

18+



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

•2022•№ 2 (13)•

№ 2 (13) 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 Канта 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

Алиева Н.М.

Применение наноматериалов в качестве катализаторов химических реакций.....9

Аларханова З.З.

Ускоренный метод испытания бетонных композитов на морозостойкость.....18

Джамбулатов Р.С., Хасбулатова З.С.

Зависимость молярного объема и адсорбции от концентрации органических компонентов в растворе.....25

Джамбулатов Р.С., Хасбулатова З.С.

Исследования концентрационной зависимости поверхностного натяжения многокомпонентных растворов.....32

Меликова А.Я.

Применение спектроскопических методов для исследования белковых молекул.....37

Магеррамова Л.М., Джафарова Н.А., Сулейманова Э.И.

Методы физико-химического анализа для определения триптофана.....48

Пашаева З.Н., Ибрагимова М.Д., Абдуллаева Ф.М., Алиева А.В.

Изучение реакции превращения целлюлозы в производные фурфурола в присутствии ионных жидкостей.....58

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Баснукаев И.Ш., Ахматова М.И.

Опасные природные явления и их влияние на экологию.....70

Даукаев А.А., Абубакарова Э.А., Гапураева Л.У., Кадыров Т.С.,

Согоипов И.А.

История и современное состояние нефтегазогеологического освоения майкопского комплекса отложений на территории Чеченской Республики.....79

Ибрагимов К.Х., Ибрагимов А.К., Ибрагимов Д.К.

Современные вопросы рационального природопользования на землях сельскохозяйственного назначения.....85

ИСТОРИЯ НАУКИ

Якубов А.В.

Физика: чеченский вклад в науку.....91

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Aliyeva N.M.

Application of nanomaterials as catalysts of chemical
Reactions.....9

Alarkhanova Z.Z.

Accelerated testing method for concrete
composites for frost resistance.....18

Dzhambulatov R.S., Khasbulatova Z.S.

The dependence of molar volume and adsorption on the
concentration of organic components in solution.....25

Dzhambulatov R.S., Khasbulatova Z.S.

Studies of the concentration dependence of the surface
tension of multicomponent solutions.....32

Melikova A.Y.

Application of spectroscopic methods to study
protein molecules.....37

Magerramova L.M., Kafarova N.A.li, Suleymanova E.I.

Methods of physico-chemical analysis for
definitions of tryptophan.....48

Pashayeva Z.N., Ibragimova M.J., Abdullaeva F.M., Aliyeva A.V.

Study of the reaction of the conversion of cellulose into
furfural derivatives in the presence ionic liquids.....58

SCIENCE OF EARTH

Basnukaev I.Sh., Akhmatova M. I.

Natural hazards and their impact on the environment.....70

Daukaev A.A., Abubakarova E.A., Laura U.G., Tamerlan S.K., Ilyas A.S.

The history and current state of the oil and gas geological development of
the maikop complex of deposits on the territory
of Chechen Republic.....79

Ibragimov K.Kh., Ibragimov A.K., Ibragimov J.K.

Modern issues of rational nature management on
agricultural land.....85

HISTORY OF SCIENCE

Yakubov A.V.

Physics: chechen contribution to science.....91

УДК 547.541.3, 547.542.7

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.13.2.001

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

© Алиева Нушаба Муса гызы

Институт Нефтехимических процессов Министерства Науки и Образования,
Азербайджан, г. Баку; кандидат химических наук, nusabaaliyeva2007@gmail.com

Аннотация. Катализаторы играют очень важную роль в химической промышленности. Катализаторы использовались в таких процессах, как переработка топлива, такого как нефть, газ и уголь, очистка сточных вод и промышленных отходящих газов и т.д. Гетерогенные катализаторы привлекают больше внимания по сравнению с гомогенными катализаторами, поскольку они обеспечивают большую селективность и лучший выход. Исследования новых каталитических материалов или оптимизация существующих каталитических систем имеют огромное значение для повышения эффективности катализатора, что приводит к более высокому выходу и чистоте продукта. В настоящее время исследования больше сосредоточены на наноструктурированных катализаторах с улучшенными физико-химическими свойствами. Наноразмерные катализаторы обладают высокой удельной поверхностью и поверхностной энергией, что в конечном итоге приводит к высокой каталитической активности. Нанокатализаторы улучшают селективность реакций, позволяя проводить реакции при более низкой температуре, уменьшая возникновение побочных реакций, повышая скорость рециркуляции и восстанавливая потребление энергии. Поэтому они широко используются в зеленой химии, оздоровление окружающей среды, эффективное преобразование биомассы, развитие возобновляемых источников энергии и другие области, представляющие интерес

Ключевые слова: наноразмерные материалы, нанокатализаторы, катализ, биокатализаторы, ферменты, наночастицы

APPLICATION OF NANOMATERIALS AS CATALYSTS OF CHEMICAL REACTIONS

© Aliyeva Nushaba Musa

Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education, Azerbaijan, Baku;
Candidate of Chemical Sciences, nusabaaliyeva2007@gmail.com

Abstract. Catalysts play a very important role in the chemical industry. Catalysts have been

used in processes such as the processing of fuels such as oil, gas and coal, the treatment of waste water and industrial waste gases, and so on. Heterogeneous catalysts are attracting more attention compared to homogeneous catalysts because they provide greater selectivity and better yields. Research into new catalytic materials or optimization of existing catalytic systems is essential to improve catalyst efficiency, resulting in higher yields and product purity. Currently, research is more focused on nanostructured catalysts with improved physicochemical properties. Nanoscale catalysts have a high specific surface area and surface energy, which ultimately leads to high catalytic activity. Nanocatalysts improve reaction selectivity by allowing reactions to be carried out at a lower temperature, reducing the occurrence of side reactions, increasing recycling rates, and restoring energy consumption. Therefore, they are widely used in green chemistry, environmental sanitation, efficient biomass conversion, renewable energy development and other fields of interest.

Key words: nanoscale materials, nanocatalysts, catalysis, bioocatalizers, enzymes, nanoparticles.

Наночастицы, в частности наночастицы золота, на протяжении тысячелетий использовались в Китае и Египте женщинами как в лечебных, так и в эстетических целях, а также художниками для изготовления и украшения очков и керамики, таких как прославленная чаша Ликурга (пятый век нашей эры) [1]. Трактаты о коллоидных наночастицах появились с начала XVII в., а в области катализа первые работы были опубликованы еще в 1941 г. по катализаторам гидрирования, защищенным поли(виниловым) спиртом, наночастицами палладия и платины, полученными восстановлением солей металлов H₂. Еще один большой прорыв в 20-м веке произошел в 1987 году, когда Харута обнаружил, что каталитическая активность наночастиц золота для окисления CO до CO₂ с помощью O₂ повышается, когда эти наночастицы золота меньше 5 нм. Таким образом, хотя наномир в оптике (плазмон), наномедицине, нанотехнологиях и нанонауке в целом охватывает диапазон от 1 до 100 нм и более, поразительное открытие Харуты свело направление исследований нанокатализа к мельчайшим наночастицам. Однако есть исключения; например, плазмонное возбуждение при облучении видимым светом больших наночастиц золота генерирует горячие электроны, которые активируют полупроводники, такие как TiO₂, для преобразования подложки. Даже субнаночастицы некоторых переходных металлов очень активны, хотя оптимум каталитической активности, вероятно, достигается для частиц, содержащих от 12 до 20 атомов металла, т.е. с размерами, близкими к 1 нм или чуть меньше. Эти характеристики стали возможными благодаря современным методам, таким как электронная микроскопия с коррекцией аббераций и рентгеновская абсорбционная спектроскопия, которые теперь позволяют наблюдать даже отдельные атомы металлов и субнанокластеры вместе с их близким окружением. Небольшие наночастицы обычно называют нанокластерами или субнанокластерами, если они меньше 1 нм, хотя существует континуум ситуаций от молекул до твердого состояния между небольшими кластерами, определяемыми молекулярными орбиталями, и более крупными наночастицами, определяемыми структурами энергетических зон. Эти различные типы различаются количеством атомов металла, природой лигандов и дисперсностью. Строго говоря, термин «кластер» или «нанокластер» относится только к молекулярно точным полиметаллическим молекулам с лигандами, для которых известна

рентгеновская кристаллическая структура, тогда как термин «наночастицы» используется для смесей более или менее полидисперсных крупных нанокластеров, определяемых гистогграммой, полученной при измерении с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Кластеры, связанные металл-металл, обычно содержат несколько атомов металла, хотя известны и крупные атомы.

Нанокатализ уже давно стал важной частью нанонауки. Наночастицы могут заменить обычный материал и служить активными и стабильными гетерогенными катализаторами или материалом-носителем для различных каталитических групп [2,3]. Нанокатализ является быстро развивающейся областью, которая включает использование наноматериалов в качестве катализаторов для различных применений гомогенного и гетерогенного катализа. Гетерогенный катализ представляет собой одну из старейших коммерческих практик нанонауки; наночастицы металлов, полупроводников, оксидов и других соединений широко используются для важных химических реакций. Хотя исследования поверхности внесли значительный вклад в наше фундаментальное понимание катализа, большинство коммерческих катализаторов по-прежнему производятся путем «смешивания, встряхивания и выпекания» смесей из нескольких компонентов; их наноструктуры плохо контролируются, а отношения синтез-структура-производительность плохо изучены. Из-за их сложных физико-химических свойств в нанометровом масштабе даже характеристика различных активных центров большинства коммерческих катализаторов оказывается труднодостижимой. Ключевой задачей исследований в области нанокатализа является получение катализаторов со 100% селективностью, чрезвычайно высокой активностью, низким энергопотреблением и длительным сроком службы. Этого можно достичь только точно контролируя размер, форму, пространственное распределение, состав поверхности и электронную структуру, а также термическую и химическую стабильность отдельных наноконпонентов.

Область нанокатализа (использование наночастиц для катализа реакций) за последнее десятилетие претерпела взрывной рост как в гомогенном, так и в гетерогенном катализе. Поскольку наночастицы имеют большое отношение поверхности к объему по сравнению с сыпучими материалами, они являются привлекательными кандидатами для использования в качестве катализаторов.

В гомогенном катализе в качестве катализаторов используются наночастицы переходных металлов в коллоидных растворах. В этом типе катализа коллоидные наночастицы переходного металла тонко диспергированы в органическом или водном растворе или в смеси растворителей. Гетерогенные металлические нанокатализаторы получают адсорбцией наночастиц на носителях, которая включает функционализацию носителей для адсорбции на них наночастиц и изготовление наноструктур на носителях литографическими методами.

К важнейшим областям применения нанокатализа можно отнести:

- 1) Газификация биомассы для получения синтез-газа с высоким содержанием синтетического газа и пиролиз биомассы для производства бионефти
- 2) Производство биодизеля из отработанного растительного сырья
- 3) Производство зеленого дизельного топлива с использованием синтеза Фишера-Тропша
- 4) Дегидрирование парафинов, риформинг нефти. Селективное гидрирование,

гидрообесеривание

- 5) Улучшенное экономичное каталитическое сжигание авиационного топлива JP-10 с использованием растворимого нанокатализатора углеводородного топлива
- 6) Производство водорода путем паровой конверсии этанола на наноструктурированных катализаторах из оксида индия
- 7) Адсорбционная десульфуризация и биодесульфуризация ископаемых масел
- 8) Гидрообесеривание дизельного топлива
- 9) Применение нанокатализаторов с ядром и оболочкой для топливных элементов
- 10) Производство водорода на месте путем реакции аммиака и нанокатализаторов и др.

В работе [4] увеличение потребности населения в индустриализации и урбанизации привело к появлению в окружающей среде новых опасных химических веществ. Наиболее значительные части этих вредных веществ, обнаруженных в водоемах, остаются на втором плане, создавая опасность для здоровья людей и животных. Крайне важно удалять эти токсичные химические вещества из сточных вод, чтобы поддерживать чистоту и экологичность окружающей среды. Следовательно, в наши дни очистка сточных вод является сложной областью для эффективного управления жидкими отходами. Поэтому ученые ищут новые технологии для очистки и повторного использования сточных вод, и нанотехнология является одной из них благодаря потенциалу наночастиц эффективно очищать сточные воды, а также быть экологически безопасными. Однако относительно мало информации о применимости нанокатализаторов, их эффективности, и проблемы для будущих применений в очистке сточных вод. Данный обзор призван обобщить недавние исследования по применению различных типов нанокатализаторов для очистки сточных вод. В этом обзорном документе освещаются инновационные работы по использованию нанокатализаторов для очистки сточных вод, а также определяются вопросы и проблемы, которые необходимо решить для практического применения нанокатализаторов для очистки сточных вод.

За последние несколько десятилетий синтез и возможные применения нанокатализаторов привлекли большое внимание научного сообщества [5,6]. Многие хорошо зарекомендовавшие себя методы широко используются для синтеза нанокатализаторов. Однако большинство традиционных физических и химических методов имеют некоторые недостатки, такие как токсичность материалов-предшественников, необходимость использования высокотемпературных сред и высокая стоимость синтеза, что в конечном итоге препятствует их плодотворному применению в различных областях. Биоинспирированный синтез является экологически чистым, экономически эффективным и требует низкой энергии/температуры окружающей среды. Различные микроорганизмы, такие как бактерии, грибы и водоросли, используются в качестве нанофабрик и могут обеспечить новый метод синтеза различных типов нанокатализаторов. Синтезированные нанокатализаторы могут найти дальнейшее применение в различных приложениях, таких как удаление тяжелых металлов, очистка промышленных стоков, изготовление материалов с уникальными свойствами, биомедицина и биосенсоры. В этом обзоре основное внимание уделяется биогенному синтезу нанокатализаторов из различных зеленых источников, которые были приняты в последние два десятилетия, и их потенциальному применению в различных областях.

Сообщается [7], что катализ как ключевая и перспективная технология играет все

более важную роль в различных областях, от энергетики, окружающей среды и сельского хозяйства до здравоохранения. Рациональный дизайн и синтез высокоэффективных катализаторов стали конечной целью исследований в области катализа. Благодаря быстрому развитию нанонауки и нанотехнологий и, в частности, теоретическому пониманию настройки электронной структуры в наноразмерных системах, этот элемент дизайна становится возможным благодаря точному контролю состава, морфологии, структуры и электронного состояния наночастиц. В то же время важно разработать инструменты для определения характеристик нанокатализаторов *in-situ* в реальных условиях реакции и для мониторинга динамики катализа с высоким пространственным, временным и энергетическим разрешением. В этом обзоре авторы обсуждают эффекты локализации в нанокатализе. Взяв в качестве примеров ограниченные каталитические системы углеродных нанотрубок (УНТ), наноксиды, ограниченные металлом, и двумерные (2D) слоистые нанокатализаторы, авторы суммируют и анализируют фундаментальные концепции, методы исследования и некоторые ключевые научные проблемы, связанные с нанокатализом. Кроме того, авторы представляют взгляд на проблемы и возможности будущих исследований в области нанокатализа с точки зрения: 1) контролируемого синтеза нанокатализаторов и рационального конструирования каталитически активных центров; 2) натурная характеристика нанокатализаторов и динамика каталитических процессов; 3) масштабирование и коммерциализация нанокатализаторов.

Отмечается [8,9], что гетерогенные катализаторы привлекают больше внимания по сравнению с гомогенными катализаторами, поскольку они обеспечивают большую селективность и лучший выход. Исследования новых каталитических материалов или оптимизация существующих каталитических систем имеют огромное значение для повышения эффективности катализатора, что приводит к более высокому выходу и чистоте продукта. В настоящее время исследования больше сосредоточены на наноструктурированных катализаторах с улучшенными физико-химическими свойствами. Наноразмерные катализаторы обладают высокой удельной поверхностью и поверхностной энергией, что в конечном итоге приводит к высокой каталитической активности. Нанокатализаторы улучшают селективность реакций, позволяя проводить реакции при более низкой температуре, уменьшая возникновение побочных реакций, повышая скорость рециркуляции и восстанавливая потребление энергии. Поэтому они широко используются в зеленой химии, оздоровление окружающей среды, эффективное преобразование биомассы, развитие возобновляемых источников энергии и другие области, представляющие интерес. В обзоре рассмотрены перспективы, парадоксальность и перспективность получения и каталитического применения наноматериалов в химии органического синтеза, обсуждены перспективы их развития.

В работах [10,11] показано, что нанокатализ – это одна из самых интересных областей нанотехнологии, в которой неожиданно увеличивается контакт между катализатором и реагентами. Нанокатализаторы обычно имеют большую площадь поверхности и способность достигать желаемых физических и химических свойств. Большинство этих катализаторов состоят из металлических частиц размером в несколько нанометров. Наночастицы металлов (НЧ), нанесенные на неорганические матрицы, продемонстрировали многообещающие свойства, такие как более высокая каталитическая активность и/или селективность в мягких условиях, чем обычные катализаторы, во многих реакциях. Применение НЧ в ката-

лизаторах приводит к уникальным каталитическим свойствам полученных нанокатализаторов. Большая площадь поверхности НЧ и значительное количество поверхностных атомов приводят к увеличению количества активных центров. Другими словами, поверхность НЧ играет важную роль в катализе, отвечая за их селективность и активность. Наночастицы имеют высокое отношение поверхности к объему, что делает их привлекательными для использования по сравнению с объемными каталитическими материалами. Однако их поверхностные атомы также очень активны из-за их высокой поверхностной энергии. В результате поверхностные атомы становятся настолько активными, что их размер и форма могут изменяться в ходе их каталитической функции. Поверхностные атомы химически более активны по сравнению с объемными атомами, поскольку они обычно имеют меньше соседних координационных атомов и ненасыщенных атомов. сайты или несколько оборванных связей. Каталитические свойства НЧ зависят от их размера, распределения по размерам, концентрации и электронных свойств в желаемой среде. Наночастицы с большой площадью поверхности, нанесенные на различные носители, в настоящее время широко используются в качестве катализаторов химических превращений.

Зеленая химия – это прагматизм набора принципов, которые исключают использование или производство опасных веществ в дизайне, разработке, синтезе и применении химических продуктов [12]. Соответственно, зеленые синтетические методы направлены на снижение опасности в качестве основных критериев при разработке новых химических процессов. Катализ лежит в основе всех химических процессов, поэтому нанокатализаторы и зависящая инженерия материалов представляет значительный интерес для зеленой химии и чистой энергии. В дополнение к размеру частиц, наноструктурированные катализаторы чрезвычайно разнообразны по форме и/или морфологии, чувствительны, а их каталитическая активность во многом зависит от их формы и морфологии. Кроме того, нанокатализатор обладает колоссальной площадью поверхности, отличным потенциалом рециркуляции и эффективными характеристиками восстановления.

Сообщается [13-15], что наноматериалы, особенно наночастицы металлов, обладают уникальными каталитическими свойствами и широко используются при получении нанокатализаторов; эти нанокатализаторы используются во многих химических реакциях для увеличения скорости реакции и эффективности продукта. С производством нанокатализаторов в промышленных масштабах можно ожидать больших изменений в отраслях промышленности страны, особенно в нефтяной, нефтехимической и фармацевтической. Каталитические свойства наноматериалов рассматриваются с новой точки зрения. Сначала исследуются причины каталитических свойств наноматериалов, а затем объясняется влияние таких факторов, как размер наночастиц, форма наночастиц, распределение и подготовка подложки наночастиц на их каталитические свойства.

Показано [16], что гетерогенные нанокатализаторы на основе углеродного носителя использовались для нескольких органических реакций, таких как гидрирование, окисление, восстановление и конденсация, благодаря их превосходным физико-химическим свойствам. В этой работе авторы представляют всесторонний обзор различных материалов на основе углерода, которые использовались в качестве носителей катализатора, обсуждая синтетические стратегии и их применение для различных органических превращений. Углеродсодержащие материалы, благодаря их широкой доступности и низкой стоимости, ис-

пользовались для различных применений, включая гетерогенный катализ. Различные углеродистые материалы использовались в качестве подложек для переходных металлов или других материалов. Эти вспомогательные материалы продемонстрировали свой потенциал для разработки экологичных и устойчивых подходов к гетерогенному катализу.

Таким образом, нами рассмотрены основные направления применения нанокатализаторов на современном этапе. Как следует из приведенного обзора, роль нанокатализаторов в современном катализе исключительно велика, в связи с чем следует развивать широкие исследования в этом направлении для нахождения более приемлемых условий проведения органических реакций, что позволит добиться получения целевых продуктов с более высоким выходом, конверсией и селективностью.

В наших исследованиях использованы наночастицы оксида алюминия в качестве со-катализатора для ряда металлоксидных катализаторов и показана их роль в процессе приготовления катализатора, а также выявлен механизм протекания реакций на полученном наноразмерном катализаторе [17-20]. Изучено влияние нанокатализатора на протекание реакции конверсии некоторых спиртов в соответствующие углеводороды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Didler A. Introduction: Nanoparticles in Catalysis // *Chem. Rev.* 2020. Vol. 120. N 2. Pp. 461-463.
2. Kavita R. A Study on Nano Catalysis and Its Applications// *Journal of Advances and Scholarly Researchers in Allied Education.* 2018. Vol. 14. N 2. Pp. 1440-1445.
3. Kavita R. A Study on Nano Catalysis and Its Applications // *Journal of Advances and Scholarly Researchers in Allied Education.* 2017. Vol. 13. N 1. Pp. 1066-1071.
4. Masood Z., Ikhlaiq A., Akram A., Qazi Y. Application of Nanocatalysts in Advanced Oxidation Processes for Wastewater Purification: Challenges and Future Prospects // *Catalysis.* 2022. Vol. 12. N 7. Pp. 741-747.
5. Arpita R., Elzaki A., Tirth V., Osman H. Biological Synthesis of Nanocatalysts and Their Applications // *Catalysts.* 2021. Vol. 11. N 12. Pp. 1494-1499.
6. Chadha U., Selvaraj S., Ashokan H., Hartiharan S. Complex Nanomaterials in Catalysis for Chemically Significant Applications: From Synthesis and Hydrocarbon Processing to Renewable Energy Applications // *Advances in Materials Science and Engineering.* 2022. N 2. Pp. 141-149.
7. Yang F., Deng D., Pan X., Qiang F. Understanding nano effects in catalysis // *National Science Review.* 2015. Vol. 2, N 2. Pp. 183–201.
8. Sharma N., Oihia H., Bharadwaj A., Pathak D. Preparation and catalytic applications of nanomaterials: a review // *RSC Advances.* 2015. Vol. 5. N 66. Pp. 53381-53402.
9. Singh A., Chaudhary A. Nano Catalysts: A Newfangled Gem in the Catalytic World // *Recent Advances in Petrochemical Sciences.* 2017. Vol. 3. N 5. Pp. 1-4.
10. Kharisov B.I., Kharissova O.V., Ortiz-Mendez U. Catalysis: Nanocatalysts—Preparation, Characterization, and Their Application in Oil and Gas Processes // in Book *CRC Concise Encyclopedia of Nanotechnology.* 2016. 80 p.
11. Narkirwicz U. Nano-catalysts – research-technology-industrial application // in Book *Nanoscience and Nanotechnology.* 2018. 152 p.
12. Veeranna R., Shivamurthy P., Chandrashekaraiiah M., Kundachira N., Madanahalli S.

