophotometric determination of manganese, zinc and cobalt by kernel partial least-squares method // *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 1998. Vol. 20. Pp. 434-439
22. Noroozifar M., Khorasani-Motlagh M. Flow-Injection System for the Spectrophotometric Determination of Mn (II) Using Sodium Bismuthate as an Oxidant and Symdiphenylcarbazide as a Complexing Agent // *Chem. Anal. (Warsaw)*. 2004. Vol. 49. Pp. 405-410.

УДК: 004.432

DOI: 10.34824/VKNIRAN.2023.14.3.009

СОЗДАНИЕ ОТЗЫВЧИВЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ С REACT И CSS FLEXBOX

© Гишлакаев Сайфулла Умарович (а), Гайрабекова Тамара Израиловна (б)

(а) Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; студент 4 курса Института математики, физики и информационных технологий, sgishlakaev@mail.ru

(б) Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и компьютерных технологий, sti_ing@mail.ru

Аннотация. В современном мире разработки веб-приложений отзывчивость интерфейса стала неотъемлемой частью успешного проекта. Пользователи ожидают, что приложение будет легко использоваться на любом устройстве, будь то компьютер, планшет или мобильный телефон. Для достижения этой цели разработчики активно используют React и CSS Flexbox. В данной статье мы рассмотрим, как создать отзывчивые интерфейсы с помощью этих инструментов.

Ключевые слова: Реакт, вэб-сайт, вэб-приложение, логика, useState, useEffect.

CREATING RESPONSIVE INTERFACES WITH REACT AND CSS FLEXBOX

© Gishlakaev Sayfulla Umarovich (a), Gayrabekova Tamara Israilovna (b)

(a) Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Russian Federation, Grozny; 4th year student at the Institute of Mathematics, Physics and Information Technologies, sgishlakaev@mail.ru

(b) Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Russian Federation, Grozny; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Technologies, sti_ing@mail.ru

Abstract. In the modern world of web application development, the responsiveness of the interface has become an integral part of a successful project. Users expect that the application will be easily used on any device, be it a computer, tablet or mobile phone. To achieve this goal, developers actively use React and CSS Flexbox. In this article, we will look at how to create responsive interfaces using these tools.

Key words: React, web site, web application, logic, useState, useEffect.

React является одной из самых популярных JavaScript-библиотек для разработки пользовательских интерфейсов. Она предоставляет удобные инструменты для создания компонентов, которые могут быть переиспользованы и комбинированы для построения сложных интерфейсов. Однако, сам по себе React не обеспечивает отзывчивость интерфейса. Здесь на помощь приходит CSS Flexbox.

CSS Flexbox - это мощный инструмент для создания гибких и адаптивных макетов. Он позволяет легко управлять расположением элементов на странице в зависимости от доступного пространства. Flexbox предоставляет набор свойств и значений, которые позволяют разработчикам создавать адаптивные интерфейсы без необходимости использования сложных сеточных систем или медиа-запросов.

Для начала работы с React и CSS Flexbox необходимо создать новый проект React. Для этого вы можете использовать инструмент Create React App, который позволяет быстро настроить базовую структуру проекта. После создания проекта вам понадобится установить необходимые зависимости, включая React и React-DOM.

Основной компонент вашего интерфейса будет представлять собой корневой элемент приложения. В этом компоненте вы можете определить основной макет и структуру вашего интерфейса с помощью CSS Flexbox. Для этого определите контейнер, который будет содержать все остальные элементы интерфейса. Примените к нему свойство `display` со значением `flex`, чтобы указать, что этот контейнер будет использовать Flexbox для управления расположением элементов.

После того, как вы настроили корневой контейнер, вы можете начать добавлять в него дочерние элементы, которые будут составлять ваш интерфейс. Используйте свойства Flexbox, такие как `flex-direction`, `justify-content` и `align-items`, чтобы определить направление, выравнивание и расположение элементов в контейнере. Например, свойство `flex-direction` со значением `row` позволит элементам располагаться горизонтально, а свойство `justify-content` со значением `center` будет выравнивать элементы по центру контейнера.

Кроме того, CSS Flexbox предоставляет возможность создавать адаптивные макеты, которые автоматически меняются в зависимости от размера экрана. Для этого можно использовать свойство `flex-wrap`, которое определяет, переносить ли элементы на новую строку при нехватке места. С помощью медиа-запросов вы можете настроить различные значения этого свойства для разных размеров экрана, чтобы ваш интерфейс адаптировался к любым условиям.

Одним из важных аспектов отзывчивого интерфейса является адаптивное изменение размеров элементов. С CSS Flexbox вы можете легко управлять размерами элементов, используя свойство `flex-grow`. Установка этого свойства для элемента позволяет указать, какую долю доступного пространства он должен занимать. Например, если установить `flex-grow` равным 1 для всех элементов в контейнере, они будут равномерно распределять доступное пространство между собой.

Пример использования Flexbox в React-компоненте:

```
import React from 'react';
```

```
import './App.css';

const App = () => {
  return (
    <div className="container">
      <div className="item">Item 1</div>
      <div className="item">Item 2</div>
      <div className="item">Item 3</div>
    </div>
  );
}

export default App;
```

В этом примере мы создаем простой React-компонент App, в котором используется Flexbox. Классы "container" и "item" определены в CSS-файле и применяются к соответствующим элементам.

Пример использования Flexbox для адаптивного расположения элементов:

```
import React from 'react';
import './App.css';

const App = () => {
  return (
    <div className="container">
      <div className="item">Item 1</div>
      <div className="item">Item 2</div>
      <div className="item">Item 3</div>
    </div>
  );
}

export default App;
```

В этом примере мы добавляем медиа-запросы для адаптивного изменения макета на разных размерах экрана. С помощью свойства flex-direction и flex-wrap мы изменяем направление и перенос элементов.

Важно отметить, что помимо CSS Flexbox существует и другой подход к созданию отзывчивых интерфейсов с использованием CSS Grid. CSS Grid предоставляет более мощные возможности для создания сеток и сложных макетов. Однако, CSS Flexbox обладает более простым синтаксисом и широкой поддержкой среди браузеров, что делает его предпочтительным выбором для большинства случаев.

React и CSS Flexbox взаимодействуют отлично вместе, позволяя разработчикам создавать отзывчивые интерфейсы с минимальными усилиями. React обеспечивает деклара-

тивную модель разработки, позволяющую легко обновлять интерфейс при изменении состояния приложения, в то время как CSS Flexbox обеспечивает гибкость и адаптивность макета.

В заключение, создание отзывчивых интерфейсов с React и CSS Flexbox является важным аспектом современной веб-разработки. Использование этих инструментов позволяет создавать интерфейсы, которые будут прекрасно работать на различных устройствах и размерах экранов. React предоставляет мощные возможности для создания компонентов и управления состоянием приложения, в то время как CSS Flexbox позволяет гибко управлять расположением и размерами элементов.

При разработке отзывчивых интерфейсов с React и CSS Flexbox важно учитывать потребности и ожидания пользователей. Используйте медиа-запросы для настройки макета и размеров элементов под разные размеры экранов. Также уделите внимание доступности вашего интерфейса, обеспечивая удобное взаимодействие с помощью клавиатуры и экранного устройства для людей с ограниченными возможностями.

В конечном итоге, создание отзывчивых интерфейсов требует практики и экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николас З. ECMAScript 6 для разработчиков. 2017 г.
2. Прасти Н. Введение в ECMAScript 6. 2016г.
3. Марейн Х. Выразительный JavaScript. Современное веб-программирование. 3-е издание. 2020 г.
4. Рыбаков Е. JavaScript и Node.js для Web-разработчиков. 2022 г.
5. Черный Б. Профессиональный TypeScript. Разработка масштабируемых JavaScript-приложений. 2021 г.

REFERENCES

1. Nicholas Z. ECMAScript 6 for developers. 2017
2. Prasti N. Introduction to ECMAScript 6. 2016.
3. Marein H. Expressive JavaScript. Modern web programming. 3rd edition. 2020
4. Rybakov E. JavaScript and Node.js for Web developers. 2022
5. Cherny B. Professional TypeScript. Development of scalable JavaScript applications. 2021

СЕРВЕРНЫЙ РЕНДЕРИНГ В REACT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ JAVASCRIPT ПРЕИМУЩЕСТВА И РЕАЛИЗАЦИЯ

© Гишлакаев Сайфулла Умарович (а), Гайрабекова Тамара Израиловна (б)

(а) Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; студент 4 курса Института математики, физики и информационных технологий, sgishlakaev@mail.ru

(б) Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Российская Федерация, г. Грозный; кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и компьютерных технологий, sti_ing@mail.ru

Аннотация. Веб-разработка продолжает развиваться, и одним из наиболее актуальных и востребованных направлений является серверный рендеринг. В этой статье мы рассмотрим, что такое серверный рендеринг и как его можно реализовать в React с использованием JavaScript. Мы также рассмотрим преимущества, которые предоставляет серверный рендеринг, и почему он становится популярным в веб-разработке.