- Metal nanoparticles as emerging catalysts: A mini review // International Journal of Nano Dimens. 2021. Vol. 12. N 2. Pp. 90-97.
13. Kianfar E. Catalytic properties of nanomaterials and factors affecting it // in Book Importance and Applications of Nanotechnology. 2020. Pp. 22-25.
 14. Zhou B., Scott H., Raja R., Somorjai G. Nanotechnology in Catalysis Part 3. 2007. 187 p.
 15. Shachbazian-Yassar R. Better together: Scientists discover far-reaching applications of nanoparticles made of multiple elements // uic Today. 2021. N 2. Pp. 37-42.
 16. Bahuguna A., Kumar A., Krishnan Y. Carbon-Support-Based Heterogeneous Nanocatalysts: Synthesis and Applications in Organic Reactions // Asian Journal of Organic Chemistry. 2019. Vol. 8. N 8. Pp. 1263-1305.
 17. Алиева Н.М., Тагиева Ш.Ф., Исмаилов Э.Г., Гасымова Л.Х. Влияние ионов Cl^- , SO_4^{2-} на концентрацию электроно-акцепторных, электроно-донорных центров и каталитическую активность Zr/Al оксидного контакта в конверсии этанола в углеводороды / IX Бакинская Международная Мамедалиевская Конференция по Нефтехимии. Баку. 2016. 72 с.
 18. Алиева Н.М., Исмаилов Э.Г., Юсифов Ю.Г., Акперли Г.Н. Исследование конверсии адсорбированного на Fe-Zr/ γ -Al₂O₃ этанола сочетанием методов ТГ/ДСК и ГХ. / XVI Симпозиум «Современная Химическая Физика». Туансе-2014. С. 150-151.
 19. Алиева Н.М., Маммадов Э.Э., Аббасов Я.А., Зарбалиев Р.З., Исмаилов Э.Г. Исследование конверсии этанола в углеводороды на Zr-Fe/ γ -Al₂O₃ катализаторах методом in situ EMR/GC-MS / II Российский Конгресс по Катализу. Самара – 2014. 52 с.
 20. Алиева Н.М., Тагиева Ш.Ф., Маммадов Э.Э., Гасимова Ф.И., Исмаилов Э.Г. Взаимодействие адсорбированных *n*-и *изо*-пропиловых спиртов с Zr/Si оксидным катализатором по данным молекулярного состава газофазных и элементного, фазового состава твердых продуктов реакции в режиме термодесорбции // Бутлеровские сообщения. 2016. Т.46. №4. С. 23-28.

REFERENCES

1. Didler A. Introduction: Nanoparticles in Catalysis // Chem. Rev. 2020. Vol. 120. N 2. Pp. 461-463.
2. Kavita R. A Study on Nano Catalysis and Its Applications// Journal of Advances and Scholarly Researchers in Allied Education. 2018. Vol. 14. N 2. Pp. 1440-1445.
3. Kavita R. A Study on Nano Catalysis and Its Applications // Journal of Advances and Scholarly Researchers in Allied Education. 2017. Vol. 13. N 1. Pp. 1066-1071.
4. Masood Z., Ikhlaq A., Akram A., Qazi Y. Application of Nanocatalysts in Advanced Oxidation Processes for Wastewater Purification: Challenges and Future Prospects // Catalysis. 2022. Vol. 12. N 7. Pp. 741-747.
5. Arpita R., Elzaki A., Tirth V., Osman H. Biological Synthesis of Nanocatalysts and Their Applications // Catalysts. 2021. Vol. 11. N 12. Pp. 1494-1499.
6. Chadha U., Selvaraj S., Ashokan H., Hartiharan S. Complex Nanomaterials in Catalysis for Chemically Significant Applications: From Synthesis and Hydrocarbon Processing to Renewable Energy Applications // Advances in Materials Science and Engineering. 2022. N 2. Pp. 141-149.

7. Yang F., Deng D., Pan X., Qiang F. Understanding nano effects in catalysis // National Science Review. 2015. Vol. 2, N 2. Pp. 183-201.
8. Sharma N., Oiha H., Bharadwaj A., Pathak D. Preparation and catalytic applications of nanomaterials: a review // RSC Advances. 2015. Vol. 5. N 66. Pp. 53381-53402.
9. Singh A., Chaudhary A. Nano Catalysts: A Newfangled Gem in the Catalytic World // Recent Advances in Petrochemical Sciences. 2017. Vol. 3. N 5. Pp. 1-4.
10. Kharisov B.I., Kharissova O.V., Ortiz-Mendez U. Catalysis: Nanocatalysts—Preparation, Characterization, and Their Application in Oil and Gas Processes // in Book CRC Concise Encyclopedia of Nanotechnology. 2016. 80 p.
11. Narkirwicz U. Nano-catalysts – research-technology-industrial application // in Book Nanoscience and Nanotechnology. 2018. 152 p.
12. Veeranna R., Shivamurthy P., Chandrashekaraiiah M., Kundachira N., Madanahalli S. Metal nanoparticles as emerging catalysts: A mini review // International Journal of Nano Dimens. 2021. Vol. 12. N 2. Pp. 90-97.
13. Kianfar E. Catalytic properties of nanomaterials and factors affecting it // in Book Importance and Applications of Nanotechnology. 2020. Pp. 22-25.
14. Zhou B., Scott H., Raja R., Somorjai G. Nanotechnology in Catalysis Part 3. 2007. 187 p.
15. Shachbazian-Yassar R. Better together: Scientists discover far-reaching applications of nanoparticles made of multiple elements // uic Today. 2021. N 2. Pp. 37-42.
16. Bahuguna A., Kumar A., Krishnan Y. Carbon-Support-Based Heterogeneous Nanocatalysts: Synthesis and Applications in Organic Reactions // Asian Journal of Organic Chemistry. 2019. Vol. 8. N 8. Pp. 1263-1305.
17. Aliyeva N.M., Tagieva Sh.F., Ismailov E.G., Gasimova L.H. The influence of Cl⁻, SO₄²⁻ ions on the concentration of electron-acceptor, electron-donor centers and the catalytic activity of Zr/Al oxide contact in the conversion of ethanol to carbon-hydrogen / IX Baku International Mammadaliev Conference on Petrochemistry. Baku. 2016. 72 p.
18. Alieva N.M., Ismailov E.G., Yusifov Yu.G., Akperli G.N. Investigation of the conversion of ethanol adsorbed on Fe-Zr/ γ -Al₂O₃ by a combination of TG/DSC and GC methods. / XVI Symposium "Modern Chemical Physics". Tuapse-2014. Pp. 150-151.
19. Aliyeva N.M., Mammadov E.E., Abbasov Ya.A., Zarbaliyev R.Z., Ismailov E.G. Investigation of ethanol conversion to hydrocarbons on Zr-Fe/ γ -Al₂O₃ catalysts by in situ EMR/GC-MS/ II Russian Congress on Catalysis. Samara – 2014. 52 p.
20. Alieva N.M., Tagieva Sh.F., Mammadov E.E., Gasimova F.I., Ismailov E.G. Interaction of adsorbed n- and isopropyl alcohols with Zr/Si oxide catalyst according to the molecular composition of gas-phase and elemental, phase composition of solid reaction products in the mode of thermal desorption // Butlerovskie messages. 2016. Vol.46. No. 4. Pp. 23-28.

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЯ БЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

© Аларханова Зура Зилаудиновна

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

Аннотация. В статье рассматривается морозостойкость, как показатель качества и долговечности бетона, уточнены детали методики экспериментального испытания образцов бетонного композита, модифицированные разрабатываемой химической добавкой «L.O.C.» на морозостойкость, вторым ускоренным методом. Разработана химическая добавка, которая позволяет получать высококачественные бетонные композиты, для обеспечения долговечности бетонных конструкций.

Ключевые слова: бетонный композит, модификация, разрабатываемая добавка «L.O.C.», долговечность, морозостойкость, ускоренный метод.

ACCELERATED TESTING METHOD FOR CONCRETE COMPOSITES FOR FROST RESISTANCE

© Alarkhanova Zura Zilaudinovna

Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; Laboratory of Macromolecular Compounds, Associate Professor, Ph.D., alarh2000@mail.ru

Abstract. The article discusses frost resistance as an indicator of the quality of concrete, clarifies the details of the methodology for experimental testing of concrete composite samples, modified by the developed chemical additive "L.O.C." for frost resistance, the second accelerated method. Development of chemical additives that allow the production of high-quality concrete composites to ensure the durability of concrete structures.

Key words: concrete composite, modification, developed additive "L.O.C", durability, frost resistance, accelerated method.

1 Введение

Несмотря на развитие многообразия производимых строительных материалов, бетон все еще остается основным конструкционным материалом, и по объему потребления человечеством занимает второе место. Но, растут требования к качеству конструкционного материала, особенно устойчивость к внешним воздействиям, долговечность. Исследования бетонных конструкций показывают, что более 75% от всех конструкций подвержены воздействию агрессивных сред. Для обеспечения долговечности таких конструкций следует разрабатывать и использовать бетоны стойкие к воздействию агрессивных сред. Одним из важнейших контролируемых показателей качества бетона является устойчивость к перепадам температур т.е. морозостойкость [4]. Морозостойкость показывает сколько циклов замораживания и оттаивания может выдержать насыщенный водой бетон, не теряя в массе более 2%, а средняя прочность не более 15%. В связи с этим, исследование и модификация бетона химическими добавками, что позволяет совершенствовать структурные и физико-механические свойства композитов и строительных материалов, остается задачей актуальной.

Целью нашей работы является разработка химической добавки для бетонов и растворов, на предмет установления модифицирующего эффекта, который позволяет получать высококачественные бетонные композиты. Так как первичной защитой для бетонных композиций от внешних воздействий является модификация бетона химическими добавками на основе пластифицирующе-воздухововлекающих добавок, решили разработать многофункциональное моющее средство «L.O.C». По химическому составу это средство содержит около 20% анионоактивные и неионогенные ПАВ, которые совершенствуют такие свойства, как пластичность и прочность.

Получены новые образцы бетонного композита, модифицированные разрабатываемой добавкой «L.O.C» и продолжается экспериментальная работа по испытанию образцов. Проведена экспериментальная работа по испытанию образцов на пластичность, прочность на сжатие и на водопоглощение, полученные результаты испытаний были представлены в предыдущих работах [1, 2]. Предстоит испытание образцов бетонного композита на морозостойкость. Учитывая, что разрабатываемая добавка обладает пластифицирующе-поризирующим эффектом т.е. увеличивает пластичность и удобоукладываемость смеси, что было ранее подтверждено путем экспериментальных испытаний [1], мы можем предполагать повышение и морозостойкости, так как анионоактивные ингредиенты, содержащиеся в разрабатываемой добавке, являются активными пенообразователями. Механизм действия порирующих добавок в том, что они, увеличивая воздушные поры в теле бетона, оставляют место для расширения воды с понижением температуры. В такие резервные поры вода поступает только под давлением замерзающей воды, не разрушая структуру бетона и повышая тем самым морозостойкость [3, 4, 6].

Испытание образцов проводится по стандарту "Методы определения морозостойкости ГОСТ-10060-2012" [5], данным стандартом установлены базовые и ускоренные методы (УМ) определения морозостойкости. Морозостойкость(М) образцов бетона(Б) определяют по достижению им проектного возраста (28 суток), согласно требованиям стандарта. Испытание образцов бетонного композита на М будет проводиться вторым УМ.

2 Ускоренный второй метод определения М

Испытание образцов по второму УМ выполняют замораживанием образцов, насыщенных 5%-м раствором хлорида натрия (NaCl) на воздухе, и последующим их оттаиванием в 5%-м растворе NaCl. Условия испытаний образцов на морозостойкость представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Условия испытаний образцов при установлении морозостойкости

Метод и марка Б по морозостойкости	Условия испытания			Вид Б
	Среда насыщения	Среда и $t^{\circ}\text{C}$ замораживания среды	Среда и $t^{\circ}\text{C}$ оттаивания среды	
Ускоренный метод				
Второй	5%-ный водный р-р NaCl	Воздушная, минус $(18\pm 2)^{\circ}\text{C}$	5%-ный водный р-р NaCl, $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$	Все виды Б, кроме Б дорожных и аэродромных покрытий, Б-х конструкций, эксплуатирующ-я при действии минерализованной воды и легких Б марок со ср плотности менее D1500

$t^{\circ}\text{C}$ – температура

2.1 Оборудование для экспериментальных исследований:

- Посуда для содержания в растворе и испытания образцов Б.
- Морозильная камера, поддерживающая температуру замораживания $(-18\pm 2)^{\circ}\text{C}$.
- Ванночки для насыщения образцов 5%-м р-ром (NaCl) и для их оттаивания, поддерживающая температуру воды $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$
- Деревянные, квадратные подкладки высотой 5см.
- Лабораторные весы.
- Контейнер сетчатый, для размещения в морозильной камере основных(Ос) образцов. Водный раствор NaCl.

2.2 Подготовка образцов к проведению испытания

- Образцы для испытания должны отвечать требованиям ГОСТ-10180 и без внешних изъянов.
- Перед началом испытаний образцов измеряют их массу, предварительно очистив.
- Основные образцы Б перед замораживанием, а контрольные перед испытанием на прочность насыщают 5 %-ным водным раствором NaCl температурой $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$.
- Первые 24 часа образцы погружают в раствор на 1/3 их высоты, затем уровень раствора поднимают до 2/3 высоты образцов и держат в таком состоянии еще 24ч, далее образцы целиком погружают в раствор на двое суток так, чтобы уровень раствора был выше образцов на 2см.
- По истечению четырех суток образцы извлекают из раствора, протирают влажной тканью, контрольные(К) взвешивают и проверяют прочность на сжатие по ГОСТ-10180, а Ос испытывают на морозостойкость по режиму, приведенному в табл. 2.

Таблица 2 - Режимы испытаний образцов

Размер образца, мм	Режим испытаний			
	Замораживание		Оттаивание	
	Время, ч, не менее	Температура, °С	Время, ч, не менее	Температура, °С
100×100×100	2,5	-18±2	2±0,5	20±2

2.3 Проведение испытаний

- Насыщенные 5%-ным водным раствором NaCl Ос образцы укладывают в морозильную камеру так, чтобы расстояние между ними было не менее 2см.
- Понижают температуру до (-18±2)°С, время установления в камере температуры -16 °С фиксируют, как время начало замораживания.
- Число циклов замораживания и оттаивания (ЗиО), для определения прочности при сжатии образцов Б принимают по таблице 3.
- Основные образцы после проведения заданного числа циклов ЗиО осматривают, отделяющийся от образца материал очищают щеткой, взвешивают и проверяют на прочность.

Таблица 3 - Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости

Метод	Вид бетона	Марки Б по морозостойкости и или число циклов, после которого проводят промежуточное испытание (над чертой) и число циклов, соответствующее марке Б по морозостойкости (под чертой)										
		5	7	10	15	20	30	40	50	60	800	1000
Ус ко ре н ны й	Вт ро ро й Все виды Б, кроме Б дорожных и аэродромных покрытий, Б конструкций, эксплуатирующ-я минерализован-й воде, и легких Б со ср плотностью менее D1500	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<u>8</u>	<u>1</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>75</u>	<u>110</u>	<u>150</u>	<u>200</u>	<u>300</u>	<u>450</u>

2.4. Обработка результатов экспериментальных испытаний

- Расчёт изменения массы образцов Δm , в процентах

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \tag{1}$$

где m - масса образца до ЗиО, г;

m_1 - масса образца после ЗиО, г.

- Определение ср. значения прочности $X_{ср}$ К и Ос образцов:

$$X_{\text{ср}} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2)$$

где X_i - прочность одного образца, МПа
 n - количество образцов

- Рассчитываем среднеквадратическое отклонение σ_n ГОСТ-18105:

$$\sigma_n = \frac{W_m}{\alpha} \quad (3)$$

где W_m - размах един. значений прочности Б в серии, определяемый как разность между max и min един. значениями прочности, МПа;

α - коэффициент, зависящий от числа един. значений прочности Б n в серии, получают по табл. 4.

Таблица 4 - Коэффициент α

Число единичных значений	2	3	4	5	6
Коэффициент	1,13	1,69	2,06	2,33	2,5

- Расчёт коэффициента вариации прочности V_m

$$V_m = \frac{\sigma_n}{X_{\text{ср}}} \quad (4)$$

- Нижнюю границу доверительного интервала для К образцов $X_{\text{min}}^{\text{I}}$ определяют по формуле

$$X_{\text{min}}^{\text{I}} = X_{\text{ср}}^{\text{I}} - t_{\beta} \sigma_n^{\text{I}} \quad (5)$$

и $X_{\text{min}}^{\text{II}}$ для Ос после ЗиО по формуле

$$X_{\text{min}}^{\text{II}} = X_{\text{ср}}^{\text{II}} - t_{\beta} \sigma_n^{\text{II}} \quad (6)$$

где t_{β} - критерий Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$, в зависимости от количества испытываемых образцов, принимаем по таблице 5.

Таблица 5 - Критерий Стьюдента

Число образцов n	4	5	6
Критерий Стьюдента t_{β}	3,182	2,776	2,570

Образцы считают выдержавшими проверку на М:

- если нижняя граница доверительного интервала, для Ос образцов после ЗиО, и для К соблюдается соотношение

$$X_{\text{min}}^{\text{II}} \geq 0,9 X_{\text{min}}^{\text{I}} \quad (7)$$

- Марку бетона по М определяют по таблице 3, с учетом числа циклов, где сохраняется соотношение (7),
- Потеря массы не более 2%, без трещин и шелушения.

- Снижение ср. прочности Б не превышает 15%.

Перед началом проверки образцов Б на М необходимо заполнить таблицу 6, указав исходные данные К и Ос образцов.

Таблица 6 - Исходные данные контрольных и основных образцов

Дата поступления образцов	Номер серии и маркировка образцов	Дата изготовления или отбора образцов	Размер образца, мм	Масса образца, г	Класс Б по прочности	Проектная марка Б по морозостойкости F	Подпись лица, принявшего образцы на испытание
1	2	3	4	5	6	7	8
	1						
	2						
	3						

Далее заполняют журнал испытаний образцов (табл. 7), включая результаты испытаний после обработки.

Таблица 7 - Журнал испытаний бетона на морозостойкость

№ Образца	Результаты испытаний образцов																				
	контрольных						основных														
							После промежуточных испытаний						После итоговых испытаний								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Дата испытаний,	Метод испытаний	Масса насыщен-о образца	Прочность при сжатии насыщ-о образца,	Ср прочность при сжатии насыщ-х образцов в серии МПа	Нижняя граница доверит-о интервала с коэффициентом МПа	Число циклов замораж-я и оттаив-я	Масса образца, г	Среднее уменьшение массы образцов, %	Наличие трещин, сколов, шелушения	Прочность при сжатии образца, МПа	Ср прочность при сжатии образцов в серии, МПа	Число циклов замораж-я и оттаивания	Масса образца, г	Среднее уменьшение массы образцов, %	Наличие трещин, сколов, шелушения	Прочность при сжатии образца, МПа	Ср прочность при сжатии образцов в серии,	Нижняя граница доверит-о интервала, МПа	Заключение о результатах испытаний	Подпись ответственного лица
1																					
2																					
3																					

Итак, рассмотрев морозостойкость бетона, как один из важнейших показателей качества бетона обеспечивающий долговечность бетонных конструкций, уточнены детали, дополнены некоторые нюансы методики экспериментального испытания образцов бетонного композита, вторым ускоренным методом. Испытания образцов бетонного композита, модифицированные разрабатываемой химической добавкой «L.O.C» на морозостойкость,

помогут обнаружить эффективность разрабатываемой добавки и для повышения морозостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аларханова З.З. Эффективность химической добавки «Л.О.С.» для бетонов// Вестник КНИИ РАН. Серия «Естественные и технические науки». 2022. № 2(10). С.32-38.
2. Аларханова З.З, Батаева П.Д, Ибрагимов И.Б. Влияние ПАВ – «Л.О.С» на свойства бетонных композитов//Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2022. Т. 18. № 3 (29). С. 5-13.
3. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K-S., Murtazaev S-A.U. Alarkhanova Z.Z. Goitemirov R.U. Mazhiev Kh.N. Khasbulatova Z.S. Bataeva P.D. Ways to improve properties of high-strength building polymer composites. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 905, 3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) 28-29 February 2020, Grozny, (WoS).
4. Несветаев Г.В., Корчагин И.В., Лопатина Ю.Ю., Халезин С.В. О морозостойкости бетонов с суперпластификаторами // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) [http:// naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf) (дата обращения.: 25.04.2023).
5. ГОСТ-10060-2012 / EN 12390-9:2006, NEQ. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ. М.: Стандартиформ, 2018.
6. Морозостойкость бетона, способы ее повышения. / Моргун А. Н./ morozostoykost-betona-sposoby-ee-povysheniya.pdf (дата обращения: 25.04.2023).

REFERENCES

1. Alarkhanova Z.Z. The effectiveness of the chemical additive "L.O.C." for concrete// Vestnik KNII RAS. The series "Natural and Technical Sciences". 2022. No. 2(10). Pp.32-38.
2. Alarkhanova Z.Z, Bataeva P.D, Ibragimov I.B. Influence of surfactant - "L.O.C" on the properties of concrete composites//Bulletin of GGNTU. Technical sciences. 2022. Vol. 18. No. 3 (29). Pp. 5-13.
3. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K-S., Murtazaev S-A.U. Alarkhanova Z.Z. Goitemirov R.U. Mazhiev Kh.N. Khasbulatova Z.S. Bataeva P.D. Ways to improve properties of high-strength building polymer composites. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 905, 3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) 28-29 February 2020, Grozny, (WoS).
4. Nesvetaev G.V., Korchagin I.V., Lopatina Yu.Yu., Khalezin S.V. On frost resistance of concretes with superplasticizers // Online journal "Science Studies" Volume 8, No. 5 (2016) [http:// naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN516.pdf) (accessed: 04.25.2023).
5. GOST-10060-2012 / EN 12390-9:2006, NEQ. METHODS FOR DETERMINING FROST RESISTANCE. M.: Standartinform, 2018.
6. Frost resistance of concrete, ways to increase it. / Morgun A. N./ morozostoykost-betona-sposoby-ee-povysheniya.pdf (accessed: 04.25.2023).

ЗАВИСИМОСТЬ МОЛЯРНОГО ОБЪЕМА И АДСОРБЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В РАСТВОРЕ

© Джамбулатов Роман Суламбекович (а), Хасбулатова Зинаида Сайдаевна (b)

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

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

(b) Чеченский государственный педагогический университет, Российская Федерация, г.
Грозный

Аннотация. Работа посвящена исследованиям объемных и поверхностных свойств водных растворов органических веществ. Объектами исследований являлись двойные системы (ацетон-вода; диоксан-вода) и трехкомпонентная система (ацетон-диоксан-вода). Измерения плотности позволили определить концентрационную зависимость молярных объемов органических компонентов в растворе. Значения поверхностного натяжения позволили определить максимальное увеличение поверхностной активности данных компонентов в водном растворе. Показано, что по мере роста концентрации органических компонентов происходит уменьшение величины поверхностного натяжения во всем диапазоне концентраций. Данное снижение наклона кривой в область составов указывает на то, что по мере увеличения концентрации органических веществ в поверхностном слое при определенных концентрациях, происходит насыщение поверхности раствора молекулами ПАВ. Проведенные расчеты адсорбции показали, что добавки органических соединений, в водных растворах проявляют значительную поверхностную активность и, как следствие, адсорбируются положительно.

Ключевые слова: Поверхностное натяжение, поверхностно-активные компоненты, поверхностная активность, адсорбция, молярный объем, плотность.

THE DEPENDENCE OF MOLAR VOLUME AND ADSORPTION ON THE CONCENTRATION OF ORGANIC COMPONENTS IN SOLUTION

© Dzhambulatov Roman Sulambekovich (a), Khasbulatova Zinaida Saidaeвна (b)

(a) Chechen state university named after A.A. Kadyrov, Russian federation, Grozny.
Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation,
Grozny; asldzam@mail.ru

(b) Chechen State Pedagogical University, Russian federation, Grozny

Abstract. The work is devoted to the study of volumetric and surface properties of aqueous solutions of organic substances. Dual systems (acetone-water; dioxane-water) and a three-component system (acetone-dioxane-water) were the objects of research. Density measurements made it possible to determine the concentration dependence of molar volumes of organic components in solution. Values of surface tension made it possible to determine the maximum increase of surface activity of these components in aqueous solution. It is shown that as the concentration of the organic components increases, the surface tension value decreases over the entire concentration range. This decrease in the slope of the curve in the range of compositions indicates that as the concentration of organic substances in the surface layer increases at certain concentrations, there is saturation of the surface of the solution with surfactant molecules. Calculations of adsorption have shown that the additives of organic compounds, in aqueous solutions exhibit significant surface activity and, as a consequence, adsorbed positively.

Key words: Surface tension, surface-active components, surface activity, adsorption, molar volume, density.

Введение

Для предсказания физических свойств многокомпонентных растворов, необходимо адекватно оценить влияние на эти свойства сложных органических компонентов, входящих в систему. Ключевыми свойствами, влияющие на физические свойства многокомпонентных систем, являются: вклад органических компонентов на объемные характеристики, поверхностное натяжение (ПН), адсорбционные процессы.

В то время как изучению влияния чистых органических соединений на объемные и поверхностные свойства бинарных растворов широко освещено в литературе, работ, посвященных влиянию трех- и многокомпонентных органических веществ на указанные свойства, в значительной степени меньше.

Изучение объемных свойств, поверхностной активности двойных и тройных растворов органических веществ остается важной областью исследований в физической химии. Подобные исследования актуальные для понимания технологических процессов, относящихся ко многим областям промышленности.

Теоретическая часть

Значения молярных объемов компонентов в растворе позволяют более точно описывать его термодинамическое поведение и предсказывать различные физические и химические свойства, такие как растворимость, экстракционные процессы, фазовые равновесия и др. Определение молярного объема может быть осуществлено экспериментально, по величине плотности, или с использованием теоретических моделей, (модель идеального раствора или модель регулярного раствора) [1].

В двойных растворах, состоящих из двух компонентов, молярный объем каждого компонента может изменяться в зависимости от характера их взаимодействия. Взаимодействие компонентов может приводить к образованию ассоциаций или взаимодействий между молекулами разных компонентов. Это может приводить к изменению молярного объема и термодинамических свойств раствора. Например, образование ассоциаций может приводить к уменьшению молярного объема и повышению кипящей точки раствора [4].

В многокомпонентных растворах, состоящих из трех или более компонентов, влияние молярного объема на термодинамические свойства становится более сложным из-за возможных взаимодействий между всеми компонентами. Взаимодействия между различными компонентами могут приводить к образованию комплексов или изменению структуры раствора. Это может повлиять на фазовое поведение раствора, такие как температура кристаллизации, коэффициенты активности и другие термодинамические свойства [11].

Величина ПН в двойных и многокомпонентных растворах оказывает значительное влияние на термодинамические свойства системы. Каждый компонент имеет своё собственное поверхностное натяжение, которое зависит от его химической природы. Взаимодействие компонентов в растворах может приводить к изменению ПН системы по сравнению с их значениями в чистом состоянии [3]. Взаимодействия между молекулами компонентов могут приводить к образованию межфазных пленок или смешанных монослоев на границе раздела фаз, что изменяет величину ПН системы. Изменение величины ПН приводит к различным термодинамическим эффектам, например: может влиять на равновесие между фазами, на адсорбцию или капиллярное давление. Взаимодействия на границе раздела фаз влияют на равновесие между парциальными давлениями компонентов и их активностями в растворе, что приводит к изменению фазовых равновесий, коэффициентов активности, селективность экстракции и др.

Определение ПН может быть осуществлено экспериментально, например, с помощью методов непосредственного измерения поверхностного натяжения или контактного угла [2,3]. Также существуют теоретические модели, которые позволяют оценить поверхностное натяжение системы на основе известных свойств компонентов и их взаимодействий [5,6].

Адсорбция играет важную роль на термодинамические свойства двух- и трехкомпонентных систем. Адсорбция в двух- и трехкомпонентных системах может приводить к изменению следующих термодинамических свойств:

- на равновесие между фазами: адсорбция одного компонента на поверхности может изменить равновесие между фазами. Например, если компонент адсорбируется на поверхности жидкости, это может привести к снижению его парциального давления, что влияет на фазовое равновесие системы;
- на растворимость: адсорбция одного компонента на поверхности может изменить его растворимость в другом компоненте. Например, адсорбция газа на поверхности жидкости может увеличить его растворимость в жидкости, что приводит к изменению коэффициента активности компонента;
- на сорбционную селективность: адсорбция одного компонента может быть предпочтительной по отношению к другим компонентам, что приводит к селективной адсорбции и разделению компонентов. Это может быть использовано в процессах сорбции и разделения, таких как хроматография и фильтрация;
- влияние на коэффициенты активности: адсорбция компонентов может изменить их коэффициенты активности в растворе. Это может быть связано с изменением взаимодействия между компонентами в растворе;

- на фазовые равновесия: адсорбция компонентов на поверхности может изменить фазовые равновесия в трехкомпонентной системе. Например, адсорбция одного компонента на поверхности может изменить парциальное давление этого компонента и его распределение между фазами, что влияет на фазовые равновесия системы;

- на сорбционную ёмкость: адсорбция компонентов может изменять сорбционную ёмкость поверхности. Это может быть связано с изменением площади поверхности, доступности активных центров или изменением взаимодействий между компонентами и поверхностью [9].

Результаты данного исследования актуальны для различных промышленных приложений, следовательно, настоящие исследования остаются актуальными направлениями исследований, чем и был обусловлен выбор темы настоящей работы.

В рамках решения поставленных задач исследования, в лаборатории общей физики Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова и лаборатории экспериментальной физики Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН, нами проведен цикл экспериментальных измерений по определению плотности и поверхностного натяжения трехкомпонентных водных растворов органических веществ.

Методы измерения

Концентрационная зависимость плотности определялась пикнометрическим методом [8] измерения плотности на DMA-48, (погрешность измерения не превышает $1 \cdot 10^{-3}$ г/см³)

Поверхностное натяжение исследуемых образцов измерены методом кольца Дю Нуи и пластины Вильгельми на тензиометре серии К-100 фирмы «KRUSS» (погрешность не более 1%) [10]. Для приготовления исследованных растворов использованы вещества класса чистоты «ЧДА».

Экспериментальная часть

Экспериментальные данные плотности позволили рассчитать молярные объемы системы ацетон-диоксан-вода по секущим разрезам =1:1 и боковым двойным концентрационного треугольника. Полученные данные представлены на рис. 2.

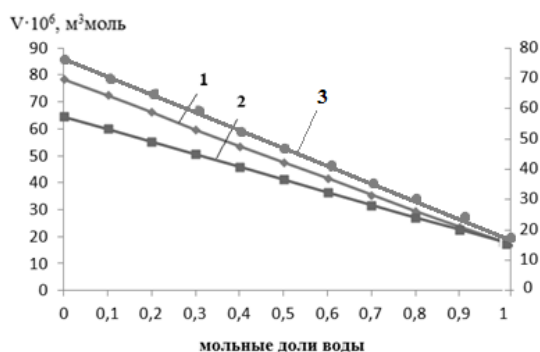


Рис 2. Зависимость молярного объема от концентрации воды в системе ацетон-диоксан-вода по секущим разрезам: изотерма 1 – ацетон-диоксан =1:1; изотерма 2 – ацетон-вода; 3 изотерма – диоксан-вода

Как видно из этого рисунка, изотермы молярного объема от концентрации воды во всем диапазоне концентраций имеют аддитивный характер. Независимо от состава боковых двойных концентрационного треугольника, наблюдается монотонное снижение молярных объемов по мере увеличения доли воды в тройной системе.

Поскольку для дальнейших теоретических расчетов адсорбции компонентов в растворе необходимы значения ПН боковых двойных концентрационного треугольника, нами экспериментально изучена концентрационная зависимость ПН по разрезам концентрационного треугольника с постоянным отношением молярных долей добавляемых к воде органических веществ (хац-н : х диок.= const) на рис. 3.

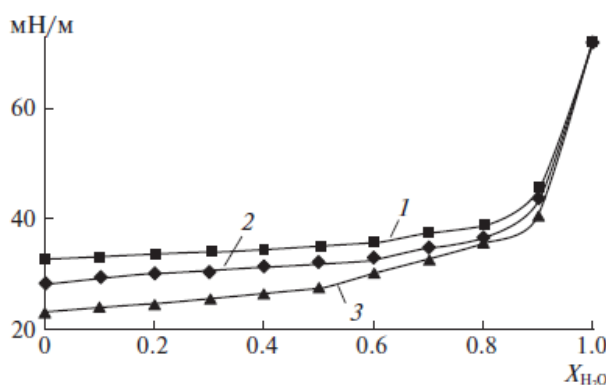


Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации воды системе: 1 – диоксан -вода; 2 –диоксан –ацетон-вода (диоксан –ацетон =1:1); 3 – ацетон-вода при 293 К.

Как видно по данным измерения σ разреза тройной системы диоксан -ацетон-вода (диоксан -ацетон =1:1) во всем диапазоне концентраций, на величину ПН воды оказывает влияние совокупная концентрация органических компонентов (диоксана и ацетона). Кроме того, изотерма ПН тройной системы по отношению к изотермам бинарных систем, занимает промежуточное положение, следовательно, органические компоненты в составе тройной системы диоксан-ацетон-вода, не усиливают поверхностную активность друг друга. При этом анализ представленных данных позволяет сделать вывод о том, что изотерма ПН тройной системы не имеет каких-либо особенностей относительно изотерм σ боковых двойных концентрационного треугольника.

Ввиду отсутствия данных по термодинамическим активностям изученных систем расчеты адсорбции проведены по формулам, полученным для идеальных растворов.

Для расчета адсорбции идеальных растворов автор [7] предложил следующее выражение:

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

где x_m – молярные доли i -компонента; $K_{ij} = \frac{x_i}{x_j} = const$;

$i, j \neq m$ – постоянная, которая определяет направление секущего разреза.

Согласно выражению (1) на основе экспериментальных данных нами проведены расчеты адсорбции (рис. 4).

Из уравнения (1) видно, что можно определить адсорбцию воды или адсорбцию всех органических компонентов раствора. Для расчета индивидуальных значений адсорбции компонентов необходима информация по зависимости ПН от состава по секущим разрезам, идущим к вершинам концентрационного треугольника, соответствующим чистым компонентам. На наш взгляд, необходимости в таких данных нет, поскольку по изотермам суммарной адсорбции можно получить полную информацию об адсорбционных процессах в изучаемой системе.

Таким образом, для тройной системы диоксан-ацетон-вода по разрезу $X_{\text{ац-н}} : X_{\text{диок}} = 1:1$ была изучена концентрационная зависимость суммарной адсорбции компонентов. Полученные результаты представлены на рис. 4.

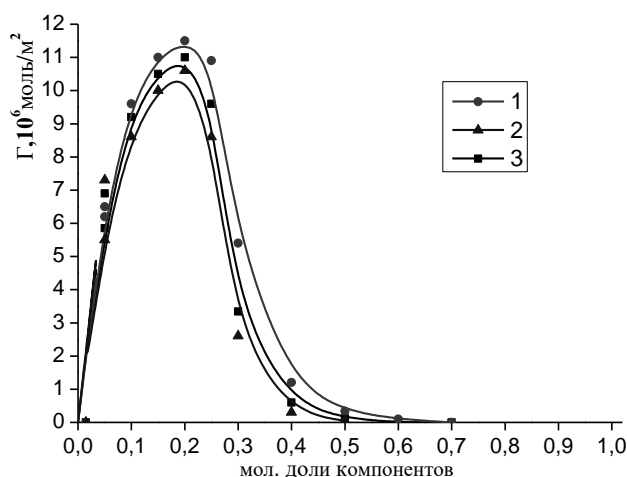


Рис. 4. Изотерма адсорбции компонентов в системе ацетон – диоксан – вода при 293 К. 1 – адсорбция ацетона в системе вода – ацетон; 2 – адсорбция диоксана в системе вода – диоксан; 3 – суммарная адсорбция ацетона и диоксана в тройной системе при изменении составов по сечениям $X_{\text{ац-н}} : X_{\text{диок}} = 1:1$

Выводы

Как видно из графика, суммарная адсорбция органических компонентов тройной системы положительна. Положительный характер адсорбции имеют изотермы и боковых двойных систем концентрационного треугольника (вода-ацетон и вода-диоксан). При этом важно отметить, что изотерма адсорбции по разрезу тройной системы качественно и количественно близка к изотермам адсорбции органических компонентов в боковых двойных системах, т.е. эти кривые в пределах погрешности совпадают.

Интересно отметить, что в области средних составов (0,5-0,6), адсорбция диоксана приближается к нулю. Дальнейшее увеличение содержания диоксана приводит к небольшой положительной адсорбции диоксана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулагатов И. М., Магомедов К. М., Базаев А. Р., Базаев Э. А. Парциальные молярные объемы углеводородов, растворенных в воде, находящейся в критическом состоянии // Журнал физической химии. 2001. Т. 75. № 2. С. 263-266.

2. Абразон А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение – 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1981. 304с.
3. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей. Л. Мир, 1979. 568с.
4. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия / В.В. Белик, К.И. Киенская. М.: Академия, 2008. 288с.
5. Дадашев Р.Х., Хоконов Х.Б., Элимханов Д.З., Дадашева З.И. Концентрационная зависимость поверхностного натяжения тройных систем. // ЖФХ. 2007. Т. 81, №6. С. 1-3.
6. Дадашев Р.Х. Прогнозирование физико-химических свойств многокомпонентных металлических расплавов // Расплавы. 1994. №6. С. 1-6.
7. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений. М.: Физматиздат, 2008. 278с.
8. Кивилис С.С. Плотномеры. М.: Энергия, 2003. 278 с.
9. Морачевский А. Г. Физическая химия: поверхностные явления и дисперсные системы: уч. пособие. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2015. 160с.
10. Официальный сайт фирмы «KRUSS». <http://www.kruss.de>.
11. Шукин Е. Д. Перцев А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия М.: Высшая школа, 2004. 444с.

REFERENCES

1. Abdulagatov I. M., Magomedov K. M., Bazaev A. R., Bazaev E. A. Partial molar volumes of hydrocarbons dissolved in water in the critical state // Journal of Physical Chemistry. 2001. Т. 75. № 2. С. 263-266.
2. 2.Abrazon A.A. Surface-active substances: Properties and application - 2nd ed. 304с.
3. 3.Adamson A.V. Physical Chemistry of Surfaces. Л.: Mir, 1979. 568с.
4. Belik V.V. Physical and colloidal chemistry / V.V. Belik, K.I. Kienskaya. Moscow: Academia, 2008. 288с.
5. Dadashev P.X., Kh.B. Khokonov, Elimkhanov D.Z., Dadasheva Z.I. Concentration dependence of surface tension of ternary systems. // ZHPH. 2007. Т. 81, №6. С. 1-3.
6. Dadashev R.Kh. Prediction of physical and chemical properties of multicomponent metallic melts // Melts. 1994. №6. С. 1-6.
7. Dadashev R.Kh. Thermodynamics of surface phenomena. Moscow: Fizmatizdat, 2008. 278с.
8. Kivilis S.S. Density meters. Moscow: Energia, 2003. 278 с.
9. Morachevsky A.G. Physical chemistry: surface phenomena and disperse systems: tutorial. - 2-nd ed. St. Petersburg: Lan', 2015. 160с.
10. Official website of the company "KRUSS". <http://www.kruss.de>.
11. Shchukin E. D. Pertsev A. V., Amelina E. A. Colloid chemistry M.: High School, 2004. 444с.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

© Джамбулатов Роман Суламбекович (а), Хасбулатова Зинаида Сайдаевна (b)

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

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Российская Федерация, Грозный

(b) Чеченский государственный педагогический университет, Российская Федерация, Грозный; asldzam@mail.ru

Аннотация. В работе обсуждаются результаты экспериментальных и теоретических исследований поверхностного натяжения четырехкомпонентных систем ацетон – этанол–диоксан – вода (1:1:1) и тройных систем: этанол–ацетон–вода (этанол–ацетон=1:1); диоксан–ацетон–вода (диоксан: ацетон =1:1). Измерения поверхностного натяжения проводились методом висящей капли, плотность – вибрационным методом. С целью выявления степени отклонения исследуемых растворов от идеальности были проведены расчеты поверхностного натяжения по уравнению изотерм поверхностного натяжения идеальных растворов. Полученные результаты показали, что с увеличением числа компонентов в растворе, теоретические кривые приближаются к экспериментальным, т.е. с увеличением числа компонентов растворы приближаются к идеальным. Такой результат свидетельствует о том, увеличением числа компонентов повышается хаос в расположении атомов. С другой стороны маловероятно, что в присутствии третьего, или четвертого компонента взаимодействие атомов и молекул бинарной системы увеличиться. Вероятнее взаимодействие между двумя атомами уменьшится в поле других компонентов. Следовательно, уменьшение межмолекулярного взаимодействия и повышение энтропии в многокомпонентных системах приводит к приближению раствора к идеальности.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, многокомпонентные растворы, поверхностные явления, поверхностная активность, органические вещества, методы измерения.

STUDIES OF THE CONCENTRATION DEPENDENCE OF THE SURFACE TENSION OF MULTICOMPONENT SOLUTIONS

© Dzhambulatov Roman Sulambekovich (a), Khasbulatova Zinaida Saidaeвна (b)

(a) Chechen state university named after A.A. Kadyrov, Russian Federation, Grozny.
Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny

(b) Chechen State Pedagogical University, Russian Federation, Grozny

Abstract. The paper discusses the results of experimental and theoretical studies of surface tension of four-component systems acetone-ethanol-dioxane-water (1:1:1) and triple systems: ethanol-acetone-water (ethanol-acetone=1:1); dioxane-acetone-water (dioxane: acetone=1:1). Measurements of surface tension were carried out by the method of hanging drop, density - by the vibrating method. In order to identify the degree of deviation of the studied solutions from ideality, calculations of surface tension were carried out by the equation of isotherms of surface tension of ideal solutions. The results showed that as the number of components in the solution increased, the theoretical curves approached the experimental curves, i.e., as the number of components increased, the solutions approached the ideal solutions. This result indicates that increasing the number of components increases the chaos in the arrangement of atoms. On the other hand, it is unlikely that in the presence of a third or fourth component, the interaction between atoms and molecules of the binary system will increase. It is more likely that the interaction between two atoms will decrease in the field of other components. Consequently, reduction of intermolecular interaction and increase of entropy in multicomponent systems leads to the solution approaching ideality.

Key words: surface tension, multicomponent solutions, surface phenomena, surface activity, organic substances, measurement methods.

Введение

Актуальность исследований поверхностных свойств многокомпонентных растворов органических веществ обусловлена необходимостью изучения и управления процессами, происходящими на границе раздела фаз, что имеет важное значение для различных отраслей промышленности, таких как фармацевтика, нефтехимия, пищевая промышленность и др. Кроме того, результаты исследования поверхностных свойств многокомпонентных растворов органических веществ необходимы при разработке новых материалов, таких как биокompозиты и наночастицы, полимеры, и смолы, краски и покрытия и т.д.

В последнее время активизировались исследования поверхностных явлений в системах, содержащих многокомпонентные композиции органических веществ [6,7]. Эти исследования направлены, прежде всего, на измерение поверхностного натяжения и плотности трехкомпонентных систем, содержащих воду, этанол и другие органические растворители, такие как бензол, гептан и ацетон. Кроме того, поверхностное натяжение (σ) является точно измеряемым свойством поверхности жидкости, концентрационная зависимость которой позволяет найти многие фундаментальные свойства поверхностного слоя практически важные свойства поверхности [2].

Процедура измерения

Плотности однородных жидких смесей, необходимых для определения величины поверхностного натяжения путем численного решения уравнения Лапласа, определялось с помощью вибрационного плотномера ВИП-2 МР [5] с контролем температуры ($\pm 0,01$ К). Точность измерения плотности этим прибором составляет $0,001$ г/см³

Для определения поверхностного натяжения водных гомогенных растворов применялся метод висящей капли. Экспериментальная установка и методика измерения поверхностного натяжения этим методом подробно рассмотрены в работах [1,3].

Профили капель, полученные из изображений висящих капель, анализировались с помощью программного обеспечения DSA-1, которое обеспечивает высококачественное выделение контуров и точный расчет поверхностного натяжения путем численного решения уравнения Лапласа. Температура внутри измерительной ячейки с образцом поддерживалась постоянной с помощью термостата.

Результаты вычисления случайной ошибки на основе большого массива экспериментальных данных по σ водных растворов органических веществ показали, что доверительный интервал измерения поверхностного натяжения при доверительной вероятности 0.95 равен $\pm 0,08$ (0,18–0,26 мН/м) [4].

Экспериментальная часть

Для построения изотерм поверхностного натяжения и плотности боковых двойных, тройных и четырехкомпонентной системы, экспериментально изучены температурные зависимости σ и плотности растворов различных составов. Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

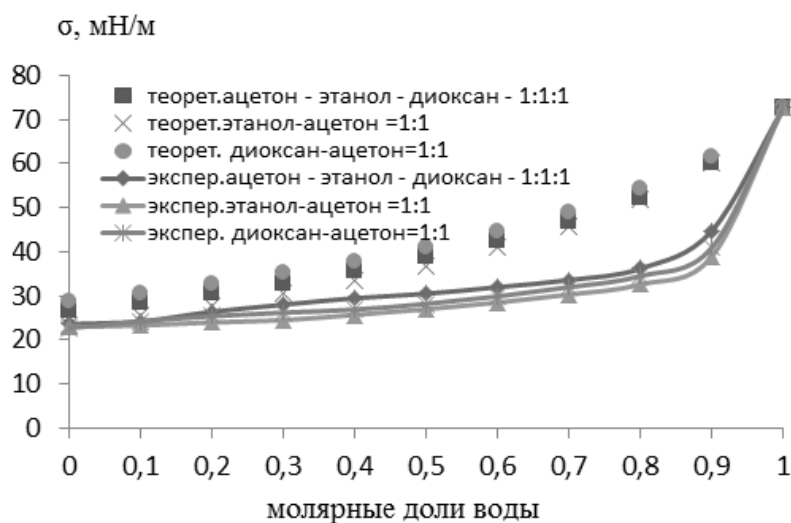


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения четырехкомпонентной системы ацетон – этанол – диоксан – вода (ацетон: этанол: диоксан =1:1:1).

Тройных систем: этанол–ацетон–вода (этанол–ацетон=1:1); диоксан–ацетон–вода (диоксан: ацетон=1:1) при 293 К

Как видно из этого рисунка, экспериментальные изотермы поверхностного натяжения четырехкомпонентной системы ацетон – этанол–диоксан – вода (1:1:1) и тройных систем: этанол–ацетон–вода (этанол–ацетон=1:1); диоксан–ацетон–вода (диоксан: ацетон=1:1) представляют собой гладкие кривые без экстремумов.