Ключевые слова: Реакт, вэб-сайт, вэб-приложение, логика, useState, useEffect.

SERVER RENDERING IN REACT USING JAVASCRIPT ADVANTAGES AND IMPLEMENTATION

© Gishlakaev Sayfulla Umarovich (a), Gayrabekova Tamara Israilovna (b)

(a) Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Russian Federation, Grozny; 4th year student at the Institute of Mathematics, Physics and Information Technologies, sgishlakaev@mail.ru

(b) Chechen State University named after. A.A. Kadyrov, Russian Federation, Grozny; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Technologies, sti_ing@mail.ru

Abstract. Web development continues to evolve, and one of the most relevant and popular areas is server rendering. In this article, we will look at what server rendering is and how it can be implemented in React using JavaScript. We will also look at the advantages that server-side rendering provides and why it is becoming popular in web development.

Key words: React, web site, web application, logic, useState, useEffect.

Что такое серверный рендеринг?

Серверный рендеринг (также известный как SSR - Server-Side Rendering) - это процесс генерации HTML-разметки на сервере и ее отправки клиенту для отображения. В традиционном подходе, применяемом React, рендеринг происходит на стороне клиента с использованием JavaScript. При серверном рендеринге React-компоненты выполняются на сервере, генерируется HTML-разметка и передается клиенту. Такой подход позволяет браузеру получить полностью сформированный контент, что улучшает время загрузки страницы и SEO-оптимизацию.

Преимущества серверного рендеринга в React

Улучшенная производительность: Одним из основных преимуществ серверного рендеринга является улучшение производительности при загрузке страницы. Поскольку сервер уже генерирует HTML-разметку, браузеру необходимо только отобразить контент. Это позволяет ускорить время отклика и улучшить воспроизведение страницы.

Улучшенная SEO-оптимизация: Поисковые системы, такие как Google, предпочитают полностью отрендеренные страницы, которые легко проанализировать и индексировать. При использовании серверного рендеринга, страницы имеют полную разметку, что улучшает их видимость в поисковой выдаче. Это особенно полезно для приложений, которые требуют SEO-оптимизации.

Улучшенная доступность и SEO-оптимизация: При использовании серверного рендеринга, страницы будут доступны для поисковых систем и пользователей с отключенным JavaScript. Такие пользователи получают полностью функциональные страницы сразу после загрузки, что повышает доступность контента для всех пользователей.

Лучшее взаимодействие с социальными сетями: При использовании серверного рендеринга, страницы приложений будут корректно отображаться при предварительном просмотре ссылок в социальных сетях. Это позволяет предоставить более привлекательные и информативные предварительные просмотры для пользователей, которые переходят на страницу из социальных сетей.

Реализация серверного рендеринга в React с использованием JavaScript

Для реализации серверного рендеринга в React с использованием JavaScript существует несколько подходов и инструментов. Рассмотрим основные из них:

- Использование фреймворка Next.js: Next.js - это популярный фреймворк, основанный на React, который предоставляет инструменты для реализации серверного рендеринга. Он облегчает настройку проекта с серверным рендерингом, предоставляет API для работы с серверными данными и упрощает обработку маршрутов.
- Использование библиотеки React-Router: React-Router - это библиотека, которая позволяет управлять маршрутизацией в React-приложении. Она также поддерживает серверный рендеринг и позволяет генерировать HTML-разметку на сервере для каждого маршрута.
- Использование библиотеки ReactDOMServer: ReactDOMServer - это модуль React, который позволяет рендерить React-компоненты на сервере. Он предоставляет методы, такие как `renderToString` и `renderToStaticMarkup`, которые позволяют генерировать HTML-разметку на сервере и передавать ее клиенту.

Пример реализации серверного рендеринга с использованием ReactDOMServer:

```
// Импортируем необходимые модули
import React from 'react';
import ReactDOMServer from 'react-dom/server';

// Определяем React-компонент
const App = () => (
  <div>
    <h1>Привет, мир!</h1>
    <p>Это пример серверного рендеринга в React.</p>
  </div>
);

// Генерируем HTML-разметку на сервере
const html = ReactDOMServer.renderToString(<App />);

// Отправляем сгенерированную разметку клиенту
res.send(html);
```

Использование Next.js

```
// pages/index.js
```

```
import React from 'react';

const Home = () => (
  <div>
    <h1>Добро пожаловать на главную страницу!</h1>
    <p>Это пример страницы с серверным рендерингом в React с использованием Next.js.</p>
  </div>
);

export default Home;
```

В этом примере мы создаем простую страницу "Главная", которая будет отображаться на главном маршруте (путь "/"). Файл находится в директории "pages" и называется "index.js".

- В первой строке мы импортируем React для использования JSX синтаксиса.
- Затем мы определяем компонент Home, который будет представлять нашу главную страницу. Внутри компонента у нас есть div элемент с заголовком h1 и абзацем p, который содержит текстовое содержимое.
- Наконец, мы экспортируем компонент Home по умолчанию, чтобы он мог быть использован в других частях приложения.

Это простой пример страницы, которая будет отображаться с использованием серверного рендеринга в Next.js. Next.js автоматически обрабатывает серверный рендеринг для страниц, определенных в директории "pages".

Использование React-Router

```
// server.js

import React from 'react';
import { renderToString } from 'react-dom/server';
import { StaticRouter, Route } from 'react-router-dom';
import App from './App';

// Определяем серверный роутинг
app.get('*', (req, res) => {
  const context = {};

  // Генерируем HTML-разметку на сервере с использованием React-Router
  const html = renderToString(
    <StaticRouter location={req.url} context={context}>
      <Route path="/" component={App} />
    </StaticRouter>
  );

  // Отправляем сгенерированную разметку клиенту
  res.send(`
  <!DOCTYPE html>
  <html>
    <head>
      <title>React Server-Side Rendering</title>
    </head>
    <body>
      <div id="app">${html}</div>
      <script src="client.js"></script>
    </body>
  </html>
  `);
});
```

В этом примере мы создаем серверный файл "server.js", который отвечает за генерацию серверной разметки с использованием React-Router.

- В первых строках мы импортируем необходимые модули из React и React-Router.
- Затем мы определяем обработчик маршрута для всех запросов (app.get('*')), который будет выполняться при любом URL.

- В этом примере мы создаем серверный файл "server.js", который отвечает за генерацию серверной разметки с использованием React-Router.
- В первых строках мы импортируем необходимые модули из React и React-Router.
- Затем мы определяем обработчик маршрута для всех запросов (app.get('*')), который будет выполняться при любом URL.
- Мы создаем пустой объект context, который будет использоваться React-Router для передачи информации о рендеринге на сервере.
- Далее, мы используем метод renderToString из react-dom/server, чтобы сгенерировать HTML-разметку на сервере. Мы оборачиваем наше приложение (App) в StaticRouter, который принимает текущий URL и context объект. Затем мы определяем маршрут с помощью Route компонента, указывая путь и компонент, который должен быть отображен для данного пути.
- Затем мы отправляем сгенерированную HTML-разметку клиенту с помощью метода res.send(). Мы также включаем скрипт client.js, который будет отвечать за клиентский рендеринг и взаимодействие с React компонентами.

В целом, этот пример демонстрирует как реализовать серверный рендеринг с использованием React-Router. Мы используем StaticRouter для обработки маршрутов на сервере и renderToString для генерации HTML-разметки, которая будет отправлена клиенту.

Заключение

Серверный рендеринг в React с использованием JavaScript является мощным инструментом, который предоставляет множество преимуществ, таких как улучшенная производительность, SEO-оптимизация, улучшенная доступность и взаимодействие с социальными сетями. Реализация серверного рендеринга в React возможна с помощью фреймворков и библиотек, таких как Next.js, React-Router и ReactDOMServer.

Выбор конкретного подхода зависит от требований и особенностей вашего проекта. Однако, независимо от выбранного инструмента, серверный рендеринг в React является полезным и эффективным способом оптимизации производительности и улучшения пользовательского опыта. Рассмотрите возможность использования серверного рендеринга в ваших проектах и экспериментируйте с различными подходами, чтобы достичь наилучших результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николас З. ECMAScript 6 для разработчиков. 2017 г.
2. Прасти Н. Введение в ECMAScript 6. 2016г.
3. Марейн Х. Выразительный JavaScript. Современное веб-программирование. 3-е издание. 2020 г.
4. Рыбаков Е. JavaScript и Node.js для Web-разработчиков. 2022 г.
5. Черный Б. Профессиональный TypeScript. Разработка масштабируемых JavaScript-приложений. 2021 г.

REFERENCES

1. Nicholas Z. ECMAScript 6 for developers. 2017
2. Prasti N. Introduction to ECMAScript 6. 2016.

3. Marein H. Expressive JavaScript. Modern web programming. 3rd edition. 2020
4. Rybakov E. JavaScript and Node.js for Web developers. 2022
5. Cherny B. Professional TypeScript. Development of scalable JavaScript applications. 2021

УДК: 001.32

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.14.3.011

**ВКЛАД ДАУКАЕВА АРУНА АБАЛХАНОВИЧА
В НЕФТЕГАЗОВУЮ ГЕОЛОГИЮ И ИСТОРИЮ НАУКИ
(К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

© **Абубакарова Элиза Ахметовна (а), Якубов Аинды Вагаевич (b)**

(а) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН,
г. Грозный

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад.
М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация,
г. Грозный, eliza_ggni@mail.ru

(b) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН,
г. Грозный

Аннотация. В статье приведены краткие биографические сведения, научно-организационная и научно-педагогическая деятельность доктора геолого-минералогических наук, известного российского учёного в области нефтегазовой геологии, истории науки и техники Аруна Абалхановича Даукаева. Описана научная и научно-педагогическая деятельность в институтах СевКавНИИгаз, СевКавНИПИнефть, ГНИ им. М.Д. Миллионщикова (в настоящее время ГГНТУ) и в Чеченском государственном университете.

Ключевые слова: ученый, научная деятельность, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки, нефтегазовая геология, СевКавНИИгаз, СевКавНИПИнефть, ГНИ им. М.Д. Миллионщикова, Чеченский государственный университет.

**CONTRIBUTION OF DAUKAEV ARUN ABALKHANOVICH
IN OIL AND GAS GEOLOGY AND THE HISTORY OF SCIENCE
(TO THE 70TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)**

© **Abubakarova Eliza Akhmetovna (a), Yakubov Vindy Vagayevich (b)**

(a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation,
Grozny

Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation,
Grozny; eliza_ggni@mail.ru

(b) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation,
Grozny

Abstract. The article presents brief biographical information, scientific, organizational, scientific and pedagogical activities of the Doctor of Geological and mineralogical sciences, a well-

known Russian scientist in the field of oil and gas geology, history of science and technology Arun Abalkhanovich Daukaev. The article describes the scientific and scientific-pedagogical activities at the institutes of Sevkavnipigaz, Sevkavnipineft, GGNI named after M.D. Millionshchikov (currently GGNTU) and at the Chechen State University.

Key words: scientist, scientific activity, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Honored Scientist, oil and gas geology, SevKavNIgaz, SevKavNI-Pineft, M.D. Millionshchikov State Research Institute, Chechen State University.

В этом году исполняется 70 лет единственному в Чеченской Республике доктору геолого-минералогических наук, известному ученому, Заслуженному деятелю науки Чеченской Республики, Аруну Абалхановичу Даукаеву.

Даукаев А.А. родился 13 ноября 1953 г. в п. Терек-сай Ала-Букинского района Ошской области Киргизии в многодетной семье Довкаева Абалхи и Ибрагимовой Совжи. В суровую зиму 1959 г., после 13 лет депортации, семья Даукаевых возвращается на историческую родину в с. Чеччалхе Ножай-Юртовского района. В селе Чеччалхе А.А. Даукаев окончил начальную школу, затем в 1971 г. окончил среднюю школу в селе Энгель-Юрт Гудермесского района. В 1972-1974 гг. он проходил срочную службу в Советской армии. [2].

В 1980 году окончил Грозненский нефтяной институт им. акад. М.Д. Миллионщикова (специальность «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», квалификация «Горный инженер-геофизик»). Трудовую деятельность начал в 1980 г. в «СевКавНИИГаз» (г. Ставрополь) в должности инженера лаборатории разведочной геофизики, а с 1984 по 2000 гг. в «СевКавНИПИнефть» в должности старшего инженера лаборатории геологии, поисков и разведки, затем старшего научного сотрудника лаборатории №1 и т.д.

В 2001 году возглавил сектор геологии ЦНИПРа ОАО «Грознефтегаз». В том же году в СевКавГГУ (г. Ставрополь) защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Вероятностно-аналитический прогноз структурных ловушек в мезозойских отложениях Равнинного Дагестана».

Даукаев Арун Абалханович начал трудовую деятельность в институте «СевКавНИИГаз» (г. Ставрополь) в 1980 г. С 1984 г. работал в институте «СевКавНИПИнефть», где участвовал в разработке Комплексных проектов геологоразведочных работ (ГРР) на территории Северного Кавказа, определении приоритетных направлений поисково-разведочных работ (ПРР) на нефть и газ в пределах Восточного Предкавказья, составлении научных проектов ПРР на отдельных нефтегазоперспективных площадях Чеченской Республики. С 2002 г. по настоящее время работает в Комплексном научно-исследовательском институте им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, занимая должности ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией и отделом. Проводит большую работу по координации научных исследований в области наук о Земле. При его участии (в качестве члена организационного и программного комитетов) организован ряд международных и всероссийских научно-практических конференций и симпозиумов по проблемам геологии, геофизики и геоэкологии.

Научные интересы Даукаева А.А. охватывает широкий круг вопросов, связанных с проблемами глубинного строения Земли, закономерностей размещения и условий формирования нефтегазовых скоплений, прогнозирования новых перспективных на нефть и газ геологических объектов на территории Чеченской Республики, геоэкологии, разработки периодизации истории геологических исследований. По результатам многолетних научных исследований им опубликовано 3 монографии, 2 справочника и более 300 статей, в том числе в журналах из перечня ВАК, Web of Science и Scopus, член авторского коллектива монографии «Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики», подготовленной совместно с институтом «ЦНИИГеолнеруд» (г.Казань) [1,3-6].

Научные труды Даукаева А.А. способствовали развитию теории и практики ГРП на нефть и газ, минерально-сырьевой базы России, имеют важное народно-хозяйственное значение и нашли широкое применение в производственной сфере.

В 2013 г. в институте ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН (г. Москва) им защищена диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук на тему «История геологоразведочных работ на нефть и газ на территории Северного Кавказа» (научный консультант – Керимов И.А.) [7].

Научно-педагогическая деятельность Даукаева А.А. началась с 1992 году, когда он был приглашен на кафедру разведочной и промысловой геофизики Грозненского нефтяного института. С 1996 года работал на кафедре геологии нефти и газа (с 2001 года кафедра «Прикладная геология»), в должности доцента кафедры. Читал лекции по нескольким геологическим дисциплинам, а также вел практические занятия по читаемым дисциплинам. С 2012 – 2018 г. работал на кафедре физической географии и геоэкологии на должности профессора в Чеченском государственном университете.

Даукаев А.А. входит в редколлегию следующих журналов: «Перспективы науки», «Наука и бизнес: пути развития», «Грозненский естественный научный бюллетень», «Вестник КНИИ РАН». Получено приглашение от директора института истории, естествознания и техники (ИИЕТ) РАН войти в редколлегию нового академического периодического издания «Журнал Российского национального комитета по истории и философии науки и техники».

Является членом объединенного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций по специальности 25.00.36 – Геоэкология, открытого на базе Грозненского государственного нефтяного технического университета, Чеченского государственного университета и Владикавказского научного центра РАН.

Руководит работой 4 соискателей ученой степени кандидата геолого-минералогических наук и 3 аспирантов.

Руководство КНИИ РАН очень высоко отзывается о человеческих и профессиональных качествах сотрудника. Директор КНИИ РАН Д.К.-С. Батаев доктор технических наук высказался о нем так: «Ученый с результатами мирового уровня, гордость нашего института».

ЛИТЕРАТУРА

1. Керимов И.А., Борисенко З.Г., Даукаев А.А. и др. Геология нефтяных месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области. Справочник. Грозный: АН ЧР, 2010. 254 с.

2. Аболханов Х.А. Чеченцы в науке. Изд. Комплекс «Грозненский рабочий», 2021, 236 с.
3. Даукаев А.А. История и перспективы развития геологоразведочных и научно-исследовательских работ на нефть и газ на Северном Кавказе (XIX–XXI вв.). М.: Спутник, 2018. 224 с.
4. Даукаев А.А., Кусаев А.Д. Исторические параллели в развитии нефтегазового производства г. Грозный. Грозный: ЧГУ, 2019. 157 с.
5. Полезные ископаемые Чеченской Республики. Справочник/ Керимов И.А., Даукаев А.А. и др. Грозный: АН ЧР, 2009. 246с.
6. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Изд. 2-е, доп. / Под ред. Керимова И.А., Аксенова Е.М. Грозный: АН ЧР, 2016. 523 с.
7. Широкова В.А., Кобзева Ю.А. История географии и геологии: Аннотированный каталог докторских и кандидатских диссертации: 1954-2022 гг. М.: Янус-К, 2023. 328 с.