При этом чистые компоненты и их растворы понижают σ воды, т.е. проявляют поверхностную активность. Следовательно, поверхность тройных и четырехкомпонентных

растворов во всей области составов обогащены поверхностно-активными веществами. При этом изотермы σ имеют классический вид, т.е. при небольших концентрациях ПАВ интенсивно снижают σ растворов, а начиная с 0.1 молярной доли органических компонентов, снижение величины σ имеет монотонный характер.

Для сравнительного анализа на рисунке представлены изотермы σ по секущим разрезам тройных и четверной системы. Как видно из рисунка, изотермы σ по разрезам четверной системы занимают промежуточное положение между изотермами σ боковых двойных систем. Какие-либо новые особенности на изотермах σ экспериментально не выявлены.

Анализ полученных кривых изотерм σ системы четырехкомпонентной системы ацетон–этанол–диоксан–вода (1:1:1) подтверждает вывод о том, что изотермы σ по лучевым разрезам треугольника составов не содержат особенности не предсказуемые изотермами σ граничных двойных растворов.

Для анализа и обсуждения результатов выбраны типичные соотношения по лучевым разрезам образцов многокомпонентных систем. Для определения степени отклонения изотерм σ от идеальных кривых, нами проведены расчеты σ по теоретическому уравнению, полученному в предположении идеальности поверхностного слоя и объемной фазы. Как видно из графиков теоретические изотермы, полученные для идеальных растворов, расположены значительно выше экспериментальных. Как видно из представленного графика, с ростом концентрации ПАВ во всем интервале концентрации ПАВ в воде происходит монотонное снижение величины σ . При этом теоретические кривые в многокомпонентных растворах расположены несколько ближе к экспериментальным. Этот результат имеет определенное научное и практическое значение, однако для окончательных выводов необходимы дополнительные экспериментальные исследования.

Выводы

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что с увеличением числа компонентов в растворе, система стремится к идеальности. Этот эффект, прежде всего, связан с уменьшением межмолекулярных взаимодействий в многокомпонентных системах, что приводит к уменьшению отклонения от идеального поведения т.е. связан с термодинамической идеальностью растворов. Известно, что термодинамически идеальный раствор – это раствор, в котором межмолекулярные взаимодействия между различными компонентами отсутствуют. В реальных многокомпонентных системах межмолекулярные взаимодействия могут приводить к отклонениям от идеального поведения. Эти отклонения обычно проявляются в изменении термодинамических свойств раствора, таких как давление насыщенных паров, коэффициенты активности и поверхностное натяжение. Однако, можно предположить, что с увеличением числа компонентов в растворе, попарные межмолекулярные взаимодействия между компонентами боковых бинарных систем уменьшаются с добавлением третьего и четвертого компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений. М.: Физматиздат, 2008. 278 с.
3. 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.
4. Дадашев, Р. Х. Джамбулатов Р. С. О методических особенностях и ошибках измерения поверхностного натяжения водных суспензий // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2022. Т. 22, № 4. С. 57-66. DOI 10.47928/1726-9946-2022-22-4-57-66.
5. Инструкция вибратационного плотномера ВИП-2МР. Режим доступа: www.labteh.com
6. Mirjana Lj. Kijevcanin, Ines S. A. Densities, Viscosities, and Surface and Interfacial Tensions of the Ternary Mixture Water + Ethyl Butyrate + Methanol at 303.15 K / J. Chem. Eng. 2003.N48. Pp. 1266-1270
7. Santos, B. M. S.; Ferreira, A. G. M.; Fonseca, I. M. A. Surface and Interfacial Tensions of the Systems Water+n-Butyl Acetate+Methanol and Water+n-Pentyl Acetate+Methanol at 303.15 K. / Fluid Phase Equilib. 2003. N 208. Pp 1-21.

REFERENCES

1. Dadashev R.Kh. Measurement of surface tension by the method of a hanging drop on tensiometer DSA-100 / R.Kh. Dadashev, R.S. Dzhambulatov, D.Z. Elimkhanov // Proceedings of KRCI RAS. KNII RAS. Grozny, 2012. № 5. Pp. 3-7.
2. Dadashev R.Kh. Thermodynamics of surface phenomena. Moscow: Fizmatizdat, 2008. 278 p.
3. Dadashev R.Kh. Installation for Research of Surface Properties of the Phase Interface Boundary (DSA-100) / R.Kh. Dzhambulatov, R.S., D.Z. Elimkhanov // Bulletin of Academy of Sciences of CR. Grozny, 2011. №1. Pp. 13-17.
4. Dadashev, R. Kh. S. On the methodological features and errors in measuring the surface tension of aqueous suspensions // Reports of the Adyghe (Circassian) International Academy of Sciences. 2022. Т. 22, № 4. Pp. 57-66. DOI 10.47928/1726-9946-2022-22-4-57-66.
5. Instruction of the vibration density meter VIP-2MR. Access mode: www.labteh.com
6. Mirjana Lj. Kijevcanin, Ines S. A. Densities, Viscosities, and Surface and Interfacial Tensions of the Ternary Mixture Water + Ethyl Butyrate + Methanol at 303.15 K / J. Chem. Eng. 2003.N48. Pp.1266-1270
7. Santos, B. M. S.; Ferreira, A. G. M.; Fonseca, I. M. A. Surface and Interfacial Tensions of the Systems Water+n-Butyl Acetate+Methanol and Water+n-Pentyl Acetate+Methanol at 303.15 K. / Fluid Phase Equilib. 2003. N 208. Pp 1-21.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ

© Меликова Афаг Ярдым гызы

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

Аннотация. Белковые молекулы играют незаменимую роль в процессе жизнедеятельности живых организмов. В живых организмах протеины (белки) выполняют целый ряд стратегических функций, в частности, каталитическую (ферментативную), структурную, защитную, регуляторную, сигнальную, транспортную, резервную. Для исследования структуры белков используют различные физико-химические методы анализа, среди которых особо следует выделить спектроскопические методы. В представленной работе автором осуществлен анализ результатов научных исследований в области определения структуры белковых молекул методами спектроскопии. Показано, что для определения белков, количественной оценки их содержания в составе различных органических субстратов, а в ряде случаев определения типа конформации белков спектроскопические методы исследования играют очень важную роль. В работе описано применение спектроскопии ядерно-магнитного резонанса, спектрофотометрии, УФ- и рамановской спектроскопии и других видов спектроскопического анализа для определения белковых молекул. Отмечены факторы, оказывающие влияние на протекание аналитических исследований, а также назначение каждого отдельного типа спектроскопического анализа.

Ключевые слова: спектроскопия, белковые молекулы, протеины, ядерно-магнитный резонанс, спектрофотометрия, круговой дихроизм.

APPLICATION OF SPECTROSCOPIC METHODS TO STUDY PROTEIN MOLECULES

© Melikova Afag Yardym

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; doctor of philosophy
in chemistry, Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances,

Abstract. Protein molecules play an indispensable role in the life of living organisms. In living organisms, proteins (proteins) perform a number of strategic functions, in particular, catalytic (enzymatic), structural, protective, regulatory, signaling, transport, reserve. To study the

structure of proteins, various physicochemical methods of analysis are used, among which spectroscopic methods should be highlighted. In the presented work, the author analyzed the results of scientific research in the field of determining the structure of protein molecules by spectroscopy methods. It has been shown that spectroscopic research methods play a very important role in determining proteins, quantifying their content in various organic substrates, and in some cases determining the type of protein conformation. The paper describes the use of nuclear magnetic resonance spectroscopy, spectrophotometry, UV and Raman spectroscopy and other types of spectroscopic analysis for the determination of protein molecules. The factors influencing the course of analytical studies, as well as the purpose of each individual type of spectroscopic analysis, are noted.

Key words: spectroscopy, protein molecules, proteins, nuclear magnetic resonance, spectrophotometry, circular dichroism.

Спектроскопические методы исследования играют очень важную, а иногда и незаменимую роль для определения структуры органических соединений, и в частности, белковых молекул. С помощью этих методов удается осуществить анализ конформации белков, определить их количественное содержание, а также выявить тип спирали белковых молекул. В этой работе нами показаны результаты исследований в области определения структуры белков посредством спектроскопических методов анализа

1) спектрофотометрия

Этот метод основан на изучении спектров поглощения молекул в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—760 нм) и инфракрасной (>760 нм) областях спектра. Так, в работе [1] представлен сравнительный анализ методик спектрофотометрического определения общего белка с различными органическими красителями бромкрезоловым зеленым, бромфеноловым синим и пирогалловым красным в биологических жидкостях. Показано, что результаты определения с различными красителями могут различаться из-за особенностей взаимодействия реагентов с компонентами биологических жидкостей. Предложен новый органический реагент бромпирогалловый красный, обладающий равной чувствительностью к разным белковым фракциям (альбуминам и глобулинам) и обеспечивающий минимальную погрешность определения общего белка при клинических исследованиях с использованием градуировочных растворов различного состава. Разработана и апробирована на реальных образцах мочи и сыворотки крови методика определения общего белка в биологических жидкостях.

Разработка сенсорных методов анализа белковых образцов представляет большой интерес для биотехнологии, фармакологии и диагностики [2]. Доступные традиционные биохимические анализы имеют ограничения по времени и экономической эффективности. Напротив, оптические методы, такие как спектрофотометрия, могут предложить интересную возможность неинвазивного и непрерывного мониторинга. В этой работе предлагается основанный на спектрофотометре метод идентификации различных конформационных состояний p53, редокс-чувствительного белка, участвующего в нескольких патофизиологических процессах. Образцы, содержащие три различных структурных состояния p53 (p53 дикого типа, денатурированный p53 и окисленный p53), исследовали с помощью спектрофотометра в диапазоне длин волн от 185 до 1400 нм. для обнаружения различий в поглощении

света. Состояние разворачивания окислительно-восстановительных продуктов р53 было дополнительно изучено с помощью вольтамперометрии с удалением серебра на основе метки. Результаты спектрофотометрического анализа показали разные пики поглощения на разных длинах волн для каждой конформации, что указывает на возможность использования этого метода для различения различных протестированных окислительно-восстановительных продуктов р53. Кроме того, эти результаты, по-видимому, хорошо подтверждаются тестом на основе метки аффинности связывания. В целом исследование позволило заявить о возможности идентифицировать различные конформационные состояния р53 с помощью этого простого и неинвазивного метода, тем самым уменьшив сложность процедур, используемых в обычных методах.

2) ультрафиолетовая спектроскопия

Показано [3], что гем служит простетической группой многочисленных белков, участвующих в окислительном метаболизме. В результате различных патологических состояний, связанных с гемолизом или повреждением тканей, большое количество гемопротеинов и гема может высвободиться внеклеточно. Внеклеточный гем оказывает выраженное патогенное действие при гемолитических заболеваниях, опосредованное его прооксидантной и провоспалительной активностью. Патогенный потенциал гема наиболее выражен, когда молекула находится в несвязанной с белком форме. Патологическое значение свободного гема считает необходимым разработать надежные подходы к его оценке. В этой работе авторы разработали метод, основанный на спектроскопии поглощения в УФ-видимой области, где цистеин использовался в качестве спектроскопического зонда, чтобы отличить гем, связанный с белками плазмы, или гемоглобин от свободного гема. Этот метод позволил оценить гем-связывающую способность сыворотки человека, определенных белков, удаляющих гем (альбумин, гемопексин), или иммуноглобулинов. Основное преимущество предлагаемого подхода заключается в том, что он позволяет отличить свободный гем от гема, связанного с белками с широким диапазоном сродства. Описанная стратегия может быть использована для оценки гем-связывающей способности плазмы или сыворотки человека после внутрисосудистого гемолиза или для оценки стехиометрии взаимодействия гема с данным белком.

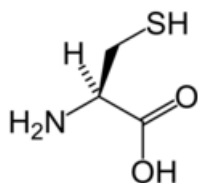


Рис.1. Цистеин

В работе [4] отмечается, что ученые больше не привязаны к трудоемкому и подверженному ошибкам использованию коэффициентов разбавления и измерений с фиксированной длиной оптического пути при определении концентрации белка в растворе. Используя метод наклонной спектроскопии, система *Solo VPE* предлагает новый метод определения концентрации белкового анализата, основанный на законе Бера-Ламберта и наклоне, полученном из измерений поглощения, выполненных на нескольких длинах оптического пути.

Измерение концентрации солюбилизованного белка в растворе является важным анализом в биохимических научно-исследовательских лабораториях для приложений, варьирующихся от ферментативных исследований до предоставления данных для выпуска биофармацевтических партий [5]. Спектрофотометрические количественные анализы белка — это методы, в которых используется УФ и видимая спектроскопия для быстрого определения концентрации белка по отношению к стандарту или с использованием заданного коэффициента экстинкции. Если необходимо измерить несколько образцов и/или объем и концентрация образца ограничены, можно использовать препараты красителя *кумасси*, обычно известные как анализ Бредфорда.

3) рамановская спектроскопия

Этот метод используется для определения колебательных мод молекул и вибрационных мод в твёрдых телах, а также для определения вращательных и другие низкочастотных мод систем. Спектроскопию комбинационного рассеяния использовали для изучения термической денатурации трех различных белков: бычьего сывороточного альбумина (БСА), лизоцима, овальбумина; и температуры разложения трех аминокислот, L-глутамина, L-цистеина и L-аланина; все они использовались в виде лиофилизированных порошков. Все наблюдаемые в полученных спектрах полосы КР регистрировались и анализировались при заданных температурах нагрева. Результаты, полученные как для температуры денатурации белка T_D , так и для температур разложения аминокислот T_{M-dc} , сравнивали с данными, измеренными с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Результаты ДСК и КР были дополнительно подтверждены термогравиметрическим анализом (ТГА) в случае белков. Это исследование показало почти полное совпадение в определении этих температур перехода между тремя методами, что свидетельствует о применимости рамановской спектроскопии при изучении температур денатурации и разложения белков и аминокислот.



Рис. 2. а – глутамин; б – аланин

В работе [8] 26 белков различной структуры, функции и свойств исследованы с помощью рамановской спектроскопии с лазерными линиями 488, 532 и 1064 нм. Линии возбуждения были выбраны в ближнем ИК и видимом диапазонах как наиболее распространенные и демонстрирующие разницу за счет нормального и резонансного эффекта, иногда сопровождаемого флуоресценцией. Отобранные белки были разделены в соответствии со структурной классификацией белков на четыре класса в соответствии с их вторичной структурой, т. е. α -спиральные (α), β -листовые (β), смешанные структуры (α/β , $\alpha + \beta$, s) и другие. Для всех соединений представлены FT-Raman и два видимых спектра вместе с подробным распределением полос. Авторы сообщают, что это первый обзор, показывающий потенциал рамановской спектроскопии для измерения и анализа такой большой коллекции отдельных белков.

Рамановская спектроскопия с усилением поверхности (SERS) является мощным инструментом для структурной характеристики биомолекул в физиологических условиях [9]. Благодаря своей высокой чувствительности и селективности SERS полезен для исследования внутренней структурной информации белков и привлекает все большее внимание в биофизике, биоаналитической химии и биомедицине. Этот обзор начинается с краткого введения теории SERS и методологии SERS для структурной характеристики белков. SERS-активные материалы, связанные с ними синтетические подходы и стратегии сборки белковых материалов изложены и обсуждены, после чего следует подробное обсуждение SERS-спектроскопии белков с кофакторами и без них. Затем освещаются недавние применения и достижения белка SERS в обнаружении биомаркеров, анализе клеток и распознавании патогенов, а также критически обсуждаются спектральная воспроизводимость и ограничения. Обзор завершается подведением итогов и обсуждением актуальных проблем и перспектив передовых направлений.

Показано [9], что белки являются неотъемлемой частью организмов и участвуют практически во всех процессах внутри клеток. Рамановская спектроскопия может быть мощным инструментом для характеристики модифицированных аминокислот и белков. В дополнение к возможности получения количественных результатов, он предлагает то преимущество, что не требует какой-либо пробоподготовки. Этот обзор посвящен приложениям для анализа белков, опубликованным в период 2010–2014 гг.

Способность современной биотехнологии производить новые или модифицированные белки опережает современное понимание взаимосвязи между структурой белка и функцией белка [10]. Инфракрасная спектроскопия с улучшенным разрешением и спектроскопия комбинационного рассеяния — превосходные неразрушающие методы исследования вторичной структуры белков в самых разных условиях. Методы дают быстрые и надежные оценки доли спиральной структуры, β -цепей и поворотов белков в растворе, в виде гелей или твердых веществ. Эти методологии также могут обнаруживать тонкие изменения в конформации белка, которые часто возникают при изменении биомолекулярного окружения. В частности, можно изучать структурные изменения, возникающие в результате изменений pH, ионной силы, природы растворителя и взаимодействия с другими молекулами или ионами. В первой части этой статьи кратко рассмотрены различные важные аспекты этих методов. В следующей части описывается применение к структурным проблемам казеина и других пищевых белков.

Еще одна обзорная работа [11] посвящена применению рамановской спектроскопии в процессе изучения структуры белков.

4) терагерцовая спектроскопия

Терагерцовая спектроскопия во временной области (ТГц-TDS) развивалась с конца 1980-х годов, когда были успешно генерированы и обнаружены импульсы электромагнитного излучения на терагерцовых частотах во временной области. Это изобретение позволило исследовать область $3\text{--}50\text{ см}^{-1}$ ($0,1\text{--}1,5\text{ ТГц}$). Раньше эту часть электромагнитного спектра было трудно исследовать с помощью спектроскопии дальнего инфракрасного диапазона, поскольку мощность обычных источников света в этой области слаба. THz-TDS использует фемтосекундные импульсные лазеры видимого диапазона в сочетании с полупроводниковым материалом, таким как арсенид галлия, для генерации терагерцового им-

пульса, который позволяет проводить анализ дальнего инфракрасного диапазона с временным пикосекундным разрешением и определение показателя преломления. Эта технология была широко принята сообществом физической химии, и в 2000 г. были предприняты первые попытки анализа белков и ДНК. Первоначальные результаты для белков характеризовались монотонным увеличением поглощения с увеличением частоты, что можно было интерпретировать ансамбль инфракрасных активных коллективных мод. Эти ранние терагерцовые спектры, хотя и не содержащие дискретных пиков, побудили исследовательские группы по всему миру попытаться найти применение этой новой технологии в области химии белков. Более старая область дальней ИК- спектроскопии также оживилась, поскольку она перекрывала спектральный диапазон ТГц-ТДС (от 50 см^{-1} до 100 см^{-1}) и обеспечивала детализацию спектров, следующую за спектрами, проанализированными ТГц-ТДС. В этой статье [12] рассмотрены последние исследования белков и пептидов с использованием THz-TDS, р-германиевых лазеров ($75\text{--}85\text{ см}^{-1}$) и дальней инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье ниже 350 см^{-1} .

5) масс-спектрометрия

В этом методе основой для измерения служит ионизация компонентов, позволяющая физически различать компоненты на основе характеризующего их отношения массы к заряду и, измеряя интенсивность ионного тока, производить отдельный подсчёт доли каждого из компонентов. В работе [13] описан метод «мягкой» ионизации: EESI накапливает заряды на нативных белках, которые отделены от любого сильного электрического поля. Таким образом, нативные белки могут быть охарактеризованы с помощью масс-спектрометрии даже из сырых биологических образцов без существенных конформационных изменений или снижения активности. EESI-MS - это чувствительный инструмент для высокопроизводительного анализа следовых количеств белков в нативных условиях.

Сообщается [14], что масс-спектрометрия является незаменимым инструментом для анализа пептидов и белков благодаря своей скорости, чувствительности и универсальности. Его можно использовать для определения аминокислотных последовательностей пептидов и для характеристики широкого спектра пост-трансляционных модификаций, таких как фосфорилирование и гликозилирование. Масс-спектрометрию также можно использовать для определения абсолютных и относительных количеств белков, а также для идентификации и количественного определения тысяч белков из сложных образцов, что делает ее чрезвычайно мощным инструментом для исследований системной биологии. Основные цели этой работы — познакомить химиков и биологов, занимающихся пептидной и белковой химией, с типами масс-спектрометров, которые подходят для большинства их аналитических задач, описать виды экспериментов, которые можно проводить с этими приборами на регулярной основе.

6) спектроскопия ядерно-магнитного резонанса

Белковые полимеры присутствуют в каждом препарате клеточных стенок растений, и они мешают характеристике и количественному определению лигнина. В этой работе [15] сообщается о структурной характеристике пиков остаточного белка в спектрах 2D ЯМР в образцах початков кукурузы и кенафа и отмечается, что ароматические аминокислоты широко распространены и проявляются в спектрах различных других растений и тканей. Корреляции ароматических аминокислотных остатков были идентифицированы и обозначены

как фенилаланин и тирозин. Пик корреляции фенилаланина 3/5 наложен на пик от типичного лигнина р-гидроксифенильные (Н-звенья) структуры, вызывающие переоценку Н-звеньев. Белковое загрязнение происходит также при использовании целлюлаз для получения ферментативных лигнинов из практически не содержащих белков образцов древесины. Авторы использовали протеазу для удаления белковых остатков из клеточных стенок, измельченных в шаровой мельнице, и смогли более четко выявить структуры Н-единиц в лигнинах в 2D-ЯМР-спектрах, что обеспечило лучшую основу для их оценки.

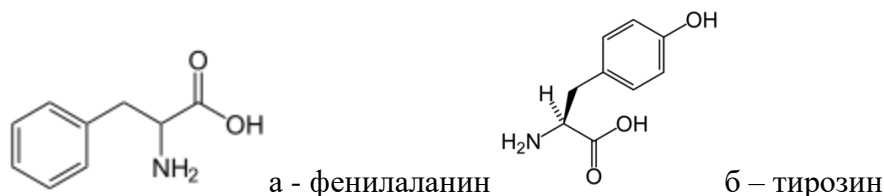


Рис. 3. а – фенилаланин; б – тирозин

В работе [16] сообщается, что структурная биология прошла долгий путь с момента первого появления многомерного ЯМР. Диполь-дипольное взаимодействие между двумя пространственно замкнутыми спинами обеспечивает мощный инструмент для исследования трехмерной (3D) структуры макромолекул, таких как белки. Однако основной задачей для макромолекул является определение химических сдвигов ЯМР всех сигналов исследуемого белка. В этой работе представлены различные эксперименты трехмерного ЯМР с тройным резонансом, посвященные отнесению сигналов ЯМР к структуре белкового остова. Кроме того, эксперименты по корреляции в пространстве, а именно NOESY, ROESY и HOESY, представлены с подробной информацией о преимуществах и ограничениях каждого из них. Основная сила ЯМР заключается в получении молекулярных структур в естественных условиях и подробной информации о молекулярной динамике в различных временных масштабах. Подробная характеристика субнаносекундных сегментарных движений в белках была охарактеризована задолго до появления первой структуры раствора с помощью ЯМР. Представлена основная концепция определения структуры и объяснения динамики белка в разных временных масштабах. Также авторами освещены методологии ЯМР, касающиеся описания конформаций белков и переходных состояний, жизненно важных для макромолекулярных функций. представлена основная концепция определения структуры и объяснения динамики белка в различных временных масштабах.

В еще одной работе [17] сообщается, что ЯМР-спектроскопия играет важную роль в определении структуры и динамики белков и других биологических макромолекул. Химические сдвиги являются наиболее легко и точно измеряемыми параметрами ЯМР, и они с большой специфичностью отражают конформации нативных и ненативных состояний белков. Авторы показывают 11 примеров белков, представляющих основные структурные классы и содержащих до 123 остатков, что можно использовать химические сдвиги в качестве структурных ограничений в сочетании с обычным силовым полем молекулярной механики для определения конформаций белков с разрешением 2 ангстрем или выше.

7) другие виды спектроскопии

В работе [18] представлены методы разработки спектроскопических факторов непосредственно из спектров кругового дихроизма белков с использованием разложения по син-

гулярным числам в небольшой базе данных. Для характеристики базы данных выбраны четыре спектра максимальной спектральной изменчивости. Эти выбранные белковые спектры затем факторизуются по сингулярным значениям в составные спектры, которые собираются как сравнительные векторные характеристики, используемые в качестве факторных фракций. Необходимая стандартизация для сравнения достигается с помощью нормированных на единицу спектров. Эти спектры используются для количественной оценки неопределенностей параметров в качестве средства сравнения. Разница между спектром подгонки и спектром данных для каждого белка анализируется методом наименьших квадратов, чтобы получить неопределенности параметров из-за модели.

Описан высокочувствительный и избирательный по молекулярному размеру метод обнаружения белков с использованием гетеролигандных наносторожков золота и локализованного поверхностного плазмонного резонанса (LSPR). Два разных гетеролиганда с разной длиной цепи (3-меркаптопионовая кислота и декантиол) были использованы при изготовлении наносторожков для размерно-зависимого разделения белка по сравнению с его агрегатом. Их соотношения на золотых наносторожках были оптимизированы для чувствительного обнаружения супероксиддисмутазы (SOD1). Этот белок вовлечен в патологию бокового амиотрофического склероза (БАС). При воздействии на оптимизированный наносторожок золота раствора SOD1 и его агрегатов наблюдались изменения в спектрах LSPR, которые объясняются селективным по размеру и ковалентным химическим связыванием SOD1 с наносторожками. При нижнем пределе обнаружения 1,0 нг/мл метод может быть использован для селективного обнаружения SOD1 в присутствии агрегатов на молекулярном уровне.

Таким образом, из приведенного обзора результатов исследований в области применения спектроскопических методов исследования для определения структуры белковых молекул можно сделать вывод о том, что эти методы являются весьма эффективными методами анализа белковых молекул и ежегодный рост сообщений и исследовательских работ в этой области свидетельствует о высокой значимости спектроскопических методов анализа для химии белков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anisimovich P.V., Pochinok T.B., Tokareva F.V. Spectrophotometric determination of proteins in biological fluids // *Journal of Analytical Chemistry*. 2017. Vol. 72. Pp. 1212-1218.
2. Abdullah S., Serpelloni M., Tonello S., Sardini E. Spectrophotometer measurements to characterize conformational state of the proteins: p53 analysis // *IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications*. 2018. Pp.73-75.
3. Noe R., Bozinovic N., Lecerf M., Lacroix-Desmazes S. Use of cysteine as a spectroscopic probe for determination of heme-scavenging capacity of serum proteins and whole human serum // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2019. Vol. 172, N 5. Pp. 311-319.
4. Huffman S., Soni K., Ferraiolo J. UV-vis based determination of protein concentration: Validating and implementing slope measurements using variable pathlength technology // *BioProcess International*. 2014. Vol. 12, N 8. Pp. 123-128.
5. Noble J. Quantification of protein concentration using UV absorbance and Coomassie dyes // *Methods Enzymol.* 2014. Vol. 536. Pp. 17-26.

6. Ojeda-Galvan H.J., Hernandez-Artega A.C., Rodriquez-Aranda M.C., Toro-Vasquez J.F. Application of Raman spectroscopy for the determination of proteins denaturation and amino acids decomposition temperature // *Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spectrosc.* 2022. Vol. 285, N 1. Pp. 121941-121953.
7. Riqua A., Maizner K., Marzec K., Kaczor A. Raman spectroscopy of proteins: a review // *Journal of Raman Spectroscopy.* 2013. Vol. 44, N 8. pp. 1061-1076
8. Linjun C., Fang C., Tang J., Cheng Q. Label-Free Surface-Enhanced Raman Spectroscopic Analysis of Proteins: Advances and Applications // *Inter. J. Mol. Sci.* 2022. Vol. 23, N 22. Pp. 13868-13879.
9. Bunaciu A.A., Aboul-Enein H.Y., Hoang V.D. Raman Spectroscopy for Protein Analysis // *Applied Spectroscopy Reviews.* 2015. Vol. 50, N 5. Pp. 377-386.
10. Byler D.M., Susi H. Application of computerized infrared and Raman spectroscopy to conformation studies of casein and other food proteins // *Journal of Industrial Microbiology.* 1988. Vol. 3, Pp. 73-88.
11. Mungicar A., Kamat M. Use of in-line Raman spectroscopy as a non-destructive and rapid analytical technique to monitor aggregation of a therapeutic protein // *American Pharmaceutical Review.* 2010. Vol. 13, N 7. Pp. 78-83.
12. Falconer R. Terahertz spectroscopy's application to protein chemistry // *Spectroscopy Europe/World.* 2012. Vol. 24, N 2. Pp. 12-14.
13. Huanwen C., Shuiping Y., Ming L., Bin H. Sensitive Detection of Native Proteins Using Extractive Electrospray Ionization Mass Spectrometry // *Angewandte Chemie International Edition.* 2010. Vol. 49, N 17. Pp. 3053-3056.
14. Zhang G., Annan R.S., Carr S., Neubert T. Overview of peptide and protein analysis by mass spectrometry // *Curr. Protoc. Protein Sci.* 2010. Vol. 16, N 1. Pp. 16-23.
15. Hoon K., Padmakshan D., Rencoret J. Hatfield R. Characterization and Elimination of Undesirable Protein Residues in Plant Cell Wall Materials for Enhancing Lignin Analysis by Solution-State Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy // *Biomacromolecules.* 2017. Vol. 18, N 12. Pp. 4184-4195.
16. Chandra K., Emwas A.H., Al-Harathi S., Zeyad A-T. Theory and Applications of NMR Spectroscopy in Biomolecular Structures and Dynamics of Proteins // *NMR Spectroscopy for Probing Functional Dynamics at Biological Interfaces.* 2022. N 3. Pp. 1-28.
17. Cavalli A., Salvatella X., Dobson C., Vendruscolo M. Protein structure determination from NMR chemical shifts // *Prot. Natl. Acad. Sci. USA.* 2007. Vol. 104, N 23. Pp. 9615-9620.
18. Haner D. Selection and Analysis of Protein Circular Dichroism Spectra Using an Expansion of Spectral Factors // *Open Access Library Journal.* 2020. Vol. 7, N 12. Pp. 1-17.
19. Hong S., Suseung L., Jongheop Y. Sensitive and molecular size-selective detection of proteins using a chip-based and heteroliganded gold nanoisland by localized surface plasmon resonance spectroscopy // *Nanoscale Res Lett.* 2011. Vol. 6, N 1. Pp. 336-342.

REFERENCES

1. Anisimovich P.V., Pochinok T.B., Tokareva F.V. Spectrophotometric determination of proteins in biological fluids // *Journal of Analytical Chemistry.* 2017. Vol. 72. Pp. 1212-1218.

2. Abdullah S., Serpelloni M., Tonello S., Sardini E. Spectrophotometer measurements to characterize conformational state of the proteins: p53 analysis // *IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications*. 2018. Pp.73-75.
3. Noe R., Bozinovic N., Lecerf M., Lacroix-Desmazes S. Use of cysteine as a spectroscopic probe for determination of heme-scavenging capacity of serum proteins and whole human serum // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2019. Vol. 172, N 5. Pp. 311-319.
4. Huffman S., Soni K., Ferraiolo J. UV-vis based determination of protein concentration: Validating and implementing slope measurements using variable pathlength technology // *BioProcess International*. 2014. Vol. 12, N 8. Pp. 123-128.
5. Noble J. Quantification of protein concentration using UV absorbance and Coomassie dyes // *Methods Enzymol.* 2014. Vol. 536. Pp. 17-26.
6. Ojeda-Galvan H.J., Hernandez-Arteaga A.C., Rodriquez-Aranda M.C., Toro-Vasquez J.F. Application of Raman spectroscopy for the determination of proteins denaturation and amino acids decomposition temperature // *Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spec-trosc.* 2022. Vol. 285, N 1. Pp. 121941-121953.
7. Riquela A., Maizner K., Marzec K., Kaczor A. Raman spectroscopy of proteins: a review // *Journal of Raman Spectroscopy*. 2013. Vol. 44, N 8. pp. 1061-1076
8. Linjun C., Fang C., Tang J., Cheng Q. Label-Free Surface-Enhanced Raman Spectroscopic Analysis of Proteins: Advances and Applications // *Inter. J. Mol. Sci.* 2022. Vol. 23, N 22. Pp. 13868-13879.
9. Bunaciu A.A., Aboul-Enein H.Y., Hoang V.D. Raman Spectroscopy for Protein Analy-sis // *Applied Spectroscopy Reviews*. 2015. Vol. 50, N 5. Pp. 377-386.
10. Byler D.M., Susi H. Application of computerized infrared and Raman spectroscopy to conformation studies of casein and other food proteins // *Journal of Industrial Microbiol-ogy*. 1988. Vol. 3, Pp. 73-88.
11. Mungicar A., Kamat M. Use of in-line Raman spectroscopy as a non-destructive and rapid analytical technique to monitor aggregation of a therapeutic protein // *American Pharmaceutical Review*. 2010. Vol. 13, N 7. Pp. 78-83.
12. Falconer R. Terahertz spectroscopy's application to protein chemistry // *Spectroscopy Europe/World*. 2012. Vol. 24, N 2. Pp. 12-14.
13. Huanwen C., Shuiping Y., Ming L., Bin H. Sensitive Detection of Native Proteins Using Extractive Electrospray Ionization Mass Spectrometry // *Angewandte Chemie International Edition*. 2010. Vol. 49, N 17. Pp. 3053-3056.
14. Zhang G., Annan R.S., Carr S., Neubert T. Overview of peptide and protein analysis by mass spectrometry // *Curr. Protoc. Protein Sci.* 2010. Vol. 16, N 1. Pp. 16-23.
15. Hoon K., Padmakshan D., Rencoret J. Hatfield R. Characterization and Elimination of Undesirable Protein Residues in Plant Cell Wall Materials for Enhancing Lignin Analysis by Solution-State Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy // *Biomacromolecules*. 2017. Vol. 18, N 12. Pp. 4184-4195.
16. Chandra K., Emwas A.H., Al-Harathi S., Zeyad A-T. Theory and Applications of NMR Spectroscopy in Biomolecular Structures and Dynamics of Proteins // *NMR Spectroscopy for Probing Functional Dynamics at Biological Interfaces*. 2022. N 3. Pp. 1-28.
17. Cavalli A., Salvatella X., Dobson C., Vendruscolo M. Protein structure determination from NMR chemical shifts // *Prot. Natl. Acad. Sci. USA*. 2007. Vol. 104, N 23. Pp. 9615-9620.

18. Haner D. Selection and Analysis of Protein Circular Dichroism Spectra Using an Expansion of Spectral Factors // Open Access Library Journal. 2020. Vol. 7, N 12. Pp. 1-17.
19. Hong S., Suseung L., Jongheop Y. Sensitive and molecular size-selective detection of proteins using a chip-based and heteroliganded gold nanoisland by localized surface plasmon resonance spectroscopy // Nanoscale Res Lett. 2011. Vol. 6, N 1. Pp. 336-342.

МЕТОДЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИПТОФАНА

© Магеррамова Латафат Муса гызы (а), Джафарова Нахида Али гызы (b),
Сулейманова Эльмира Исмаил гызы (с)

(а) Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджана, г. Баку; кандидат химических наук, преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ»

(b) Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджана, г. Баку; кандидат химических наук, преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ»

(с) Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджана, г. Баку; кандидат химических наук, преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ»

Аннотация. Триптофан представляет собой аминокислоту, из которой в организме синтезируются ниацин (витамин В) и серотонин. Последний участвует в мозговых процессах, управляет аппетитом, сном, настроением и болевым порогом. Триптофан является естественным релаксантом, который помогает бороться с бессонницей, вызывая нормальный сон; помогает бороться с состоянием беспокойства и депрессии; помогает при лечении головных болей при мигренях; укрепляет иммунную систему; уменьшает риск спазмов артерий и сердечной мышцы; вместе с Лизином борется за понижение уровня холестерина. В Канаде и во многих странах Европы назначается в качестве антидепрессанта и снотворного. Триптофан обладает различными физиологическими функциями и играет очень важную роль в организме человека и животных. Поэтому необходима разработка новых и усовершенствование уже известных эффективных физико-химических методов определения триптофана в лабораториях и в промышленном масштабе.

Ключевые слова: физические методы исследования, триптофан, аминокислоты, рацемические смеси, энантиомеры, спектрофотометрия

METHODS OF PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS FOR DEFINITIONS OF TRYPTOPHAN

© Magerramova Latafat Musa (a), Kafarova Nakhida Ali (b),
Suleymanova Elmira Ismayil (c)

(a) Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; doctor of philosophy in chemistry, Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances

(b) Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; doctor of philosophy in chemistry, Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances

(c) Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku; doctor of philosophy in chemistry, Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of Inorganic Substances

Abstract. Tryptophan is an amino acid from which niacin (vitamin B) and serotonin are synthesized in the body. The latter is involved in brain processes, controls appetite, sleep, mood and pain threshold. Tryptophan is a natural relaxant that helps fight insomnia by inducing normal sleep; helps fight anxiety and depression; helps in the treatment of migraine headaches; strengthens the immune system; reduces the risk of spasms of arteries and heart muscle; together with Lysine, it fights to lower cholesterol levels. In Canada and in many European countries, it is prescribed as an antidepressant and sleeping pill. Tryptophan has various physiological functions and plays a very important role in the human and animal body. Therefore, it is necessary to develop new and improve already known effective physicochemical methods for the determination of tryptophan in laboratories and on an industrial scale.

Key words: physical research methods, tryptophan, amino acids, racemic mixtures, enantiomers, spectrophotometry

Триптофан (β -(β -индолил)- α -аминопропионовая кислота, Trp) представляет собой ароматическую альфа-аминокислоту. Существует в двух оптически изомерных формах - L и D, и в виде рацемата (рацемической смеси) (DL). L-триптофан является протеиногенной аминокислотой и входит в состав белков всех известных живых организмов. Относится к ряду гидрофобных аминокислот, поскольку содержит ароматическое ядро индола. Участвует в гидрофобных и стэкинг-взаимодействиях.

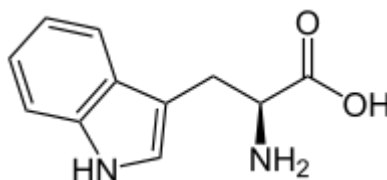


Рис. 1. Триптофан

Впервые триптофан был выделен в 1890 г. из пищеварительного фермента трипсина немецким химиком Рихард Ноймайстером.

Триптофан является биологическим прекурсором серотонина и ниацина. Часто гиповитаминоз по витамину B₃ сопряжён с недостатком триптофана. Также триптофан является биохимическим предшественником индольных алкалоидов. Учитывая высокое биологическое значение триптофана, разработка эффективных методов его определения в биологических объектах представляет важный как научный, так и практический интерес. В продолжении исследований в области разработки методов определения белковых молекул и аминокислот [1-3], в этой работе нами представлен обзор результатов научных исследований в области определения триптофана различными физико-химическими методами анализа. Так, в работе [4] разработан новый спектрофотометрический метод определения со-

держания триптофана в белковых гидролизатах. В качестве реагента используется сульфат дифениламина, который окисляется до дифенилбензидинсульфокислоты после реакции с нитритом натрия в среде серной кислоты. Нестабильный продукт окисления быстро реагирует с нитритом натрия с образованием диазотированного промежуточного продукта. Когда диазотированный промежуточный продукт сочетается с триптофаном, образуется продукт розового цвета, который стабилен в течение не менее 1 часа при температуре окружающей среды. Этот окрашенный продукт имеет максимум поглощения при 522 нм и молярную абсорбционную способность $0,89 \cdot 10^4$ л/(моль·см). Закон Бера соблюдается в диапазоне 0,30–12 мг/мл. Метод применен для анализа содержания триптофана в белковых гидролизатах белого амура. Кроме того, его сравнивают с анализом высокоэффективной жидкостной хроматографии с обращенной фазой. Метод прост, быстр и точен по сравнению с предыдущими методами.

В работе [5] сообщается, что триптофан является незаменимой аминокислотой, которая участвует в различных биологических процессах и ежедневном здоровье человека. По мере того, как важные функции Трп становятся все более очевидными, его измерение становится все более важным в различных ситуациях. В этой работе авторы улучшили цветную реакцию Трп на основе реакции Хопкинса-Коула и разработали простой колориметрический метод определения Трп с использованием нескольких различных реагентов, включая пентагидрат гипохлорита натрия и глутамат натрия. Метод обнаружения может быть выполнен с использованием безопасных материалов, а не обычных токсичных веществ, и вызывает изменение малинового цвета с пиком поглощения при 525 нм, что позволяет количественно определить Трп с помощью простой спектрофотометрии всего за 10 минут. Этот анализ показал линейный диапазон обнаружения от 10 до 100 мг/л ($R^2 = 0,9996$). Среднее восстановление в спинномозговой жидкости с добавлением колебалось от 90,5% до 104,3% с относительным стандартным отклонением от 0,27% ($n = 3$, 29,40 мг/л Трп) до 1,19% ($n = 3$, 72,90 мг/л Трп). Этот новый спектрофотометрический метод может позволить многим исследователям и лаборантам обнаруживать Трп в различных растворах образцов без дорогостоящих аналитических инструментов или сложных операций.

Описан новый спектрофотометрический метод количественного определения триптофана и тирозина в пептидах и белках [6]. Он основан на двух специфических цветных реакциях: реакции триптофана с формальдегидом и реакции тирозина и триптофана с гидроксиламином и катионами церия. Комбинацией этих двух реакций можно одновременно определять и тирозин, и триптофан. Тирозин и/или триптофан, связанные в пептидах и/или белках, реагируют независимо от остальной части молекулы пептида или белка. Метод прост, точен и чувствителен. Гидролиз не требуется.

Предложен новый спектрофотометрический метод определения триптофана (Трп) [7]. Чувствительный и простой метод был основан на том, что NaNO_2 и Трп образуют диазотированный продукт в среде азотной кислоты и что продукт приобретает ярко-пурпурный цвет при связывании с дигидрохлоридом N-(1-нафтил) этилендиамина (NEDA), который был стабилен не менее 40 мин. Максимум поглощения наблюдался при 550 нм, а кажущаяся молярная поглощательная способность составляла $8,48 \times 10^3$ л/моль см. Линейная зависимость поглощения от концентрации Трп позволила провести чувствительное количественное определение Трп в диапазоне 1–20 мкг/мл а предел обнаружения составил 0,5 мкг/мл. Метод был успешно применен для определения L-Трп в системе ферментативного

разделения DL-N-ацетилтриптофана. Относительные стандартные отклонения ($n=6$) и извлечения составили 0,97–2,21% и 97,5–101,3% соответственно. Точность нового метода была подтверждена результатами капиллярного электрофореза. Кроме того, исследование интерференции показало, что DL-N-ацетилтриптофан (субстрат), CoCl_2 (активатор) и другие распространенные аминокислоты не оказывали заметного влияния на определение Тгр.

Осуществлено быстрое и точное разделение бинарных смесей триптофана и тирозина [8]. Дифференциально-производная спектрофотометрия с методом измерения пересечения нуля использовалась для количественного определения триптофана и тирозина в лабораторно приготовленных смесях. Ни предварительной обработки образца, ни разделения не требовалось. Линейные калибровочные графики дифференциальной второй производной значения были (при 222,4 и 217,9 нм для триптофана и тирозина, соответственно) в зависимости от концентрации в диапазонах 0,1–20,0 и 1,0–50,0 мкг/мл, а линейность была удовлетворительной ($r = 0,9987$ и $r = 0,9997$), для триптофана и тирозина соответственно) менее 1,03%, что указывает на достаточную воспроизводимость метода. Результаты, полученные предложенным методом были статистически сравнены с помощью t-критерия Стьюдента и F-критерия отношения дисперсии, при этом показано хорошее согласие результатов.

В работе [9] показано спектрофотометрическое определение триптофана и тирозина в белках.

Разработан упрощенный метод анализа триптофана (Тгр) и его метаболитов в плазме крови человека с использованием тандемной масс-спектрометрии жидкостной хроматографии с ионизацией электрораспылением [10]. Тгр и его метаболиты обладают различными химическими свойствами, но не имеют общей функциональной группы для дериватизации. Используя колонку с пентафторфенилом с обращенной фазой (PFP) для разделения методом жидкостной хроматографии, Тгр и его 15 метаболитов (3-гидроксиантраниловая кислота, 3-гидроксикинуренин, 3-индолуксусная кислота, 5-гидроксииндол-3-уксусная кислота, 5-гидрокси-L-триптофан, антраниловая кислота, индол-3-молочная кислота, кинуренин, кинуреновая кислота, мелатонин, никотиновая кислота, пиколиновая кислота, хинолиновая кислота, серотонин и ксантуруеновая кислота) были успешно разделены в течение 15 мин без дериватизации. биомаркер воспаления и часто оценивается с метаболитами Тгр в нескольких отчетах, также может быть одновременно проанализирован. С помощью этого метода Тгр и его метаболиты были обнаружены с хорошей чувствительностью и селективностью без дериватизации и твердофазной экстракции. Метод был валидирован в этом исследовании, показывая, что относительное стандартное отклонение 14 метаболитов Тгр было $<15\%$, а точность была в пределах $100\% \pm 20\%$, за исключением никотиновой кислоты. Диапазон количественного определения был оптимизирован до 0,0150–100 мкМ, охватывающий концентрацию метаболитов Тгр в организме человека.

Отмечается [11], что триптофан является ключевым компонентом многих биологических процессов и незаменимой аминокислотой в продуктах питания и кормах. Анализ содержания триптофана в белках или белковосодержащих матрицах всегда был сложной задачей. В этой работе авторы показали, что подготовка образцов перед анализом триптофана может быть значительно упрощена, а затраты времени сокращены за счет использования аскорбиновой кислоты в качестве антиоксиданта для устранения проблемы деградации триптофана во время щелочного гидролиза. В сочетании с разделением с помощью ВЭЖХ

и детектированием с помощью одноквадрупольной масс-спектрометрии это позволяет сократить время анализа до 10 минут. Щелочной гидролизат, полученный в представленном авторами методе, может быть объединен с окисленным гидролизатом, полученным при измерении содержания серосодержащих аминокислот, таким образом, по существу обеспечивая два анализа за время одного.

Для определения энантиомерного состава триптофана (Тгр) был предложен метод, сочетающий флуоресцентную спектроскопию, химию «гость-хозяин» и регрессию основных компонентов (ПЦР) [12]. С помощью флуоресцентной спектроскопии измерено хиральное взаимодействие между энантиомерами триптофана и бычьим сывороточным альбумином (БСА), играющим роль хирального селектора. ПЦР использовали для моделирования количественной связи между полученными спектральными данными флуоресценции и энантиомерным составом Тгр. Для проверки предлагаемого метода использовались перекрестная проверка с исключением одного и внешняя проверка. Результаты показывают, что метод применим для количественного определения энантиомерного состава Тгр. Кроме того, метод показывает высокую чувствительность. Когда было 2,50 мкмоль/л Тгр в растворах точно определен энантиомерный состав триптофана.