REFERENCES

1. Kerimov I.A., Borisenko Z.G., Daukaev A.A. and others. Geology of oil fields of the Tersko-Sunzhenskaya oil and gas bearing region. Guide. Grozny: AN CHR, 2010. 254 p.
2. Abolkhanov H.A. Chechens in science. Publishing house Complex "Grozny worker", 2021, 236 p.
3. Daukaev A.A. History and prospects of development of geological exploration and scientific research for oil and gas in the North Caucasus (XIX–XXI centuries). Moscow: Sputnik, 2018. 224 p.
4. Daukaev A.A., Kusaev A.D. Historical parallels in the development of oil and gas production in Grozny. Grozny: ChSU, 2019. 157 p.
5. Minerals of the Chechen Republic. Reference book/ Kerimov I.A., Daukaev A.A., etc. Grozny: Academy of Sciences of the Czech Republic, 2009. 246 p.
6. Mineral resources of the Chechen Republic. 2nd edition, supplement / Ed. Kerimova I.A., Aksenova E.M. Grozny: Academy of Sciences of the Czech Republic, 2016. 523 p.
7. Shirokova V.A., Kobzeva Yu.A. History of geography and geology: An annotated catalog of doctoral and candidate dissertations: 1954-2022 M.: Janus-K, 2023. 328 p.

УДК 547.541.3, 547.542.7

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.14.3.012

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ И ИХ СОЛЕЙ

© Мамедбейли Эльдар Гусейнгулу оглу (а), Ганбарова Фатима Д. (b)

(а) Институт Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, Азербайджан, г. Баку; доктор хим. наук, зав. лаб. «Изучение антимикробных свойств и биоповреждений»,

eldar_mammadbeyli@mail.ru

(b) Институт Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, Азербайджан, г. Баку; докторант, н.с. лаборатории «Синтез и технология биологически активных химических соединений», fatime-quliyeva-78@mail.ru

Аннотация. Регуляторы (стимуляторы) роста растений представляют собой вещества, влияющие на процессы роста и развития растений. Природные регуляторы роста образуются в самих растениях в небольших количествах. К этой группе веществ относятся гиббереллины, ауксины, цитокинины, брассинолиды, стимулирующие рост и деление клеток, а также абсцизовая кислота и этилен – ингибиторы этих процессов. Синтетические регуляторы роста стали появляться после синтеза голландским физиологом растений Ф.Кеглем ауксина в 1935 году. Синтетические ингибиторы, в отличие от природных, способны более резко подавлять ростовые процессы. Они длительный период не поддаются инактивации растительными тканями; характер их действия часто связан не только с ростом, но и с нарушением морфогенетических процессов. Применение регуляторов роста в практике позволяет получить сдвиги в обмене веществ, идентичные тем, которые возникают под влиянием определенных внешних условий (длины дня, температуре и др.), например, ускорить образование генеративных органов, усилить или затормозить рост и т.п. В представленной работе нами рассмотрены стимуляторы роста растений, полученных на основе выделенных из состава нефтяных фракций нафтеновых (нефтяных) кислот и их солей и других производных.

Ключевые слова: регуляторы роста, стимуляторы, нефтяные кислоты, соли нафтенов, ростовые вещества.

PLANT GROWTH REGULATORS BASED ON PETROLEUM ACIDS AND THEIR SALTS

© Mammadbayli Eldar Huseyngulu (a), Qanbarova Fatima D. (b)

(a) Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Azerbaijan, Baku; Doctor of Chemical Sciences, Head of the lab. "Study of antimicrobial properties and bio-damage", eldar_mammadbeyli@mail.ru

(b) Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Azerbaijan, Baku; Doctoral student, PhD in the laboratory "Synthesis and technology of biologically active chemical compounds", fatime-quliyeva-78@mail.ru

Abstract. Plant growth regulators (stimulants) are substances that affect the processes of plant growth and development. Natural growth regulators are formed in the plants themselves in small quantities. This group of substances includes gibberellins, auxins, cytokinins, brassinolides, which stimulate cell growth and division, as well as abscisic acid and ethylene, inhibitors of these processes. Synthetic growth regulators began to appear after the synthesis of auxin by the Dutch plant physiologist F. Kegel in 1935. Synthetic inhibitors, in contrast to natural ones, are able to suppress growth processes more sharply. They do not lend themselves to inactivation by plant tissues for a long period; the nature of their action is often associated not only with growth, but also with a violation of morphogenetic processes. The use of growth regulators in practice makes it possible to obtain shifts in metabolism that are identical to those that occur under the influence of certain external conditions (day length, temperature, etc.), for example, accelerate the formation of generative organs, enhance or slow down growth, etc. In the presented work, we considered plant growth stimulants obtained on the basis of naphthenic (petroleum) acids isolated from the composition of petroleum fractions and their salts and other derivatives.

Key words: growth regulators, stimulants, petroleum acids, naphthenate salts, growth substances.

Регуляторы роста растений представляют собой органические соединения, вызывающие (в очень низких концентрациях) стимуляцию или подавление роста и морфогенеза растений. Следует отметить, что под развитием растений понимают качественные изменения в структуре и функциональной активности растения и его частей (органов, тканей и клеток) в процессе онтогенеза, а рост растения – это необратимое увеличение размеров и массы клетки, органа или всего организма, связанное с новообразованием элементов и их структур [1]. По происхождению их в целом можно разделить на две группы:

1) Природные регуляторы роста растений

К ним относятся фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен, абсцизовая кислота) и ингибиторы негормональной природы (некоторые фенолы, производные мочевины и др.)

Фитогормоны представляют собой низкомолекулярные органические вещества, вырабатываемые растениями и выполняющие регуляторные функции. Они действуют в очень низких концентрациях (порядка 10⁻¹¹ моль/л), вызывают различные физиологические и морфологические изменения в чувствительных к их действию частях растений.

2) Синтетические регуляторы роста растений

К ним относятся стимуляторы типа ауксинов (индолилмасляные, индолилуксусные, нафтилуксусные кислоты) и синтетические ингибиторы (морфактины, ретарданты, дефолианты и др.).

Ретарданты - это синтетические вещества разной химической природы, которые подавляют рост стеблей и побегов. Они представляют собой одну из разновидностей регуляторов роста. Основной целью применения ретардантов является получение растений с сильным ветвлением, крепким стеблем и мощной корневой системой.

Дефолианты - это вещества, вызывающие опадение листьев растений. Дефолианты обладают свойствами гербицидов, в определенных концентрациях вызывая опадение листьев, при этом жизнеспособность растений остается высокой. В небольших дозах данные вещества могут оказать стимулирующее воздействие на рост, а в других дозах — вызвать его торможение или даже гибель самого растения

Применение регуляторов роста растений приводит к сдвигам в обмене веществ, аналогичным тем, которые возникают под влиянием определенных внешних условий (длгота дня, температура и др.) и приводят к ускорению образования генеративных органов, усилению или торможению роста и т.п.

В современном сельском хозяйстве природные и синтетические регуляторы роста растений нашли весьма широкое применение. В этом направлении особо следует отметить применение сырой нефти и нефтепродуктов в качестве стимуляторов роста растений. Так, цель работы [2] заключалась в выявлении закономерностей влияния сырой нефти на рост и развитие древесных растений в фазе прорастания семян в лабораторных условиях для прогнозирования лесовозобновительного процесса. По результатам проведенных автором исследований, был выявлен стимулирующий эффект на прорастание семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* L.) при концентрациях нефти до 1,0 мг/л. Достоверно стимулирующий эффект проявился уже при концентрации сырой нефти 0,05 мг/л ($P < 0,01$). Показано, что при этой концентрации нефти всхожесть семян ели возросла на 16 % по сравнению с контролем. Наиболее положительной для семян сосны оказалась концентрация нефти 0,10 мг/л, при которой все заложенные в опыте семена проросли (т. е. абсолютная всхожесть составила 100 %). Отличительной особенностью лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) явилась низкая степень всхожести её семян при всех дозах сырой нефти. Резкое снижение величины всхожести семян сосны на 12 % наблюдалось с уровня концентрации нефти более 5,0 мг/л. В последующем, при более высоких концентрациях нефти наблюдалась устойчивая тенденция в падении всхожести её семян и роста проростков. Наиболее сильный спад по этим показателям выявился при концентрации нефти 30,0 мг/л. У семян ели резкое снижение всхожести наблюдалось уже при концентрациях нефти 15,0 мг/л. Наиболее резкое падение всхожести семян лиственницы отмечалось при максимальных концентрациях нефти (35,0–40,0 мг/л) и составило 7 %, тогда как у семян сосны и ели всхожесть сохранилась соответственно на более высоком уровне 28 % и 24 %.

В работе [3] анализируются вероятностные причины стимулирующего действия мазута на растения и микроорганизмы. Проводится сравнение исследований, посвященных влиянию загрязнения мазутом на микробную систему почв, рост и развитие растений, продуктивность растительных сообществ пустынь и полупустынь, а также прорастание семян древесных растений в условиях загрязнения мазутом. Предложены причины стимулирующего действия мазутного загрязнения на растения и микроорганизмы. В качестве выводов приводятся факторы для самовосстановления почвенного покрова при мазутном загрязнении.

Приводятся данные по изучению содержания стероидных гормонов растений (брасиностероидов) в образцах нефти ряда месторождений Беларуси [4]. Брасиностероиды представляют собой фитогормоны класса стероидов, поддерживающие нормальное функционирование иммунной системы растения, особенно в неблагоприятных условиях, например, при пониженных температурах, заморозках, затоплении, засухе, болезнях, действии пестицидов, засолении почвы и др. Брасиностероиды являются стрессовыми адаптогенами, обладающими сильной ростостимулирующей активностью. Содержатся в каждой растительной клетке в очень малом количестве. Отмечается, что первый представитель группы брасиностероидов – брасинолид – был выделен американскими учеными в 1979 году в виде кристаллического вещества в количестве 4 мг из 40 кг собранной пчёлами пыльцы рапса (*Brassica napus*)

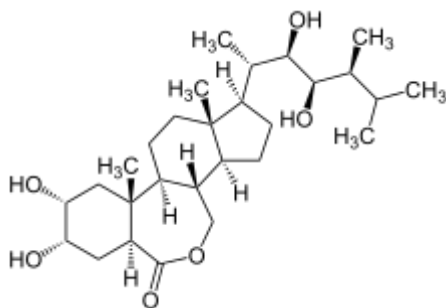


Рис.1. брассинолид

Содержание стероидных гормонов растений в образцах нефти измерялось методом иммуноферментного анализа. В составе ископаемого сырья впервые обнаружены брассиностероиды ряда брассинолида, 24-эпибрассинолида и 28-гомобрассинолида. Количество содержащихся в нефти брассиностероидов варьирует в пределах от 0.87 до 8.82 нг/г, что сопоставимо с содержанием их в растительных объектах.

В работе [5] рассмотрены экспериментальные данные, связанных с разработкой новых фитогормонов на основе местного нефтехимического сырья Республики Казахстан. Поиски новых регуляторов растений структурно близких к природным физиологически активным веществам способствовали синтезу ряда соединений на основе циклопентановых, нафтеновых, органических карбоновых кислот, терпеноидов, стероидных и гетероциклических соединений.

Для получения стимуляторов роста растений в патенте [6] проводят озонлиз смолисто-асфальтеновых веществ малосернистых нефтей и битумов нафтенового типа, продукты озонлиза гидролизуют нагреванием с водным раствором щелочи с последующим подкислением до pH 1-2, обработкой осадков кислот раствором KOH до pH 8-9 и сушкой полученных солей. Водорастворимые калиевые соли полуфункциональных карбоновых кислот используют в виде 0,001-0,01%-ного водного раствора для обработки семян перед посевом.

В работе [7] показан анализ литературных данных, подтверждающих положительный опыт воздействия углеводородного ростового вещества (УРВ) на всхожесть семян, жизнестойкость, рост растений, и урожайность различных сельскохозяйственных культур. Показано, что основные экспериментальные данные относятся к 60-м годам XX века. При этом, работы по применению УРВ впервые были обобщены в сборнике трудов Академии наук Азербайджанской ССР Институтом почвоведения и агрохимии. УРВ представляет собой побочный продукт нефтепереработки, получаемый при сернокислотной очистке дизельного топлива с последующей обработкой щелочным раствором NaOH. Оно включает преимущественно смесь натриевых солей нафтеновых кислот. На основании литературных данных и собственных исследований установлено, что для каждой культуры существует своя оптимальная весьма малая концентрация УРВ (0,005-0,01%), обработка раствором которого оказывает положительное воздействие на всхожесть, рост и развитие сельскохозяйственных культур.

В работе [8] оценивалось влияние сырой нефти, включая сублетальные концентрации сырой нефти, на урожайность и фитохимический состав капусты (*Brassica oleracea* L.) и салата (*Lactuca sativa* L.). Загрязнение сырой нефтью в пределах исследованного диапазона не повлияло на всплытие; выход и фитохимическое распределение были затронуты при некоторых уровнях загрязнения, особенно 10000 мг/кг. Показано, что при концентрации сырой нефти 10000 мг/кг .повышается содержание некоторых фенолов и органических кислот в зеленолистных овощах, что вызывает ускоренное созревание и старение листьев. Использование сырой нефти в концентрациях ниже 10000 мг/кг представляется эффективным.

Сообщается [9], что процесс прорастания является чрезвычайно чувствительной фазой роста и развития растений, свидетельствующей о любых типах загрязнителей окружающей среды. Влияние тяжелых остатков сырой нефти было исследовано на некоторые параметры семян *Triticum aestivum*. Показано, что травы успешно прорастают при разных уровнях загрязнения нефтяными углеводородами. Полученные результаты показали, что, низкие концентрации как фенола, так и нафтола вызывали увеличение процента всхожести большинства семян тестируемых культур. Вероятно, это связано с тем, что низкие разведения этих соединений могут служить сигналом для продукции амилазы в семенах.

В работе [10] показано, что восприимчивость проростков *Amaranthus hybridus* L. к отработанному моторному маслу исследовалась в почве с добавлением масла в концентрации от 1 до 5 процентов по объему. Учитываемыми параметрами были относительная скорость роста, отношение площади листьев, общая высота растения, площадь листьев, количество листьев, уровни хлорофилла и белка. Было обнаружено, что существует взаимосвязь между ингибирующим эффектом и лечебными концентрациями. После 70-дневного роста в обработанных почвах средняя высота и площадь листьев растений в почвах, обработанных 5-процентным отработанным моторным маслом, составила $27,0 \pm 1,25$ см и $5,63 \pm 0,36$ см². Они достоверно отличались (при $p=0,05$) от соответствующих значений $41,4 \pm 0,8$ см и $13,44 \pm 0,22$ см² для контрольных растений. Уровни общего хлорофилла (на грамм сырого веса листьев) и белка (на грамм сухого веса всего растения) были выше у контрольных растений по сравнению с растениями, выращенными на почве, обработанной нефтью. Результаты, полученные в результате анализа роста, показали ингибирующее действие отработанного моторного масла на *Amaranthus hybridus* L.

В работе [11] оценивалась выживаемость травы *Leersia hexandra* (Lh) в условиях стресса, вызванного сырой нефтью (СО), посредством синтеза активных форм кислорода, антиоксидантов в корнях листьев и ризосферной бактериальной активности Lh. Эксперимент проводился в течение 180 дней, применялась факторная схема 4x2, четыре концентрации СО и две технологии (фиторемедиация (ФГ) с ЛГ и естественная аттенюация (НА) с нативными микроорганизмами). Результаты показывают, что концентрации 90 г/кг стимулировали образование молодых растений (УР) и корневой системы. В листьях УР биосинтез H₂O₂, общих фенолов (ТР) и общих флавоноидов (TFV) увеличивался под действием СО, а также каталазы (САТ) и фенилаланин-аммиаклиазы (РАЛ) в корнях.

Среди нефтепродуктов наибольшее применение в качестве фитогормонов получили нефтяные кислоты и их производные, в частности соли. В представленной работе нами рассмотрены результаты исследований в области применения нефтяных кислот и их производных (солей) в качестве регуляторов роста растений. Так, в работе [12] показаны перспективы применения стимуляторов роста растений и удобрений для сельскохозяйственных продуктов на основе нефтяного сырья. Установлен стимулирующий эффект комплексных соединений и солей нефтяных кислот на рост семян помидора. В работе использована фракция природной нефтяной кислоты (ПНК), выкипающая в интервале 80-1800С/3.99 10-4МПа. Осуществлен синтез комплексов нефтяной кислоты с триэтаноломином и изобутиламином, а также натриевых солей ПНК. Изучены физико-химические свойства синтезированных солей и комплексных соединений, в том числе электропроводность. Лабораторные и полевые испытания натриевых, калиевых и аммониевых солей, полученных на основе первой фракции ПНК выявили их стимулирующую способность для растений и полученные начальные результаты показывают широкие перспективы для их применения в сельском хозяйстве. Показано, что семена, смоченные в растворе комплекса триэтанолamina с ПНК, дают 100% прорастание. Растворы комплекса триэтанолamina с ПНК оказывают больший эффект на рост зеленой биомассы рассады помидора и урожайность семян. Предложенные соединения нефтяного происхождения могут быть использованы в качестве стимуляторов роста растений.