Флуоресцентные свойства остатков триптофана чувствительны к микроокружению флуорофоров в белках. Поэтому характеристики флуоресценции широко используются для изучения структурных переходов в белках [13]. Однако расшифровка структурной информации из спектроскопических данных является сложной задачей. В этой работе представим обзор подходов, разработанных для разложения спектров флуоресценции многокомпонентного белка триптофана и корреляции этих спектральных параметров со структурными свойствами белка.

Отмечается [14], что триптофан — незаменимая аминокислота, которая не может быть синтезирована человеком и животными, но должна поступать из экзогенных источников, особенно с пищей. Масса пищевого ТРП поступает для синтеза белков организма. Среди белковых продуктов молочные белки обеспечивают относительно высокое количество ТРП. В этой работе предложен быстрый хроматографический метод определения ТРП в йогурте, с использованием обращенно-фазовой колонки с флуоресцентным детектированием (280 нм E_x ; 360 нм E_m), Линейный градиент элюции ацетонитрила в воде позволил провести анализ ТРП за 8,0 мин. Предел обнаружения и предел количественного определения метода составили 0,011 нг/мкл и 0,029 нг/мкл, соответственно, используя 5-метил-1-триптофан в качестве внутреннего стандарта. Аналитический метод был успешно применен к коммерческим йогуртам из разных видов животных, а значения ТРП колебались от 35,19 до 121,97 мг/100 г (козий и коровий йогурт греческого типа соответственно).

В работе [15] авторы оценили оптическое поведение триптофана в присутствии наночастиц золота различного диаметра (5, 10 и 20 нм) и концентраций (в диапазоне 0,2-1,4 мкМ). Результаты показали, что как поглощение, так и флуоресценция триптофана сильно зависят от размера и концентрации наночастиц. Однако при анализе флуоресценции и поглощения было обнаружено противоположное поведение. Результаты показали, что поглощение усиливалось в присутствии наночастиц золота, в то время как флуоресценция подавлялась наночастицами.

Канари (*Canarium indicum L.*) — местное растение Индонезии, произрастающее в основном в восточной части Индонезии, особенно на островах Малуку, Северный Сулавеси

и Серам. Ранее никаких научных отчетов о содержании L-триптофана в *Canarium indicum* не проводилось. Поэтому данное исследование [16] было проведено для определения присутствия и количественного определения ароматической аминокислоты (L-триптофана) в гидролизате белка канари спектрофлуориметрическим методом. Гидролизат белка готовили двумя способами гидролиза: ферментативным и щелочным гидролизом. L-триптофан можно дифференцировать от тирозина напрямую, без использования какого-либо реагента, путем возбуждения образца при 295 нм, чтобы избежать эмиссии тирозина. Уравнение корреляции калибровочной кривой с использованием стандарта в диапазоне 0,5-5 ppm составило $y = 6632,3x - 845,42$ и коэффициент корреляции 0,9997, а коэффициент дисперсии линейной регрессии составил 1,29%. Полученные предел обнаружения и предел количественного определения составили 0,116 м.д. и 0,35 м.д. соответственно. Восстановление точности теста было получено в диапазоне 95-96%. Относительное стандартное отклонение тестов прецизионности внутри анализа было получено в диапазоне 0,5-1,8%, а промежуточная прецизионность в диапазоне 2,18-3,74%. L-триптофан был обнаружен во всех образцах (папаин, пепсин и щелочной гидролизат) в концентрациях 5,6, 5 и 1,53 мг/100 мг белка соответственно. Используемый флуорометрический метод соответствовал требованиям валидации и может быть использован для анализа L-триптофана в образцах, содержащих тирозин, без перекрытия спектров и без использования какого-либо специфического реагента.

Триптофан и его метаболиты выполняют важные биологические функции в организме человека. Молоко является важным источником триптофана. В работе [17] авторы разработали метод определения уровней триптофана и 12 метаболитов в молоке. Аналиты были извлечены с использованием процедуры QuEChERS (быстрая, простая, дешевая, эффективная, прочная и безопасная) и проанализированы методом жидкостной хроматографии-тандемной масс-спектрометрии с ионизацией электрораспылением. Предложенный метод показал подходящую точность (стандартное отклонение $\leq 10,31\%$) и высокую чувствительность (пределы количественного определения находились в пределах от 0,05 до 5 нг/мл). Извлечения находились в диапазоне от 44 до 126%. Наконец, разработанный метод был успешно применен для сравнения содержания триптофана и его метаболитов в 4-х молочных продуктах, произведенных разными способами: пастеризованном молоке, ультрапастеризованном молоке, сухом молоке и йогурте. Результаты частичного дискриминантного анализа методом наименьших квадратов (PLS-DA) показали, что в соответствии с используемым здесь методом можно четко различать различные типы переработанного молока. Определенные уровни триптофана и метаболитов в молоке могут дать новый ориентир для оценки молока.

L-триптофан является чрезвычайно важной аминокислотой для множества биологических функций в живых организмах. В работе [18] авторы смогли измерить изменения концентрации L-триптофана при включении в гранулы с полиэтиленом в качестве носителя. Изменения были измерены как по характеристическим полосам поглощения связей C11 и C12 в низком терагерцовом диапазоне частот, так и по изменениям показателя преломления, где гранулы с более высокими концентрациями L-триптофана показали более высокие показатели преломления. Объемная концентрация L-триптофана в гранулах полиэтилена была точно определена с помощью простой модели, которая объясняет вклад в комплексный показатель преломления полученного образца из-за двух составных материалов.

Эти измерения показывают, что методы терагерцовой временной области могут применяться для быстрого обнаружения изменений в концентрации определенных аминокислот путем изучения относительной фазовой задержки и изменения амплитуды терагерцовых переходных процессов.

Для определения триптофана, кинуренина и кинуреновой кислоты в сыворотке человека был разработан быстрый и высокопроизводительный метод жидкостной хроматографии-тандемной масс-спектрометрии (ЖХ-МС/МС). Биологические образцы перед разделением осаждали метанолом на Agilent Eclipse XDB-C18. Внутренние стандарты, меченные стабильными изотопами (кинуренин- $^{13}\text{C}_4\text{ }^{15}\text{N}$ и кинурениновая кислота-d₅) использовались для количественной оценки. Детекцию проводили с помощью мониторинга множественных реакций в режиме ионизации электрораспылением при m/z 205,1→188,1 для триптофана, m/z 209,1→146,1 для кинуренина, m/z 190,1→144,1 для кинурениновой кислоты. Хорошая линейность соотношений площадей пиков аналита и внутреннего стандарта наблюдалась в диапазоне концентраций 1 000–50 000 нг/мл для триптофана, 100–5 000 нг/мл для кинуренина и 1–60 нг/мл для кинурениновой кислоты. Объединенную человеческую сыворотку без лекарств очищали с использованием активированного угля, и было показано, что метод является линейным с параметрами валидации в допустимых пределах. Недавно разработанный метод был успешно использован для определения концентрации триптофана, кинуренина и кинуреновой кислоты в сыворотке крови 26 здоровых добровольцев и 54 больных депрессией [19].

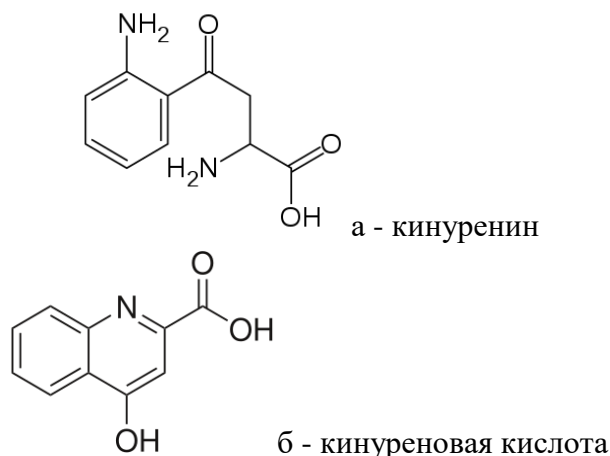


Рис. 2. а – кинуренин; б – кинуреновая кислота

Качественная протеиновая кукуруза (QPM) имеет приблизительно вдвое более высокие концентрации триптофана (Trp) и лизина (Lys) в белке по сравнению с обычной кукурузой. Поскольку несколько генетических систем контролируют качество белка QPM, важно регулярно контролировать Trp и/или Lys в программах разведения QPM. Цель исследования [20] состояла в том, чтобы оценить возможности метода NIRS в определении содержания триптофана в QPM, которые повышают эффективность исследований QPM, частично заменяя более дорогой и трудоемкий анализ, 268 образцов кукурузы были использованы для разработки моделей NIRS для содержания триптофана. Стандартная ошибка (SEC) и коэффициент детерминации для калибровки составили 0,007 и 0,76 соответ-

ственно. Когда модель NIRS была подвергнута внешней проверке с использованием 40 линий S2 из племенных популяций QPM, стандартная ошибка прогноза (SEP) для проверки и коэффициент детерминации между NIRS и химическими данными составляли 0,008 и 0,84 соответственно. Таким образом, результат подтверждает, что модель NIRS является эффективным инструментом для скрининга QPM из обычной кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулейманова Э.И. Применение метода спектрофотометрии для определения аминокислот // Вестник Башкирского Государственного Университета. 2023. № 1. С. 100-105.
2. Сулейманова Э.И. Применение потенциометрического метода в биомедицине // Вестник Башкирского Государственного Педагогического Университета. 2022. № 1. С. 166-174.
3. Сулейманова Э.И. Определение органических соединений в лекарственных препаратах методом экстрактивной спектрофотометрии // Вестник Башкирского Государственного Педагогического Университета. 2022. № 2. С. 237-243.
4. Ren J., Zhao M., Wang J. Spectrophotometric Method for Determination of Tryptophan in Protein Hydrolysates // Food Technology and Biotechnology. 2007. Vol. 45. N 4. Pp. 360-366.
5. Hosokawa Sh., Morinishi T., Ohara K., Yamaguchi K. A spectrophotometric method for the determination of tryptophan following oxidation by the addition of sodium hypochlorite pentahydrate // PLOS One. 2023. Vol. 18. N 1. Pp. 3-10.
6. Chrastil J. Spectrophotometric determination of tryptophan and tyrosine in peptides and proteins based on new color reactions // Anal Biochem. 1986. Vol. 158. N 2. Pp. 443-446
7. Wentao Y., Zhang H., Chen G., Chunyan T. Novel Method for Spectrophotometric Determination of L-Tryptophan in the Enzymatic Resolution of DL-N-Acetyl-Tryptophan // Microchimica Acta. 2004. Vol. 146. Pp. 285-290.
8. Jihad R.M. Simultaneous determination of tryptophan and tyrosine in binary mixture by zero-crossing second derivative spectrophotometry // J. of University of Anbar for pure science. 2010. Vol.4. N. 1. Pp 1-7.
9. Edelhoch H. Spectroscopic Determination of Tryptophan and Tyrosine in Proteins // Biochemistry. 1967. Vol. 6. N 7. Pp. 1948-1954.
10. Karakawa S., Nishimoto R., Harada M., Arashida N. Simultaneous Analysis of Tryptophan and Its Metabolites in Human Plasma Using Liquid Chromatography–Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry // Chromatography. 2019. Vol. 40. N 3. Pp. 127-133.
11. Cour R., Jorgensen H., Schioerring J. Improvement of Tryptophan Analysis by Liquid Chromatography-Single Quadrupole Mass Spectrometry Through the Evaluation of Multiple Parameters // Frontiers in Chemistry. 2019. Vol. 7. Pp. 121-128.
12. Long J., Deng Q., Wang Y., Hua L. Determination of Enantiomeric Composition of Tryptophan by Fluorescence Spectroscopy Combined with Principal Component Regression // Analytical Letters. 2013. Vol. 46. N 5. Pp. 831-843.
13. Hixon J., Reshetnyak Y.K. Algorithm for the Analysis of Tryptophan Fluorescence Spectra and Their Correlation with Protein Structural Parameters // Algoritms. 2009. Vol. 2. N 3. Pp. 1155-1176.

14. Ritota M., Manzi P. Rapid Determination of Total Tryptophan in Yoghurt by Ultra High Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection // *Molecules*. 2020. Vol. 25. Pp. 5025-5064.
15. Silva G., Fernandes J., Caires R. Size-Dependent Interaction of Gold Nanoparticles with Tryptophan: A Spectroscopic Analysis // *Bio-Optics – Design and Application*. 2015. Vancouver. Canada. 131 p.
16. Nugrahani I., Abotbina I., Apsari C., Gusdinar T. Spectrofluorometric determination of L-tryptophan in canary (*Canarium indicum* L.) seed protein hydrolysate // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2020. Vol. 10. N 1. Pp. 4780-4785.
17. Meicheng S., Cheng Y., Zhang C., Huaxing W. Determination of the levels of tryptophan and 12 metabolites in milk by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with the QuEChERS method // *Journal of Dairy Products*. 2020. Vol. 103. N 11. Pp. 1-13.
18. Ozep Z., Seher G., Severcan F. Concentration-Based Measurement Studies of L-Tryptophan Using Terahertz Time-Domain Spectroscopy (THz-TDS) // *Applied Spectroscopy*. 2014. N 1. Pp. 23-32.
19. Jun X., Fang X., Qing J., Xiao L. A Simple HPLC–MS/MS Method for Determination of Tryptophan, Kynurenine and Kynurenic Acid in Human Serum and its Potential for Monitoring Antidepressant Therapy // *Journal of Analytical Toxicology*. 2017. Vol. 41. N 1. Pp. 37-44.
20. Shiferaw L., Tsegay G., Asamenew G. Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the determination of tryptophan content in quality protein maize (QPM) // *International Journal of Development Research*. 2016. Vol. 6. N 11. Pp. 10262-10264.

REFERENCES

1. Suleymanova E.I. Application of the spectrophotometry method for the determination of amino acids // *Bulletin of Bashkir State University*. 2023. No. 1. Pp. 100-105.
2. Suleymanova E.I. Application of the potentiometric method in biomedicine // *Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University*. 2022. No. 1. Pp. 166-174.
3. Suleymanova E.I. Determination of organic compounds in medicinal preparations by extraction spectrophotometry // *Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University*. 2022. No. 2. Pp. 237-243.
4. Ren J., Zhao M., Wang J. Spectrophotometric Method for Determination of Tryptophan in Protein Hydrolysates // *Food Technology and Biotechnology*. 2007. Vol. 45. N 4. Pp. 360-366.
5. Hosokawa Sh., Morinishi T., Ohara K., Yamaguchi K. A spectrophotometric method for the determination of tryptophan following oxidation by the addition of sodium hypochlorite pentahydrate // *PLOS One*. 2023. Vol. 18. N 1. Pp. 3-10.
6. Chrastil J. Spectrophotometric determination of tryptophan and tyrosine in peptides and proteins based on new color reactions // *Anal Biochem*. 1986. Vol. 158. N 2. Pp. 443-446.
7. Wentao Y., Zhang H., Chen G., Chunyan T. Novel Method for Spectrophotometric Determination of L-Tryptophan in the Enzymatic Resolution of DL-N-Acetyl-Tryptophan // *Microchimica Acta*. 2004. Vol. 146. Pp. 285-290.

8. Jihad R.M. Simultaneous determination of tryptophan and tyrosine in binary mixture by zero-crossing second derivative spectrophotometry // J. of University of Anbar for pure science. 2010. Vol.4. N. 1. Pp 1-7.
9. Edelhoch H. Spectroscopic Determination of Tryptophan and Tyrosine in Proteins // Biochemistry. 1967. Vol. 6. N 7. Pp. 1948-1954.
10. Karakawa S., Nishimoto R., Harada M., Arashida N. Simultaneous Analysis of Tryptophan and Its Metabolites in Human Plasma Using Liquid Chromatography–Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry // Chromatography. 2019. Vol. 40. N 3. Pp. 127-133.
11. Cour R., Jorgensen H., Schioerring J. Improvement of Tryptophan Analysis by Liquid Chromatography-Single Quadrupole Mass Spectrometry Through the Evaluation of Multiple Parameters // Frontiers in Chemistry. 2019. Vol. 7. Pp. 121-128.
12. Long J., Deng Q., Wang Y., Hua L. Determination of Enantiomeric Composition of Tryptophan by Fluorescence Spectroscopy Combined with Principal Component Regression // Analytical Letters. 2013. Vol. 46. N 5. Pp. 831-843.
13. Hixon J., Reshetnyak Y.K. Algorithm for the Analysis of Tryptophan Fluorescence Spectra and Their Correlation with Protein Structural Parameters // Algorithms. 2009. Vol. 2. N 3. Pp. 1155-1176.
14. Ritota M., Manzi P. Rapid Determination of Total Tryptophan in Yoghurt by Ultra High Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection // Molecules. 2020. Vol. 25. Pp. 5025-5064.
15. Silva G., Fernandes J., Caires R. Size-Dependent Interaction of Gold Nanoparticles with Tryptophan: A Spectroscopic Analysis // Bio-Optics – Design and Application. 2015. Vancouver. Canada. 131 p.
16. Nugrahani I., Abotbina I., Apsari C., Gusdinar T. Spectrofluorometric determination of L-tryptophan in canary (*Canarium indicum* L.) seed protein hydrolysate // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2020. Vol. 10. N 1. Pp. 4780-4785.
17. Meicheng S., Cheng Y., Zhang C., Huaxing W. Determination of the levels of tryptophan and 12 metabolites in milk by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with the QuEChERS method // Journal of Dairy Products. 2020. Vol. 103. N 11. Pp. 1-13.
18. Ozep Z., Seher G., Severcan F. Concentration-Based Measurement Studies of L-Tryptophan Using Terahertz Time-Domain Spectroscopy (THz-TDS) // Applied Spectroscopy. 2014. N 1. Pp. 23-32.
19. Jun X., Fang X., Qing J., Xiao L. A Simple HPLC–MS/MS Method for Determination of Tryptophan, Kynurenine and Kynurenic Acid in Human Serum and its Potential for Monitoring Antidepressant Therapy // Journal of Analytical Toxicology. 2017. Vol. 41. N 1. Pp. 37-44.
20. Shiferaw L., Tsegay G., Asamenew G. Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the determination of tryptophan content in quality protein maize (QPM) // International Journal of Development Research. 2016. Vol. 6. N 11. Pp. 10262-10264.

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДНЫЕ ФУРФУРОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

© Пашаева Зиарат Наги гызы (а), Ибрагимова Миннавар Джафар гызы (b),
Абдуллаева Фахрия Магомед гызы (с), Алиева Айсель Вагиф гызы (d),

- (а) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; к.х.н., вед. н.с. лаборатории «Функциональные олигомеры», ziyarechem@gmail.com
(b) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; д.х.н., профессор, зав. лаб. «Функциональные олигомеры» и зав. сектора «Мономеры, олигомеры и катализ»
(с) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; к.х.н., вед. н.с. лаборатории «Функциональные олигомеры»
(d) Институт Нефтехимических процессов, Азербайджан, г. Баку; магистр лаборатории «Технологии нефтехимических процессов»

Аннотация. В представленной статье показаны результаты научных исследований в области изучения реакции превращения целлюлозы в производные фурфурола в присутствии ионных жидкостей. Эффективное преобразование возобновляемой биомассы в химические вещества с добавленной стоимостью и биотопливо рассматривается как альтернативный путь снижения нашей высокой зависимости от ископаемых ресурсов и связанных с этим экологических проблем. Известно, что для растворения целлюлозы наиболее подходящими растворителями являются ионные жидкости, поскольку она практически не растворяется в воде и ряде других органических растворителях. С этой целью поиск новых альтернативных ионных жидкостей для растворения целлюлозы, определение оптимальных условий этого процесса и превращение целлюлозы в многообещающий химический продукт – фурфурол и его производные является ключевой задачей на современном этапе для нефтеперерабатывающей промышленности и тонкого органического синтеза в целом. В этой работе освещаются последние достижения в области реакции превращения целлюлозы в производные фурфурола. Показаны основные ионные жидкости, применяемые для осуществления этой задачи, а изучены факторы, оказывающие влияние на выход и селективность процесса.

Ключевые слова: ионные жидкости, целлюлоза, модификация целлюлозы, фурфурол и его производные, растворение.

STUDY OF THE REACTION OF THE CONVERSION OF CELLULOSE INTO FURFURAL DERIVATIVES IN THE PRESENCE IONIC LIQUIDS

© Pashayeva Ziarat Nagi (a), Ibragimova Minnavar Jafa (b),
Abdullaeva Fakhriya Magomed (c), Aliyeva Aysel Vagif (d)

- (a) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Ph.D. in Chemistry, ved. n. s . laboratories "Functional oligomers"
- (b) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Doctor of Chemistry, Professor, Head of lab. "Functional oligomers" and head of sector "Monomers, oligomers and catalysis"
- (c) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Ph.D. researcher laboratories "Functional oligomers"
- (d) Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan, Baku; Master of the Laboratory "Technologies of Petrochemical Processes"

Abstract. This article presents the results of scientific research in the field of studying the reaction of converting cellulose to furfural derivatives in the presence of ionic liquids. Efficient conversion of renewable biomass into value-added chemicals and biofuels is seen as an alternative way to reduce our high dependence on fossil resources and the associated environmental problems. . It is known that ionic liquids are the most suitable solvents for dissolving cellulose, since it is practically insoluble in water and a number of other organic solvents. To this end, the search for new alternative ionic liquids for dissolving cellulose, determining the optimal conditions for this process, and converting cellulose into a versatile chemical product, furfural and its derivatives, is a key task at the present stage for the oil refining industry and fine organic synthesis in general. This paper highlights recent advances in the reaction of the conversion of cellulose into furfural derivatives. The main ionic liquids used to accomplish this task are shown, and the factors influencing the yield and selectivity of the process are studied.

Key words: ionic liquids, cellulose, cellulose modification, furfural and its derivatives, dissolution.

Фурфурол представляет собой высококипящую жидкость с запахом свежего миндаля.

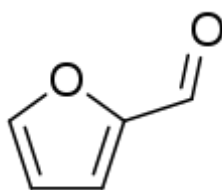


Рис. 1. Фурфурол

Фурфурол применяют на нефтехимических предприятиях как растворитель для экстракции диенов (используемых для производства синтетической резины) из смеси углеводородов. Фурфурол и фурфуриловый спирт могут быть использованы вместе или по отдельности для получения твёрдых смол по реакции с фенолом и ацетоном, или с мочевиной. Такие смолы используются в производстве стекловолокна, некоторых деталей самолётов, и автомобильных тормозов. Кроме того, фурфурол является доступным веществом, вследствие чего широко используется в качестве исходного соединения для получения различных производных фурана. Из фурфурола получают непосредственно фуран, служащий, в

свою очередь, сырьём для получения важного апротонного растворителя — тетрагидрофурана. Кроме того, фурфурол служит исходным сырьём для получения антимикробных препаратов группы нитрофуранов, таких как фурацилин и подобные

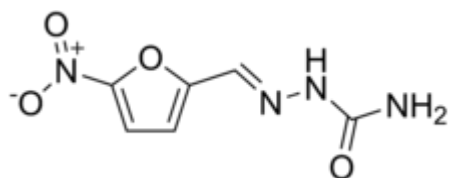


Рис. 2. Фурацилин (нитрофурал)

Из основных производных фурфурола особо следует отметить его гидроксиметильное производное- гидроксиметилфурфурол. В последнее время в научной литературе имеются сообщения о возможности применения его в качестве альтернативного топлива.