В патенте [13] описано органическое ростовое вещество, содержащее натриевую соль нафтеновой кислоты - 35-45 мас.%, рапсовое масло - 0,005-0,015 мас.% и воду пресную - остальное. Органическое ростовое вещество получают растворением натриевой соли нафтеновой кислоты в пресной воде с температурой $20^{\circ}\div 24^{\circ}\text{C}$ с добавлением рапсового масла до получения смеси. Предлагаемое органическое ростовое вещество используют для обработки посевных культур путем замачивания семян, опрыскивания растений, а также для обработки посевных площадей. Водный раствор натриевых солей нафтеновых кислот можно применять вместе с фунгицидами при химической обработке растений. Установлено, что предлагаемое ростовое вещество обладает выраженной ростостимулирующей активностью различных посевных культур.

Природные нефтяные кислоты, выделенные из нефтяных бассейнов Воеводины, интересны разнообразием возможностей их использования, прежде всего их биологической активностью и возможностью использования в качестве стимуляторов роста растений [14]. В статье изучена биологическая активность природных нефтяных кислот, выделенных из нефтяной товарной фракции "Велебит" ($168\text{-}290^{\circ}\text{C}$). Нефтяные кислоты выделяли щелочной экстракцией и превращали в метиловые эфиры с diazometаном. Впоследствии для определения индивидуальных кислотных структур использовали n-d-M-анализ групповой структуры и анализ ГХ-МС. Структуры алифатических, определены моно- и бициклические кислоты со средней молекулярной массой 144-326. Биологическую активность ауксинового типа оценивали в К-нафтенатной форме, отчетливая активность была обнаружена в растворах с концентрацией 10-7 моль/дм³.

В аналогичной работе [15] исследуемые нефтяные кислоты были выделены из средних нефтяных фракций (т.кип. $270\text{-}380^{\circ}\text{C}$) воеводинской сырой нефти "Келебия". Групповой структурный анализ проводили с помощью масс-спектрометрии низкого разрешения с использованием полевой ионизации и химической ионизации. Идентифицированные карбоновые кислоты $\text{C}_n\text{H}_{2n+z}\text{O}_2$ принадлежат к ряду моноциклических, бициклических, трициклических и тетрациклических карбоновых кислот. Физиологическую активность выделенных нефтяных кислот определяли с помощью водных растворов солей калия. Высокую активность ауксинов определяли с помощью колеоптильного теста (увеличение колеоптиля на 20,5 %) при концентрации нафтеновой кислоты 10-7 М, а очень высокую биологическую активность гиббереллинового типа — с помощью эндоспермового теста (увеличение концентрации редуцирующих сахаров на 31,6 %) при нефтяная кислота концентрацией 10-7М.

В работе [16] представлены результаты исследований по определению стимулирующего действия солей органических кислот и растворов комплексных соединений на прорастание семян томатов. Для этой цели авторы использовали фракцию природной нефтяной кислоты, выкипающую в пределах $80\text{-}1800^{\circ}\text{C}$ /3,99·10⁻⁴ МПа и смесь, полученную гидролизом подсолнечного масла с триэтаноломином. Изобутиламиноновый комплекс соединения нефтяной кислоты, натриевые соли природной нефтяной кислоты и кислоты подсолнечного масла синтезированы в Институте нефтехимических процессов. Физико-химические свойства синтезированных солей и комплексов были изучены и приготовлены растворы 0,0001% полученных соединений. . Семена сорта образца № 111 растения томата замачивали в растворах, приготовленных в лабораторных условиях. Аспекты физиологического воздействия на всхожесть семян изучали в питомнике теплицы. На основании проведенных исследований установлено, что наилучшие результаты для прорастания семян, хранящихся в растворе, отмечены для раствора 0,0001% триэтаноломинового комплекса природной нефтяной кислоты. Таким образом, семена, замоченные в растворе триэтаноломинового комплекса природной нефтяной кислоты проросли на 100%, в то же время это соединение лучше повлияло на развитие зеленой биомассы рассады томата по сравнению с использованием обычной поливной воды.

Исследовано влияние нафтенатов и их фракций на укоренение выращенных *in vitro* *Sequoia sempervirens* [17]. Природные нафтенновые кислоты выделены щелочной экстракцией из средней газойлевой фракции сырой нефти. Побеги Секвойи вечнозеленой (длиной 1 см) выращивали на среде Мурасиге и Скуга (1962) (МС) с добавлением либо тотального нафтенатного препарата, либо нафтенатных фракций, полученных экстракцией при различных значениях рН (рН 2, рН 4, рН 7 и рН 9), либо индол-3-масляная кислотой (ИВА) в различных концентрациях (испытано двадцать обработок). Тестирование укоренения основывалось на количестве и общей длине корней, образовавшихся после четырех недель роста *in vitro*. Как и в отношении общей длины корней, наибольшее количество корней на эксплант (≈ 7) было достигнуто в среде, содержащей 50 мкМ нафтенновой фракции, экстрагированной при рН 2, и в среде, содержащей 50 мкМ фракции, экстрагированной при рН 9. выше, чем в контроле, и значительно лучше, чем при лучшей ИМК-обработке (50 мкМ ИМК), где в среднем формировалось пять корней на эксплантат. Результаты исследований над *Sequoia sempervirens* подтверждают возможность стимуляции корнеобразования нафтенатами.

Сообщается [18], что нафтенновые кислоты (НК) представляют собой сложные смеси циклоалифатических и алкилзамещенных ациклических карбоновых кислот, общие характеристики которых определяются составом смеси. Сложная смесь НК из товарной фракции атмосферной перегонки нефти Воеводинского месторождения «Велебит» (Сербия) была разделена на более узкие фракции по их кислотности. Масс-спектрометрический анализ фракций с электрораспылением ионизации показал наличие структурной дифференциации кислот. Путем экстракции при рН 3-5 было выделено около 50 % от общей массы кислот, состоящих преимущественно из трициклических и бициклических структур. Кислоты более низкой кислотности (около 22 %), выделяются при рН 9 и 10, и их доминирующими составляющими являются кислоты с трех-, четырех- и пятичленными кольцами. Обнаружена корреляция между доминирующей структурой и биологической активностью НК фракций. Фракция, экстрагированная при рН 8, также с преобладающими бициклическими и трициклическими структурами, показала самую высокую активность ауксина и гиббереллина, что дает основание для использования этих НК в качестве стимуляторов роста растений.

В работе [19] представлено исследование влияния некорневой и корневой подкормки низких концентраций (0,1–10 мкМ) нафтената калия на антиоксидантный статус огурца (*Cucumis sativus* L.), оцениваемый как для местных, так и для системных органов. Изменения содержания пролина и глутатиона свидетельствуют о том, что обработку растений нафтенатом калия можно охарактеризовать как мягкий абиотический стресс. Антиоксидантная система растений огурца чувствительна к такой обработке, поскольку в органах, подвергшихся непосредственному воздействию химиката, наблюдалось снижение общей антиоксидантной активности и повышение перекисного окисления. В органах, не подвергавшихся непосредственному воздействию, повышение общей антиоксидантной активности наблюдалось только при самой низкой концентрации нафтената, тогда как при более высоких концентрациях эта активность имела тенденцию к снижению.

Молодые растения сельдерея, петрушки, пастернака и моркови, выращенные на питательном растворе, обрабатывали нафтенатом натрия (10–7 моль/дм³), применяя некорневые и корневые обработки [20]. Обе обработки влияли на содержание в корнях всех исследуемых элементов, присутствующих в питательном растворе, но по-разному, в зависимости от вида растения. Среднее изменение (увеличение/уменьшение) содержания исследованных эссенциальных элементов составило около 35%. Результаты исследований авторов работы с нафтенатом показали, что такая обработка может повысить эффективность усвоения эссенциальных элементов и увеличить их содержание в растениях без изменения концен-

трации этих элементов в питательном растворе. Особенно интересные результаты были получены в случае с морковью, так как повышенное содержание наблюдалось в элементах, обычно дефицитных в питании (Fe, Zn, Mn),

В статье [21] описано влияние солей природных нефтяных кислот на укоренение молодых черенков подсолнечника и боковое ветвление межвидовых гибридов подсолнечника. Нефтяные кислоты получали щелочной экстракцией из атмосферной газойлевой фракции воеводинской нефти «Велебит» и очищали колоночной хроматографией на оксиде алюминия. Их натриевые соли в концентрациях $1 \cdot 10^{-7}$ моль/дм³ стимулировали образование придаточных корней у черенков подсолнечника даже в 40 раз по сравнению с контролем, причем эффект наблюдался и у боковых ветвей межвидовых гибридов подсолнечника. Полученные результаты позволяют предположить возможность использования нефтяных кислот в качестве средства для укоренения черенков растений.