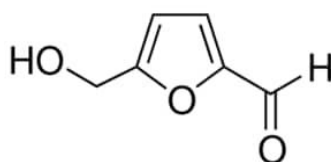


Рис. 3. 5-гидроксиметилфурфурол

Одним из удобных и эффективных методов получения этого соединения является метод, основанный на применении целлюлозы в качестве исходного и биовозобновляемого сырья. В литературе имеются многочисленные сообщения, посвященные исследованиям в этой области. Так, в работе [1] исследован синтез 5-гидроксиметилфурфурола (ГМФ) из целлюлозы посредством двухстадийного процесса. Чтобы оптимизировать условия реакции, сначала проводили раздельную конверсию целлюлозы и глюкозы в тетрагидрофуране (ТГФ) и N, N-диметилформамиде (ДМФ) посредством одностадийного процесса с использованием фосфоровольфрамовой кислоты (ФВК) в качестве катализатора. Затем проводили прямое превращение целлюлозы в ГМФ посредством двухстадийного процесса. Первую и вторую стадию проводили в ТГФ и смеси растворителей, состоящей из ТГФ/ДМФА соответственно. Целлюлозу превращали в ГМФ и глюкозу на первой стадии в ТГФ. Затем на второй стадии как целлюлозу, так и образовавшуюся глюкозу превращали в ГМФ. Превращение целлюлозы в ГМФ и глюкозу значительно улучшилось благодаря двухстадийному процессу, а общий выход ГМФ и глюкозы увеличился с 52,1 до 97,0%. Также был предложен возможный механизм образования ГМФ из целлюлозы посредством двухстадийного процесса.

Эффективное преобразование возобновляемой биомассы в химические вещества с добавленной стоимостью и биотопливо рассматривается как альтернативный путь снижения нашей высокой зависимости от ископаемых ресурсов и связанных с этим экологических проблем [2]. В этом контексте химические вещества платформы фурфурола и леволиновой кислоты (LA) на основе биомассы часто используются для синтеза различных ценных химических веществ и биотоплива. В этом обзоре обобщаются и сравниваются механизм реакции и каталитическая система, разработанные для получения фурфурола и леволиновой кислоты. Особое внимание уделяется различным каталитическим системам для синтеза

фурфурола и левулиновой кислоты. Также наблюдаются соответствующие вызовы и перспективы.

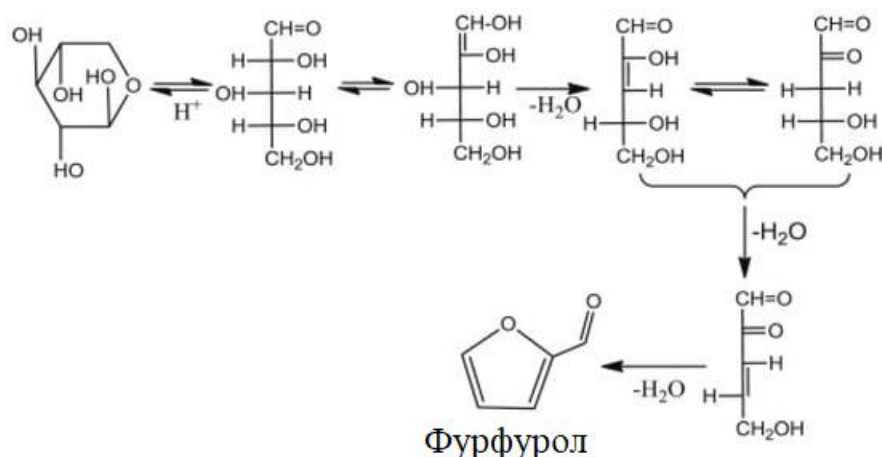


Рис. 4. Фурфул

Преобразование сырой биомассы в C₅-сахара и фурфурол было продемонстрировано однореакторным методом с использованием кислотных ионных жидкостей Бренстеда (КИЖБ) без каких-либо минеральных кислот или галогенидов металлов [3]. Различные КИЖБ были синтезированы и охарактеризованы с использованием ЯМР, FT-IR, TGA и микроэлементного анализа и использовались в качестве катализатора для преобразования сырой биомассы. Чрезвычайно высокий выход (т.е. 88%) сахаров C₅ из багассы может быть получен с использованием гидросульфата 1-метил-3(3-сульфопропил) имидазолия ([C₃SO₃HMIM] [HSO₄]) катализатора КИЖБ в водной среде. Точно так же [C₃SO₃HMIM] [HSO₄] BAII также превращает древесину багассы (*Bagāssa guianēnsis*) в фурфурол с очень высоким выходом (73%) в однореакторном методе с использованием двухфазной системы растворителей вода/толуол.

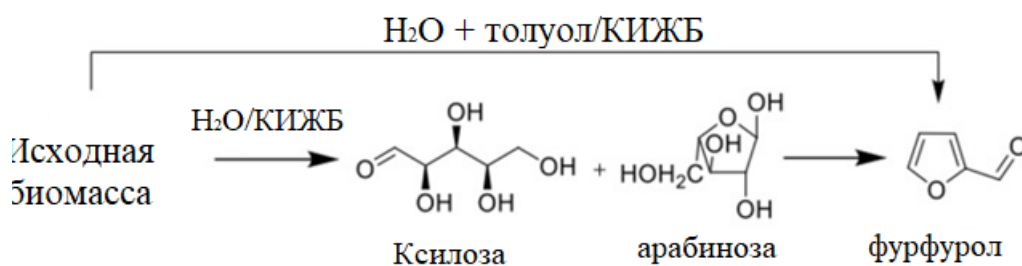


Рис. 5. H₂O + толуол / КИЖБ

В работе [4] образцы SBA-15 с включением алюминия (xAl/SBA-15) были успешно получены методом «атомной имплантации». Образцы были охарактеризованы с помощью рентгеновской дифракционной спектроскопии (XRD), просвечивающей электронной микроскопии (TEM), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX), изотерм адсорбции-десорбции N₂ (BET) и температурно-программированной десорбции (NH₃-ТПД). В этом катализаторе частицы оксидов металлов были сильно диспергированы на поверхности SBA-15 и существовали в виде изолированных атомов. Показано, что включение

Al приводит к образованию средних и сильных кислотных центров. Каталитическую активность и селективность тестировали в мягком гидротермическом процессе разложения хлопковой целлюлозы до 5-гидроксиметилфурфуrolа (5-ГМФ). Были достигнуты конверсия целлюлозы 68,5% и селективность по 5-НМФ 62,1% через 2 ч реакции при 170°C. Очень высокий выход 5-НМФ (42,57%), полученный в этой статье, намного выше, чем сообщалось в литературе.

В качестве одного из основных компонентов лигноцеллюлозной биомассы гемицеллюлоза является многообещающей альтернативой для замены ограниченных ископаемых ресурсов для производства фурфуrolа, сохраняя таким образом высокую атомную эффективность. Однако сложная структура гемицеллюлозы и взаимодействие между двумя другими компонентами лигноцеллюлозной биомассы (целлюлозой и лигнином) затрудняют эффективное использование природной структуры гемицеллюлозы. В работе [5] представлен обзор производства фурфуrolа непосредственно из гемицеллюлозы в лигноцеллюлозной биомассе с особым акцентом на достижение эффективного использования гемицеллюлозы, которое включает селективное растворение гемицеллюлозы из лигноцеллюлозной биомассы и селективное образование фурфуrolа из производных гемицеллюлозы. При этом сохраняются структуры целлюлозы и лигнина, которые можно утилизировать отдельно. Растворители и катализаторы считаются двумя основными факторами в этом процессе повышения ценности гемицеллюлозы.

Отмечается [6], что лигноцеллюлоза признана идеальным сырьем для биопереработки, поскольку она может быть преобразована в биотопливо и продукты с добавленной стоимостью с помощью ряда химических способов. Фурфуrol, химическое вещество на биологической основе, получаемое из лигноцеллюлозной биомассы, было признано очень универсальной альтернативой ископаемому топливу. Глубокие эвтектические растворители (DES) — это новые «зеленые» растворители, которые используются в качестве экологически чистых и дешевых альтернатив традиционным органическим растворителям и ионным жидкостям (ILs) с такими преимуществами, как низкая стоимость, низкая токсичность и способность к биологическому разложению, а также зарекомендовали себя как эффективная среда для синтеза химических веществ, полученных из биомассы. В этом обзоре обобщены последние достижения в области превращения углеводов в фурфуrol в системах растворителей DES, которые в основном сосредоточены на эффекте добавления различных катализаторов в систему DES, включая галогениды металлов, воду, твердый кислотный катализатор и некоторые оксиды при производстве фурфуrolа. Кроме того, в этом обзоре также обсуждаются проблемы и перспективы синтеза фурфуrolа с помощью DES в системах биопереработки.

Преобразование целлюлозы из возобновляемой биомассы в ключевое химическое вещество - 5-гидроксиметилфурфуrol (ГМФ), имеет фундаментальное значение для производства многочисленных биопродуктов и биотоплива [7]. Для этого процесса были разработаны различные кислотные катализаторы; однако большинство систем имеют низкую эффективность и плохую устойчивость. Авторы работы сообщают о бескислотной конверсии целлюлозы в ГМФ в двухфазной системе тетрагидрофуран/концентрированная морская вода. Выход ГИФ достиг 48,6%, и эта система имеет отличную возможность повторного использования и устойчивость. Авторы обнаружили, что хлоридионы (Cl^-) могут способствовать изомеризации глюкозы через 1,2-гидридный путь сдвига и ускорять дегидратацию

фруктозы, тем самым стимулируя селективное образование ГМФ. Эта простая система способна преобразовывать сырую биомассу в фурфурол и ГМФ, а остатки лигнина превращать в полезные алканы посредством последовательной каталитической модернизации, прокладывая новый экономически выгодный путь для полной валоризации лигноцеллюлозной биомассы.

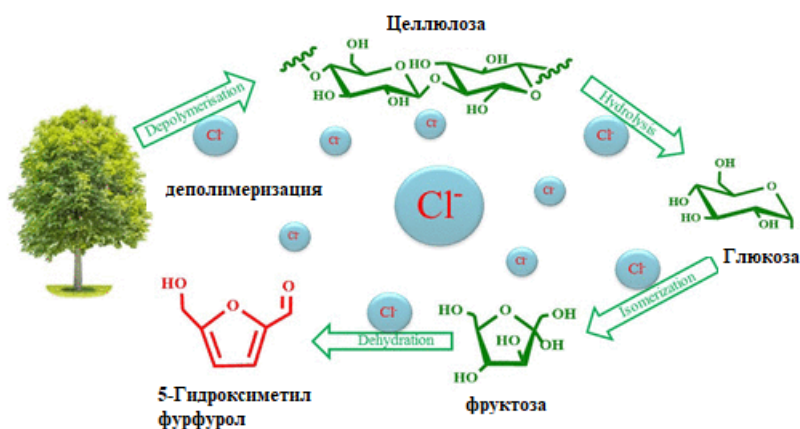


Рис. 6. Преобразование целлюлозы

В патенте [8] предложен способ химической конверсии целлюлозы, выделенной из ароматической отработанной биомассы, в гидроксиметилфурфурол с использованием экологически чистой и экономичной системы жидкостей с извлекаемыми и повторно используемыми твердыми индионовыми катализаторами и гибридными катализаторами цеолит-фосфолибденовая кислота. Настоящее изобретение дополнительно относится к получению эффективного гибридного катализатора, т.е. катализатора цеолит-фосфолибденовая кислота для синтеза ГМФ. Селективность и выход ГМФ почти удваиваются в гибридном катализаторе цеолит-фосфолибденовая кислота по сравнению с отдельными катализаторами (цеолит или фосфорно-молибденовая кислота) или комбинацией катализаторов, т.е. цеолит и фосфорно-молибденовая кислота.

Гидроксиметилфурфурол (ГМФ) и фурфурол являются многообещающими химическими веществами для создания биоэкономики [9]. Важным шагом в этом направлении является разработка недорогой каталитической системы для преобразования целлюлозной биомассы в эти химические вещества. Сульфат железа — распространенная, дешевая и нетоксичная кислота Льюиса, которая используется для катализа таких реакций, как деполимеризация древесины. В этой работе сульфат железа использовался для облегчения производства ГМФ и фурфурола из целлюлозы лиственных и хвойных пород. Было обнаружено, что для целлюлозы из твердой древесины использование только сульфата железа дает максимальный выход ГМФ 31,6 мол.%. Добавление ионной жидкости [BMIM]Cl или HCl в качестве сокатализаторов не приводило к увеличению полученных выходов. Однако предыдущая стадия декатионирования привела к выходу ГМФ 50,4 мол.%. Целлюлозу из хвойной древесины было труднее деполимеризовать, чем из твердой древесины, с выходом 28,7%, полученным при использовании только сульфата железа. Максимальный выход ГМФ из

древесины хвойных пород, 37,9 мол. %, был получен при использовании комбинации сульфата железа и разбавленной HCl. Таким образом, был сделан вывод, что сульфат железа является перспективным катализатором синтеза ГМФ из целлюлозной биомассы.

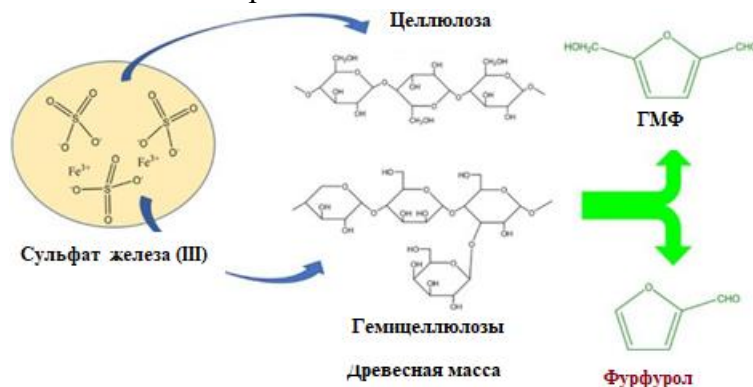


Рис. 7. Синтеза ГМФ из целлюлозной биомассы

Показано [10], что 5-(хлорметил) фурфурол (СМФ) представляет собой молекулу платформы, полученную из углеводов, которая набирает обороты в качестве более практичной альтернативы 5-(гидроксиметил)фурфуролу (НМФ). Эта перспектива представляет хемокаталитический подход к биоочистке как движущую силу разработки многофункциональных химических платформ. Основное преимущество СМФ перед НМФ заключается в том, что его можно производить с высоким выходом в мягких условиях непосредственно из сырой биомассы. Его стабильность и гидрофобность заметно облегчают выделение. СМФ также является предшественником левулиновой кислоты (LА), еще одного универсального промежуточного продукта на биологической основе. Обсуждается логистика производства СМФ, включая материалы реактора, обработку и управление HCl, побочные продукты и судьбу побочных компонентов биомассы (гемицеллюлозы, липидов, белков, лигнина). Примеры коммерческих рынков, которые можно разблокировать путем синтетического манипулирования СМФ, разбиты на два производных множества, фурановые и левулиновые, которые распределены по трем семействам продуктов: возобновляемые мономеры, топливо и специальные химикаты. Представлены избранные примеры путей получения этих продуктов на основе СМФ и LА. Наконец, предлагается модель интеграции процесса СМФ в практику биопереработки.

Исследовано совместное производство 5-гидроксиметилфурфурола (5-ГМФ) и фурфурола (ФУР) путем прямого гидролиза [11]. Для этой цели предложен аналог холоцеллюлозы, состоящий из целлюлозы и гемицеллюлозы. Эффекты количества катализатора, типа и количества растворителя, температуры и времени реакции с использованием сульфаминовой кислоты с двойными активными центрами в качестве катализатора также были изучены. Выходы 5-НМФ и FUR составили 37,2% и 62,0% при объемном отношении γ -валеролактона к воде 25:1 при 180°C в течение 3 часов. Преобразование холоцеллюлозы кукурузного початка и холоцеллюлозу пшеничной соломы в фурфуроловые соединения затем проводили при одинаковых условиях. Выходы 5-НМФ составили 26,6% и 28,5%, а выходы FUR – 34,5% и 26,1% соответственно. Возможный механизм совместного производства 5-НМФ

и FUR из холоцеллюлозы был предложен авторами работы. Считается, что существует синергетический эффект между гидролизом целлюлозы и гемицеллюлозы при превращении голоцеллюлозы.

В работе [12] полученный на основе целлюлозы 5-(хлорметил) фурфурол (СМФ) превращается в δ -аминолевулиновую кислоту (АЛК) в три химических этапа, включающих превращение в 5-(азидометил) фурфурол, фотоокисление и каталитическое гидрирование с общим выходом 68%. δ -Аминолевулиновая кислота является натуральным продуктом с важными агрохимическими и фармацевтическими свойствами.

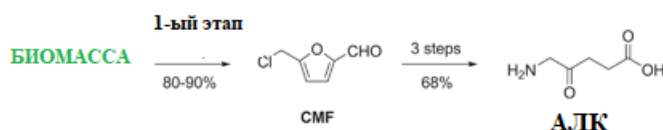


Рис. 8. Фурфурол (СМФ)

Сообщается [13], что 5-Гидроксиметилфурфурол (ГМФ), соединение, которое можно синтезировать из целлюлозы, привлек значительное внимание, потому что он может быть преобразован в различные химические продукты. Хотя различные способы прямого превращения целлюлозы в ГМФ с использованием специальных растворителей и катализаторов, нежелательны с точки зрения зеленой устойчивой химии и затрат на производство. В этой работе авторы сообщают о прямом превращении целлюлозы в ГМФ с использованием насыщенного пара, т. е. воды, как экологически безопасный метод. Авторы исследовали влияние молекулярной массы целлюлозы и количества добавленной воды на выходы глюкозы и ГМФ при использовании системы. Выходы глюкозы и ГМФ были улучшены за счет использования низкомолекулярной целлюлозы. Сырье и количество добавленной воды были важны для максимизации выхода ГМФ. Баланс гидролиза и обезвоживания контролировали путем оптимизации количества добавляемой воды, с максимальным выходом ГМФ 21%. Это исследование показывает, что насыщенный пар имеет большую возможность применения для прямой конверсии целлюлозы в ГМФ.

5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ) был получен каталитическим способом из целлюлозы с использованием в качестве сырья целлюлозы из шелухи хлопкового семени [14]. Для получения целлюлозы были использованы метод растворения в щелочи и метод растворения в кислоте. Было исследовано влияние растворителя и различных катализаторов на синтез и стабильность 5-ГМФ. Результаты показали, что продукт целлюлозы, полученный методом растворения в кислоте, в котором целлюлоза содержит около 97%–99% (масс.) ворса, имеет высокую чистоту. Целлюлоза обладает хорошей термической стабильностью в диапазоне от 100°C до 200°C. Выход 5-ГМФ может достигать 39,7% и 41,6% при катализе $\text{H}_4[\text{Si}(\text{W}_3\text{O}_{10})_4]$ и CuCl_2 , что согласуется со стабильностью 5-ГМФ в растворах $\text{H}_4[\text{Si}(\text{W}_3\text{O}_{10})_4]$ и CuCl_2 . Стабильность полученного 5-ГМФ (S) в воде, метилом спирте и диметилсульфоксиде (DSMO) соответствует порядку $S(\text{DSMO}) > S(\text{CH}_3\text{OH}) > S(\text{H}_2\text{O})$.

В работе [15] фурфурол получали с высокими выходами (75 %) по реакции ксилозы в двухфазной среде вода–тетрагидрофуран, содержащей $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ и NaCl , при микроволновом нагреве при 140°C. Профиль реакции показал образование ксилулозы в качестве промежуточного продукта на пути к продукту дегидратации (фурфурол). Реакция в этих

условиях завершалась за 45 мин. Водная фаза, содержащая $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ и NaCl можно повторно использовать несколько раз (> 5) без какой-либо потери активности или селективности в отношении фурфурола. Расширение этой двухфазной реакционной системы за счет включения ксилана в качестве исходного материала позволило получить фурфурол с выходом 64%. Использование кукурузной соломы, сосны, проса и тополя дало фурфурол с выходом 55, 38, 56 и 64 % соответственно при 160°C . Хотя $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ не влиял на конверсию кристаллической целлюлозы, были отмечены умеренные выходы побочного продукта 5-гидроксиметилфурфурола (ГМФ). Наибольший выход ГМФ 42 % получен из древесины сосны. Совместное производство ГМФ и фурфурола из биомассы было связано с ослаблением целлюлозной сети в биомассе в результате гидролиза гемицеллюлозы. Многофункциональность $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (гидролиз гемицеллюлозы, изомеризация ксиланов и дегидратация ксиланов) в сочетании с простотой переработки делают его привлекательным кандидатом/катализатором для селективного синтеза фурфурола из различного сырья биомассы.

Анализ результатов представленных исследований показывает, что работы в области превращения целлюлозы и подобной биомассы в производные фурфурола в присутствии ионных жидкостей не теряют своей актуальности и количество исследований в этой области ежегодно возрастает. В связи с этим создаются хорошие перспективы для проведения исследований в этой области, а именно поиску новых эффективных ионных жидкостей для процесса растворения целлюлозы, нахождению высокоселективных катализаторов для трансформации целлюлозы в производные фурфурола.

Отметим, что подобные исследования уже в течение нескольких последних лет проводятся в лаборатории «Функциональные олигомеры» Института Нефтехимических процессов [16,17]. В наших исследованиях в качестве растворителя использовали ионную жидкость на основе N-метилпирролидона и уксусной кислоты. Процесс растворения целлюлозы в полученной ионной жидкости проводили при температуре $80-100^\circ\text{C}$ в течение 24-х ч. при различных концентрациях растворов целлюлозы (1-20 %). В этих условиях в указанной ионной жидкости степень растворения целлюлозы составила 30 %.

Процесс синтеза ионной жидкости указанного состава осуществлен реакцией взаимодействия соответствующей кислоты и аминного компонента при их молярном отношении по методике [18]. Реакция проводилась в трехгорлой колбе снабженной мешалкой, термометром, капельной воронкой и обратным холодильником в инертной среде при температуре $60-70^\circ\text{C}$ и времени реакции 1,5 часа. Реакция протекает экзотермично и с целью предотвращения резкого увеличения температуры в реакционной среде уксусная кислота к N-метилпирролидону добавляется постепенно при перемешивании. По окончании реакции полученную реакционную смесь подвергали перегонке при атмосферном давлении в среде инертного газа. Выделена фракция с температурой кипения до 206°C , состоящая из остаточной части исходных реагентов, в частности уксусной кислоты и N-метилпирролидона. Фракция с температурой кипения выше 135°C является ионной жидкостью. При найденных оптимальных условиях выход ионной жидкости составлял 96,8%(масс).

Реакция протекает по схеме:

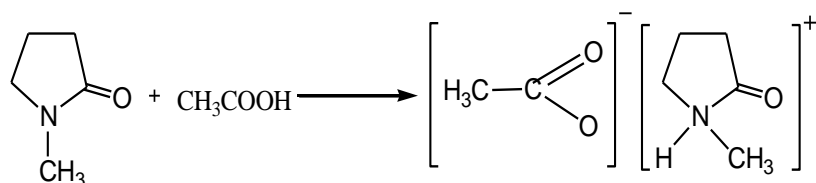


Рис.9. Процесс синтеза ионной жидкости

Структура синтезированных ионных жидкостей установлено методами ИК- и ЯМР спектроскопии. ИК-спектры образцов регистрировали на ИК-Фурье спектрометре ALPNA (фирма BRUKER Германия) в диапазоне чисел 600-4000см⁻¹, а ЯМР- спектры образцов снимались в спектрометре марки “Bruker-300” (AFR) при частоте 300 и 75 Гц.