Отмечается [22], что нефтяные кислоты (НК) относятся к наиболее токсичным органическим загрязнителям, присутствующим в технологических водах нефтеносных песков (ОСНХ), и попадают в морскую и пресноводную среду из природных и антропогенных источников. Авторы работы исследовали влияние кислотно-экстрагируемой органической (АЕО) фракции ОСНХ и отдельных суррогатных НК на максимальную эффективность фотосинтеза фотосистемы II (PSII) (FV/FM) и рост клеток у *Emiliania huxleyi* и *Chlorella vulgaris* как представителей морского и пресноводного фитопланктона. В то время как FV/FM у *E. huxleyi* и *C. vulgaris* не ингибировался АЕО, воздействие двух суррогатных НК: (4'-н-бутилфенил)-4-бутановая кислота (n-ВРВА) и (4'-трет-бутилфенила)-4-бутановая кислота (трет-ВРВА) вызывала полное ингибирование FV/FM у *E. huxleyi* (≥ 10 мг/л n-ВРВА; ≥ 50 мг/л трет-ВРВА), но не у *C. vulgaris*. Скорость роста и количество клеток у *E. huxleyi* также снижались при воздействии ≥ 10 мг/л n- и трет-ВРВА; однако для снижения роста клеток *C. vulgaris* требовались более высокие концентрации n- и трет-ВРВА (100 мг/л). АЕО в концентрации ≥ 10 мг/л стимулировал скорость роста *E. huxleyi* ($p \leq 0,002$), но не оказывал явного влияния на *C. vulgaris*. Таким образом, *E. huxleyi* в целом более чувствительна к НК, чем *C. vulgaris*. Эти результаты обеспечивают лучшее понимание физиологических реакций фитопланктона на НК, что позволит улучшить мониторинг загрязнения НК в водных экосистемах в будущем.

На листья 14-дневных растений фасоли кустарниковой *Phaseolus vulgaris* наносили 0,5%-ный водный раствор нефтенатов калия, затем растения выращивали при интенсивности света 16,1, 10,76 и 5,38 клк при 26 °С в течение 7, 14 и 21 дней [23]. Фотосинтез, темновое дыхание и активность фосфорилазы были значительно выше (уровень 0,05) у обработанных растений в конце всех трех периодов роста при всех условиях освещения. Значительная стимуляция фосфоглицераткиназы развивалась медленнее при более низкой интенсивности света. Стимуляция нитратредуктазы и глутамин-пировиноградной трансминазы у обработанных растений достигала значительного уровня между 7 и 14 днями после обработки, а затем усиливалась. Процентное увеличение всех процессов по сравнению с соответствующими значениями у контрольных растений было наибольшим у растений, выращенных при наибольшей интенсивности света.

В аналогичной работе в трех экспериментах 14-дневные растения фасоли *Phaseolus vulgaris* L., обработанные до стекания аэрозольным распылителем, содержащим смесь нефтената калия (КНАП) и 2,4-дихлорфеноксиацетата калия (2,4-Д), были частично защищены от действия гербицида [24]. Была получена защита от курчавости листьев, деформации черешка и стебля, хлороза и гибели. Наилучшая защита была достигнута при 5000 частей на миллион КНАП и при 10-1М концентрации раствора циклогексанкарбоксилата калия (КСНС) при смешивании с 40 или 400 ppm раствором 2,4-Д. После обработки 40 ppm 2,4-Д только растения, обработанные КНАП, показали значительное развитие тройчатых листьев и цветков.

Нафтенат калия размером 20 мкм наносили на листовую часть 14-дневных растений фасоли кустарниковой *Phaseolus vulgaris* L, сорта Top Crop, кукурузы, *Zea mays* L, сорта Golden Bantam, яровой пшеницы, *Triticum vulgare* Vill., сорта V Neerawa и 2 мМ раствора на 21-дневные растения сахарной свеклы *Beta vulgaris* L сорта CS-43 [25]. Через семь дней после применения активность рибулозодифосфаткарбоксилазы и фосфоенолпировиноградной карбоксилазы в листьях фасоли и кукурузы, обработанных нафтенатом, была выше, чем в листьях необработанных растений. Повышение активности карбоксилаз у обработанной яровой пшеницы не имело статистической значимости. В то же время после обработки CO₂ точка компенсации фасоли была меньше, чем у контрольных растений, как и средняя точка компенсации CO₂ сахарной свеклы, измеренная с интервалом до 21 дня после опрыскивания. Частота дыхания зародышей семян фасоли, замоченных на 12, 24 и 48 ч в 43,5 мкМ нафтената калия, была выше, чем у семян, замоченных в воде. Активность аскорбатоксидазы в листьях фасоли, определяемая через 7, 14 и 21 сут после применения К-нафтената, также стимулировалась. Более высокая активность фермента, измеренная через 6, 7, 12 и 14 дней после опрыскивания, также была результатом применения К-нафтената. Результаты показывают, что более высокая скорость фотосинтеза у растений, обработанных нафтенатом, может быть частично обусловлена повышенной скоростью фиксации CO₂, и что более высокая эффективность фотосинтеза вместе с более обильным поступлением АТФ, возникающим в результате увеличения потока электронов при дыхании, обусловлена его участием в большем росте растений, к которым применялся нафтенат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борюк В.В., Воскобойникова Т.В. Влияние регуляторов роста на стимуляцию плодообразования томатов. *Фундаментальные исследования*. 2007. № 12. с. 225-227
2. Донец Е.В., Должанкина Л.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на прорастание хвойных видов древесных растений. *Омский научный вестник*, 2014, № 1, с. 151-154
3. Гайворонский В.Г. Стимулирующее действие мазутного загрязнения почв на растения и микроорганизмы. *Международный научно-исследовательский журнал*, 2016, Т. 54, № 12, с. 10-12
4. Гарецкий Р.Г., Грибик Я.Г., Литвиновская Р.П., Савчук А.Л. Стероидные гормоны растений – уникальные компоненты девонских нефтей Беларуси. *Доклады Российской Академии Наук. Серия. Науки о Земле*, 2020, Т. 494, № 1, с. 29-32
5. Кожамжарова Л.С., Есимсенитова З.Б., Кожамжарова А.С. Фиторегуляторы развития растений на основе природного и синтетического сырья Казахстана. *Вестник КазНМУ*, 2017, № 3, с. 307-311
6. Pat. 2082296. RU. 2017 Способ получения регуляторов роста растений / Лебедев А.К., Сивирилов П.П., Камьянов В.Ф. /
7. Александрова Э.А., Александров Б.Л., Александров А.Ж. Применение углеводородного ростового вещества при выращивании сельхозкультур. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета*, 2019, № 151, с. 33-45
8. Odukova J., Lambert R., Sakrabani R. Impact of Crude Oil on Yield and Phytochemical Composition of Selected Green Leafy Vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, 2019, Vol. 25, N 6, pp. 554-570

9. Hamaden M., Alzway A., Hassan M., Attitalla I. Physiological Responses of Some Plant Species to Crude Oil and its Effects Residues on Seed Germination. *Annals of Biological Sciences*, 2021, N 6, Pp. 22-42
10. Odjegba V.J., Sadiq O.A. Effect of spent engine oil on the growth parameters, chlorophyll and protein levels of *Amaranthus hybridus L.* *Environmentalist*, 2002, Vol. 22, N 1, pp. 23-28
11. Orocio-Carrillo J.A., River-Cruz M.C., Juarez-Maldonado A., Bautista-Munoz C. Crude oil induces plant growth and antioxidant production in *Leersia hexandra Sw.* A hydrophytic grass that rhizodegrades oil in Tabasco, Mexico. *Research Square*, 2022, N 1, Pp. 1-14
12. Асадов Р.А., Исмаилов И.Т., Алиева А.А. Получение стимуляторов роста растений на основе нефтяных кислот. *Известия Тульского Государственного Университета. Серия. Естественные науки*, 2022, № 3, с. 35-48
13. Pat. 2713902С1. RU. 2019 Органическое ростовое вещество / Григулецкий В.Г., Ивакин Р.А., Ивакина Ю.В. /
14. Cirin-Novta V., Kuhajda K., Kevresan S., Kandrac J. Biological activity and structure of natural petroleum acids from Lower oil fractions of "Velebit" oil. *Acta Periodica Technologica*, 2022, Vol. 33, pp. 33-45
15. Cirin-Novta V., Kuhajda K., Kevresan S., Kandrac J. Structural and physiological properties of natural petroleum acids from middle oil fractions of "Kelebija" oil. *Acta Periodica Technologica*, 2004, N 35, pp. 87-94
16. Abbasov V.M., Ismayilov I.T., Asadova R.A., Allahverdiyev E.I. Study of the effect of organic salts on the germination of tomato seeds and the formation of green biomass in seedlings. *PPOR*, 2021, Vol. 22, N 1, pp. 117-125
17. Halmagyi A., Kevresan S., Kovacevic B., Orlovic D. Effects of naphthenic acids on rooting of in vitro grown *Sequoia sempervirens*. *Acta Horticultrae*, 2010, Vol. 885, pp. 139-143
18. Grbovic L., Pavlovic K., Vasiljevic B., Kuhajda K. Fractionation of complex mixtures of naphthenic acids, their characterization and biological activity. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2012, Vol. 77, N 2, pp. 147-157
19. Kevresan S., Maksimovic I., Popovic B., Stajner D. Foliar and root treatments of cucumber with potassium naphthenate: Antioxidative responses // *Open Life Sciences*. 2012. Vol. 7. N 6. Pp. 131-137
20. Grbovic L., Kevresan S., Cirin-Novta V., Kuhajda K. The Increased Content of Micronutrients in Celery, Carrot, Parsnip and Parsley Plants after Treatment with Sodium Naphthenate // *Contemporary Agriculture*. 2016. Vol. 65. N 1-2. Pp. 1-6
21. Kevresan S., Cirin-Novta V., Miladinovic D., Kuhajda K. Effect of naphthenic acids on formation of adventitious roots in sunflower cuttings // *Helia*. 2014. Vol. 26. N 39. Pp. 75-81
22. Beddow J., Johnson R., Lawson T., Breckels M.N. The effect of oil sands process-affected water and model naphthenic acids on photosynthesis and growth in *Emiliania huxleyi* and *Chlorella vulgaris* // *Chemosphere*. 2016. Vol. 145. Pp. 416-423
23. Fattah Q.A., Wort D.J. Metabolic responses of bush bean plants to naphthenate application // *Canadian Journal of Botany*. 1970. Vol. 48. N 5. Pp. 9-20

24. Peirson D.R., Borden J.H., Vakenti J.M. Naphthenate and cyclohexanecarboxylate treatment protects *Phaseolus vulgaris* from effects on 2,4-dichlorophenoxyacetate // Canadian Journal of Plant Science. 1976. Vol. 56. N 1. Pp. 98-106
25. Wort D.J. Mechanism of Plant Growth Stimulation by Naphthenic Acid // Plant Physiology. 1976. Vol. 58. N 1. Pp. 82-86

REFERENCES

1. Boryuk V.V., Voskoboinikova T.V. Influence of growth regulators on stimulation of tomato fruit formation. Fundamental research. 2007. No. 12. pp. 225-227
2. Donets E.V., Dolzhankina L.V. Influence of oil pollution of soil on the growth of coniferous species of woody plants. Omsk Scientific Bulletin, 2014, No. 1, pp. 151-154
3. Gaivoronsky V.G. Stimulating effect of fuel oil pollution of soils on plants and microorganisms. International Scientific Research Journal, 2016, vol. 54, No. 12, pp. 10-12
4. Garetsky R.G., Gribik Ya.G., Litvinovskaya R.P., Savchuk A.L. Steroid hormones of plants - unique components of Devonian oils of Belarus. Reports of the Russian Academy of Sciences. Series. Earth Sciences, 2020, vol. 494, No. 1, pp. 29-32
5. Kozhamzharova L.S., Yessimsenitova Z.B., Kozhamzharova A.S. Phyto regulators of plant development based on natural and synthetic raw materials of Kazakhstan. KazNMU Bulletin, 2017, No. 3, pp. 307-311
6. Patent. 2082296. RU. 2017 With a request for the assistance of growth regulators / Lebedev A.K., Sivilov P.P., Kamyaynov V.V. /
7. Alexandrova E.A., Alexandrov B.L., Alexandrov A.J. The use of carbohydrate-native growth substance in the cultivation of crops. Polythematic Online Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 2019, No. 151, pp. 33-45
8. Odukoval J., Lambert R., Sakrabani R. The effect of crude oil on the yield and phytochemical composition of selected green leafy vegetables. International Scientific Journal of Vegetable Growing, 2019, Volume 25, N 6, pp. 554-570
9. Hamaden M., Alzway A., Hassan M., Attitalla I. Physiological reactions of some plant species to crude oil and its effect on seed germination. Annals of Biological Sciences, 2021, N 6, pp. 22-42
10. Ojebga V.J., Sadik O.A. Influence of used engine oil on growth parameters, chlorophyll level and *Amaranthus hybridus* L protein. Ecologist, 2002, Volume 22, N 1, pp. 23-28
11. Orochio-Carrillo H.A., River-Cruz M.K., Juarez-Maldonado A., Bautista-Munoz S. Crude oil stimulates plant growth and antioxidant production in *Leersia hexandra* Sw. A hydrophytic herb that decomposes oil from rhizomes in Tabasco, Mexico. Research Square, 2022, N 1, pp. 1-14
12. Asadov R.A., Ismailov I.T., Alieva A.A. Obtaining plant growth stimulants based on petroleum acids. News of the Tula State University. Series. Natural Sciences, 2022, No. 3, pp. 35-48
13. Patent. 2713902C1. RU. 2019 Organic agriculture / Griguletsky V.G., Ivakin R.A., Ivakina N.V. /
14. Chirin-Novta V., Kuhaida K., Kevresan S., Kandrak J. Biological activity and structure of natural petroleum acids from the lower petroleum fractions of Velebit oil. Acta Periodica Technologica, 2022, volume 33, pp. 33-45

15. Chirin-Novta V., Kuhaida K., Kevresan S., Kandrak J. Structural and physiological properties of natural petroleum acids from medium oil fractions of Celebia oil. *Technological Act*, 2004, N 35, pp. 87-94
16. Abbasov V.M., Ismailov I.T., Asadova R.A., Allahverdiev E.I. Study of the effect of organic salts on the germination of tomato seeds and the formation of green biomass in seedlings. *PPOR*, 2021, volume 22, N 1, pp. 117-125
17. Halmadzhi A., Kevreshan S., Kovachevich B., Orlovich D. The effect of naphthenic acids on the rooting of sequoia sempervirens grown in vitro. *Acta Horticultrae*, 2010, Volume 885, pp. 139-143
18. Grbovich L., Pavlovich K., Vasilyevich B., Kuhaida K. Fractionation of complex mixtures of naphthenic acids, their characteristics and biological activity. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2012, volume 77, N 2, pp. 147-157
19. Kevresan S., Maksimovich I., Popovich B., Steiner D. Foliar and root treatment of cucumbers with potassium naphthenate: antioxidant reactions // *Open Life Sciences*. 2012. Volume 7. N 6. pp. 131-137
20. Grbovich L., Kevreshan S., Chirin-Novta V., Kuhaida K. Increased content of trace elements in celery, carrot, parsnip and parsley plants after treatment with sodium naphthenate // *Modern agriculture*. 2016. Vol. 65. N 1-2. Pages 1-6
21. Kevreshan S., Chirin-Novta V., Miladinovich D., Kuhaida K. The effect of naphthenic acids on the formation of adventitious roots in sunflower cuttings // *Helia*. 2014. Volume 26. N 39. pp. 75-81
22. Beddow J., Johnson R., Lawson T., Brackels M.N. The influence of water exposed to technological effects of oil sands and model naphthenic acids on photosynthesis and growth of *Emiliana huxleyi* and *Chlorella vulgaris* // *Himosphere*. 2016. Volume 145. Pages 416-423
23. Fattah K.A., Worth D.J. Metabolic reactions of bush bean plants to the use of naphthenates // *Canadian Botanical Journal*. 1970. Volume 48. N 5. pp. 9-20
24. Pearson D.R., Borden J.H., Vakenti J.M. Treatment with naphthenate and cyclohexanecarboxylate protects *Phaseolus vulgaris* from the effects of 2,4-dichlorophenoxyacetate // *Canadian Journal of Plant Production*. 1976. Volume 56. N 1. Pp. 98-106
25. Worth D.J. The mechanism of plant growth stimulation with naphthenic acid // *Plant physiology*. 1976. Volume 58. N 1. pp. 82-86

**Вестник КНИИ РАН. Серия
«Естественные и технические науки»**

№ 3 (14) 2023

Корректурa, верстка: Ганиева М.М.

Дата размещения сетевого издания в сети Интернет на официальном сайте: 18.10.2023 г.