Полученную ионную жидкость предложили в качестве растворителя целлюлозы в процессе превращения последней в фурфурольное производное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Guozhi F., Wang Y., Zongxiao H., Juntao Y. Synthesis of 5-hydroxymethyl furfural from cellulose via a two-step process in polar aprotic solvent // Carbohydrate Polymer. 2018. Vol. 200. N 15. Pp. 529-636.
2. Jiang Z., Hu D., Zhao Z., Zixiao Z. Mini-Review on the Synthesis of Furfural and Levulinic Acid from Lignocellulosic Biomass // Processes. 2021. Vol. 9. N 7. Pp. 1234-1241
3. Matsagai B., Hossain Sh., Tofazzal I., Alamri H. Direct Production of Furfural in One-pot Fashion from Raw Biomass Using Brønsted Acidic Ionic Liquids // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. Pp. 13508-13513.
4. Pham S-T., Nguyen M.B., Giang H.L., Trang T.T. Cellulose Conversion to 5 Hydroxymethyl Furfural (5-HMF) Using Al-Incorporated SBA-15 as Highly Efficient Catalyst // Journal of Chemistry. 2019. N 3. Pp. 621-627.
5. Yiping L., Zheng L., Xiaoling L., Jiajun F. The production of furfural directly from hemicellulose in lignocellulosic biomass: A review // Catalysis Today. 2019. Vol. 319. N 1 Pp. 14-24.
6. Zhang X., Peng X., Qinfang L., Haiyan X. Recent Advances in the Catalytic Conversion of Biomass to Furfural in Deep Eutectic Solvents // Frontiers in Chemistry. 2022. Vol. 10. N 5. Pp. 13-34.
7. Xiangcheng L., Zhang Y., Qineng X., Peng K. Acid-Free Conversion of Cellulose to 5-(Hydroxymethyl) furfural Catalyzed by Hot Seawater // Ind. Eng. Chem. Res. 2018. Vol. 57. N 10. Pp. 3545-3553.
8. Pat. WO 2013102911A1. 2013. A process for chemical conversion of cellulose isolated from aromatic spent biomass to hydroxymethyl furfural / Kumar P., Nannaware D., Rajasekharan R. /
9. Mukherjee A., Portillo-Perez G., Dumont M-J. Synthesis of hydroxymethylfurfural and furfural from hardwood and softwood pulp using ferric sulphate as catalyst // Frontiers of Chemical Science and Engineering. 2019. Vol. 13. Pp. 531-542.
10. Mascal M. 5-(Chloromethyl) furfural (CMF): A Platform for Transforming Cellulose into Commercial Products // ACS Sustainable Chem. Eng. 2019. Vol. 7. N 6. Pp. 5588-5601.
11. Yushan L., Qiao H., Peng O., Wenbai C. Directional synthesis of furfural compounds from holocellulose catalyzed by sulfamic acid // Cellulose. 2021. Vol. 28. Pp. 8343-8354.
12. Mascal M., Dutta S. Synthesis of the natural herbicide δ -aminolevulinic acid from cellulose-derived 5-(chloromethyl)furfural // Green Chemistry. 2011. Vol. 13. N 1. Pp. 40-41.

13. Yoshida S., Matsushima K., Joboji T. Direct Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) from Cellulose using Saturated Steam // MATEC Web of Conference. 2021. Vol. 333. Pp. 5007-5012.
14. Zhenhong G., Weiliang T., Zhang K., Chen M. Preparation of Cellulose and Synthesis of 5-Hydroxymethyl Furfural from agricultural waste cottonseed hull // Applied Engineering in Agriculture. 2016. Vol. 32. N 5. Pp. 661-667.
15. Yang Y., Chang W., Mahdi A. Synthesis of Furfural from Xylose, Xylan, and Biomass Using $AlCl_3 \cdot 6 H_2O$ in Biphasic Media via Xylose Isomerization to Xylulose // ChemSusChem. 2012. Vol. 5. N 2. Pp. 405-410.
16. Пашаева З.Н. Применение хиральных ионных жидкостей в органическом синтезе // Вестник Башкирского Государственного Педагогического Университета. 2021. № 4. С. 116-124.
17. Пашаева З.Н. Ионные жидкости на основе (-)-ментола // Вестник Башкирского Государственного Педагогического Университета. 2022. № 1. С. 146-152.
18. Ибрагимова М.Д., Нагиев В.А., Пашаева З.Н., Сеидова С.А., Абдуллаева Ф.М., Ахмедбекова С.Ф., Абдуллаева Х.А. Синтез ионных жидкостей на основе муравьиной и уксусной кислоты и физико-химические методы их исследования // Qafqaz Universiteti. 2016. №1. С. 101-107.

REFERENCES

1. Guozhi F., Wang Y., Zongxiao H., Juntao Y. Synthesis of 5-hydroxymethyl furfural from cellulose via a two-step process in polar aprotic solvent // Carbohydrate Polymer. 2018. Vol. 200. N 15. Pp. 529-636.
2. Jiang Z., Hu D., Zhao Z., Zixiao Z. Mini-Review on the Synthesis of Furfural and Levulinic Acid from Lignocellulosic Biomass // Processes. 2021. Vol. 9. N 7. Pp. 1234-1241
3. Matsagai B., Hossain Sh., Tofazzal I., Alamri H. Direct Production of Furfural in One-pot Fashion from Raw Biomass Using Brønsted Acidic Ionic Liquids // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. Pp. 13508-13513.
4. Pham S-T., Nguyen M.B., Giang H.L., Trang T.T. Cellulose Conversion to 5 Hydroxymethyl Furfural (5-HMF) Using Al-Incorporated SBA-15 as Highly Efficient Catalyst // Journal of Chemistry. 2019. N 3. Pp. 621-627.
5. Yiping L., Zheng L., Xiaoling L., Jiajun F. The production of furfural directly from hemicellulose in lignocellulosic biomass: A review // Catalysis Today. 2019. Vol. 319. N 1 Pp. 14-24.
6. Zhang X., Peng X., Qinfang L., Haiyan X. Recent Advances in the Catalytic Conversion of Biomass to Furfural in Deep Eutectic Solvents // Frontiers in Chemistry. 2022. Vol. 10. N 5. Pp. 13-34.
7. Xiangcheng L., Zhang Y., Qineng X., Peng K. Acid-Free Conversion of Cellulose to 5-(Hydroxymethyl) furfural Catalyzed by Hot Seawater // Ind. Eng. Chem. Res. 2018. Vol. 57. N 10. Pp. 3545-3553.
8. Pat. WO 2013102911A1. 2013. A process for chemical conversion of cellulose isolated from aromatic spent biomass to hydroxymethyl furfural / Kumar P., Nannaware D., Rajasekharan R. /

9. Mukherjee A., Portillo-Perez G., Dumont M.-J. Synthesis of hydroxymethylfurfural and furfural from hardwood and softwood pulp using ferric sulphate as catalyst // *Frontiers of Chemical Science and Engineering*. 2019. Vol. 13. Pp. 531-542.
10. Mascal M. 5-(Chloromethyl) furfural (CMF): A Platform for Transforming Cellulose into Commercial Products // *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2019. Vol. 7. N 6. Pp. 5588-5601.
11. Yushan L., Qiao H., Peng O., Wenbai C. Directional synthesis of furfural compounds from holocellulose catalyzed by sulfamic acid // *Cellulose*. 2021. Vol. 28. Pp. 8343-8354.
12. Mascal M., Dutta S. Synthesis of the natural herbicide δ -aminolevulinic acid from cellulose-derived 5-(chloromethyl)furfural // *Green Chemistry*. 2011. Vol. 13. N 1. Pp. 40-41.
13. Yoshida S., Matsushima K., Joboji T. Direct Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) from Cellulose using Saturated Steam // *MATEC Web of Conference*. 2021. Vol. 333. Pp. 5007-5012.
14. Zhenhong G., Weiliang T., Zhang K., Chen M. Preparation of Cellulose and Synthesis of 5-Hydroxymethyl Furfural from agricultural waste cottonseed hull // *Applied Engineering in Agriculture*. 2016. Vol. 32. N 5. Pp. 661-667.
15. Yang Y., Chang W., Mahdi A. Synthesis of Furfural from Xylose, Xylan, and Biomass Using $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ in Biphasic Media via Xylose Isomerization to Xylulose // *ChemSusChem*. 2012. Vol. 5. N 2. Pp. 405-410.
16. Pashayeva Z.N. Application of chiral ionic liquids in organic synthesis // *Bulletin of Bashkir State Pedagogical University*. 2021. No. 4. Pp. 116-124.
17. Pashayeva Z.N. Ionic liquids based on (-)-menthol // *Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University*. 2022. No. 1. Pp. 146-152.
18. Ibragimova M.D., Nagiyev V.A., Pashayeva Z.N., Seidova S.A., Abdullayeva F.M., Akhmedbekova S.F., Abdullayeva H.A. Synthesis of ionic liquids based on formic and acetic acid and physico-chemical methods of their research // *Qafqaz Universiteti*. 2016. No. 1. Pp. 101-107.

УДК 69.67

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.13.2.008

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ

© Баснукаев Иса Шамсудинович (а), Ахматова Марет Идрисовна (б)

(а) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; кафедра «Технология строительного производства», доц., к.э.н., ibasnukaev@mail.ru

(б) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; кафедра «Технология строительного производства», ст. преподаватель, maret.gishlakaeva@mail.ru

Аннотация. Природные опасности подстерегали человечество во все периоды его существования, приводя к уничтожению материальных ценностей и гибели людей. Несмотря на значительные научные достижения в сфере прогнозирования и предупреждения природных катастроф, окончательно предотвратить их возникновение не представляется возможным. На фоне активного вмешательства человека в окружающую среду и связанных с ним климатических изменений количество природных катастроф значительно увеличивается. Это обуславливает необходимость трансформации экономической системы, разработки новых моделей «зеленого» роста, предполагающих гармоничные отношения человека и биосферы. В статье представлена современная оценка природных опасностей и рисков их возникновения, а также разработаны направления принятия экологических решений для их минимизации.

Ключевые слова: природные опасности, природные катастрофы, экологические решения, предупреждение катастроф, экология, зеленая экономика.

NATURAL HAZARDS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

© Basnukaev Isa Shamsudinovich (a), Akhmatova Maret Idrisovna (b)

(a) Grozny State Oil Technical University, Russian Federation, Grozny; department “Technology of construction production”, docent, PhD in economics, ibasnukaev@mail.ru

(b) Grozny State Oil Technical University, Russian Federation, Grozny; department “Technology of construction production”, senior lecturer, maret.gishlakaeva@mail.ru

Abstract. Natural dangers have been lurking for humanity in all periods of its existence, leading to the destruction of material values and the death of people. Despite significant scientific achievements in the field of forecasting and prevention of natural disasters, it is not possible to

definitively prevent their occurrence. Against the background of active human intervention in the environment and related climatic changes, the number of natural disasters is significantly increasing. This necessitates the transformation of the economic system, the development of new models of "green" growth, assuming a harmonious relationship between man and the biosphere. The article presents a modern assessment of natural hazards and the risks of their occurrence, as well as developed directions for making environmental decisions to minimize them.

Key words: natural hazards, natural disasters, environmental solutions, disaster prevention, ecology, green economy.

Защита окружающей среды – одна из наиболее значимых и актуальных задач современности. В результате безответственного отношения человечества к вопросам экологии наблюдаются негативные климатические изменения, неуклонно усиливается загрязнение природных сред, истощаются запасы природных ресурсов, сокращается биологическое разнообразие, ухудшается физическое и нравственное здоровье людей. Но наиболее серьезным последствием вторжения человека в биосферу становится стремительное увеличение природных опасностей: по данным Всемирной метеорологической организации ООН за последние 50 лет количество природных катастроф выросло в 5 раз. Ежегодно более 100 миллионов человек вследствие штормов, наводнений, засух и лесных пожаров вынуждены обращаться за помощью к международной гуманитарной системе [1].

Вообще природные опасности – это опасности, связанные со стихийными природными явлениями, представляющими непосредственную угрозу для имущества, жизни и здоровья людей [2]. Указанные явления (стихийные бедствия) не зависят от человека и выходят за рамки средних природных состояний по масштабу, продолжительности и интенсивности проявления. Они наносят значительный и необратимый ущерб природным и социальным системам вследствие их неспособности адаптироваться к быстро меняющимся условиям среды.

Ключевым источником природных опасностей признается взаимодействие отдельных систем Земли, связанных с протеканием физических, физико-химических и биохимических процессов, а также обменом различными видами энергии. Указанные процессы закономерно обуславливают непрерывную трансформацию облика планеты. Стихийные бедствия подчиняются определенным закономерностям:

- они имеют определенную пространственную привязанность (так, наводнение может возникнуть только в месте природного водоема или водоотока, а землетрясений практически не бывает на платформенных областях, находящихся вдали от стыков литосферных плит);
- частота и мощность природного явления обратно пропорциональны друг другу (наиболее серьезные стихийные бедствия случаются достаточно редко);
- любое стихийное бедствие в той или иной степени предсказуемо, т.к. оно имеет специфические признаки и предвестники;
- на протяжении всего периода существования человечества разрабатывались защитные мероприятия от стихийных бедствий, позволяющие минимизировать их ущерб для социума и экономики.

Таким образом, прогнозирование природных катастроф базируется на комплексной оценке их повторяемости и тяжести на различных территориях, а также отслеживании типичных признаков их возникновения.

Классификация природных опасностей по сферам их возникновения представлена на рис.1.



Рис. 1. Классификация природных опасностей по сферам возникновения [3]

На территории Российской Федерации вследствие значительного разнообразия физико-географических условий, присутствует фактически весь спектр известных разновидностей природных опасностей.

Геологические опасности связаны со строением Земли, к данной категории относятся землетрясения, извержения вулканов, сели, оползни и обвалы. В России сила подземных толчков изменяется при помощи 12-балльной шкалы, наиболее распространённой во всём мире. За сейсмической обстановкой наблюдает Геофизическая служба РАН, имеющая в регионах большое число филиалов и подведомственных организаций. Большая часть территории страны находится в сейсмически спокойных зонах и по этой причине нет необходимости в разветвлённой системе сейсмических станций. Ежегодно на нашей планете происходит порядка 100000 землетрясений, из них 100...120 способны вызвать разрушения и 10...20 оказываются достаточно сильными [4]. Самым крупным землетрясением в современной истории России является землетрясение на острове Сахалин, произошедшее 27 мая 1995 года. Его мощность составила от 8 до 10 баллов, в результате был полностью уничтожен посёлок Нефтегорск, погибло более 2000 человек.

К метеорологическим опасностям относятся ураганы, бури, смерчи, шторма, шквальный ветер, сильные снегопады, метель, засуха, чрезвычайная жара или холод.

Ураганы представляют собой движение ветра со скоростью 32 м/с и более, они могут принести значительный ущерб инфраструктуре и представлять серьёзную угрозу для населения. В России ураганы образуются преимущественно в августе и сентябре, при этом они наблюдаются в различных регионах. Наблюдается определённая цикличность в возникновении ураганов, что позволяет их относительно точно прогнозировать. Смерч, возникающий в грозовом облаке и образующий огромную воронку, является редким явлением для РФ, но за последние десятилетия ущерб от этого природного явления составил порядка 80 млн рублей. Также отмечены проблемы, связанные с сильной засухой, которая наблюдалась в 2002 и 2010 годах. В частности, периоды продолжительной жары приводили к возникновению торфяных и лесных пожаров, распространявшихся на больших площадях.

Природные пожары возникают при неконтролируемом горении растительности, они могут распространяться на большие территории и приносят значительный ущерб сельскому хозяйству, а также жилым постройкам. Природные пожары подразделяются на лесные и торфяные. В СССР в 1972 году засушливое лето привело к возникновению торфяных и лесных пожаров на площади в 1,8 млн гектаров. В 2010 году в России аномальная жара привела к возникновению массовых пожаров на территории Центрального федерального округа, а затем и в других российских регионах. Пожар – это неконтролируемый процесс горения. Принято считать, что горение – химическая реакция, сопровождающаяся выделением тепла и света [5].

Массовые лесные пожары отмечены в 2022 году, возгорания с начала года охватили 2,2 миллиона гектаров земли. Особый противопожарный режим введён в 14 регионах, среди которых Воронежская, Омская, Амурская и Свердловская область, Красноярский и Хабаровский край, Бурятия и Хакасия. Наиболее напряжённая ситуация наблюдается в Сибири, где огнём уничтожено 776 гектаров леса. В основном возгорания фиксируются в Красноярском и Алтайском краях, Иркутской, Кемеровской, Омской, Курганской областях, где страдает не только лес, но и сельскохозяйственные угодья. За несколько месяцев сгорело более 1200 зданий в 80 населённых пунктах, из них 730 – жилые дома. Погибло около 20 человек, более 2000 лишились своего жилья. 7 мая 2022 года губернатор Красноярского края Александр Усс объявил в регионе режим чрезвычайной ситуации.

Гидрологическими опасностями являются штормы, цунами, наводнения и паводки. В Российской Федерации каждый год наблюдается порядка 50-70 крупных наводнений, в районах с опасностью гидрологических ЧС находится 300 городов и десятки тысяч сёл и деревень. В первую очередь это бассейны рек Волга, Амур, Терек, Дон, Лена и Обь. Среднегодовой ущерб от наводнений составляет примерно 40 млрд руб. В последние десятилетия наиболее крупными наводнениями стали наводнения в Краснодарском крае 6-7 июля 2012 года, вызванное сильнейшими ливнями и наводнение на Дальнем Востоке в июле-октябре 2013 года, в результате которого пострадало до 200 тысяч человек. Общий ущерб от наводнения превысил 527 млрд руб.

Среди массовых заболеваний выделяют эпидемии и пандемии. Эпидемия подразумевает аномально широкое распространение инфекционной болезни, пандемия объявляется при распространении заболевания на ряд стран и целых континентов, вплоть до охвата всего земного шара. Инфекционные болезни подразделяются на четыре группы: инфекции дыхательных путей, кишечные инфекции, кровяные и инфекции наружных

покровов. В современной истории России крупнейшей эпидемией стало распространение коронавирусной инфекции COVID-19. Вспышки этого заболевания были отмечены во всех российских регионах, по состоянию на июль 2022 года от коронавируса скончалось более 380 тыс. человек. Общий ущерб от данной пандемии превысил 35 трлн USD.

Эпидемиологически опасные заболевания могут поражать не только людей, но также сельскохозяйственных животных и растения. Так, например, в 2021 году на территории России были зарегистрированы следующие опасные болезни животных: африканская чума свиней, высокопатогенный грипп птиц, заразный узелковый дерматит КРС, оспа овец и коз. Развитие болезней было пресечено в момент их выявления, что позволило избежать повсеместного заражения – эпизоотии.

Систематизация опасных природных явлений и процессов может осуществляться не только по происхождению, но и по характеру воздействия на экосистемы и человечество. В данном случае выделяются:

- катастрофические явления (землетрясения, наводнения, цунами, оползни и т.п.);
- опасные явления (засухи, опустынивания, овражная эрозия и т.п.);
- неблагоприятные явления (движение ледников, заболачивание, суффозия и т.п.).

По механизму возникновения можно разделять природные опасности, возникающие в виде тренда (неблагоприятные изменения климата), экстремума (заморозки, засуха, наводнение) и срыва (шторм, торнадо, обвал). По временной регулярности можно выделить природные опасности, возникающие периодически (извержение действующего вулкана, наводнение) и в случайный момент (землетрясение, цунами).

На основе исследований и построения физико-математических моделей можно утверждать, что на Земле происходит постепенное изменение климата. В частности, выводы исследований говорят о том, что на основной территории Российской Федерации на протяжении XXI века будет наблюдаться повышение температуры приземного воздуха. Это в наибольшей степени может затронуть Сибирь, Арктику и северные области страны. В областях с достаточным количеством водных ресурсов эти ресурсы будут увеличиваться, и напротив, засушливые регионы могут столкнуться с дальнейшим уменьшением увлажнения и опасностью засухи. В Центральном федеральном округе предполагается уменьшение снежного покрова, в то время, как на севере и на азиатской части снежный покров увеличится, что приведет к наводнениям и паводкам в весенний период. Вода играет огромное значение для жизни на Земле. Ее нельзя ничем заменить. Она нужна всем и всегда. Но вода может быть и причиной больших бед. Из них особое место занимают наводнения. По данным ООН за последние 10 лет во всем мире от наводнений пострадало 150 млн. человек. Статистика свидетельствует: по площади распространения, суммарному среднему годовому ущербу и повторяемости в масштабах нашей страны наводнения занимают первое место в ряду других стихийных бедствий. Что же касается человеческих жертв и удельного материального ущерба, то есть ущерба, приходящегося на единицу пораженной площади, то в этом отношении наводнения занимают второе место после землетрясений [6].

Также на протяжении всего века будет продолжаться процесс уменьшения ледяного покрова Северного Ледовитого океана, одновременно с этим будет передвигаться граница многолетней мерзлоты и увеличения слоя сезонного протаивания. Указанные изменения могут привести к риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного происхождения:

- повышенное таяние снежного покрова и сильные дожди приведут к увеличению числа крупных наводнений;
- резкие перепады температур приведут к возникновению ураганов, смерчей и тайфунов;
- повышение средней температуры воздуха вызовет засуху и как следствие, масштабные лесные пожары;
- ускоренное таяние снега и ледников приведёт к подъёму уровня мирового океана и затоплению больших прибрежных территорий;
- процесс таяния многолетней мерзлоты будет способствовать оползням и ослаблению фундаментов зданий и различного рода сооружений;
- на затопленных территориях увеличится число клещей, что приведёт к возникновению новых очагов инфекций и увеличению периода инфекционной опасности;
- аномально высокая летняя температура воздуха приведёт к увеличению смертности;
- климатически изменений вызовут уменьшение объёма источников питьевой воды.

Кардинальные изменения климата вызовут множественные чрезвычайные ситуации природного происхождения, которые могут стать причиной аварий и катастроф и нанести значительный ущерб, а также стать угрозой для жизни людей, проживающих в северных и южных регионах.

Происходящие природные и климатические изменения требуют изменить существующие методы ведения хозяйствования и внести изменения в экономическую модель и образ жизни человека. На уровне макроэкономики эти изменения должны произойти при составлении долгосрочных программ развития, в которых должны учитываться природные изменения в конкретном регионе и в целом, на уровне всей страны. На микроэкономическом уровне изменения должны затронуть технологические процессы, организацию производства и повседневную жизнь.

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций и эффективного реагирования необходимо проведение следующих мероприятий:

- создание централизованной системы, осуществляющей наблюдение за потенциально опасными природными явлениями;
- установление зон наибольшего риска и определение частоты возникновения опасных ситуаций;
- ограничение хозяйственной деятельности в зонах таяния многолетней мерзлоты;
- создание нового технического регламента, предусматривающего эксплуатацию техники в новых условиях;
- повышение мер защиты населения, проживающего в потенциально опасных регионах.

Итак, современный экологический кризис ставит под угрозу возможность устойчивого развития человеческой цивилизации. Деграция и уничтожение экосистем ведет к дестабилизации биосферы, утрате ее целостности и способности поддерживать необходимые для жизни качества окружающей среды. Преодоление кризиса возможно только на основе формирования нового, гармоничного типа взаимоотношений человека и природы.

В этих условиях Россия как страна, обладающая самой большой в мире территорией, а также огромным природно-ресурсным, экономическим и интеллектуальным потенциалом, должна взять на себя ответственность за комплексную защиту окружающей среды и поддержание глобальных функций биосферы. Между тем, вопросам обеспечения национальной и мировой экологической безопасности в стране уделяется крайне незначительное внимание, что в совокупности с нерациональным природопользованием со стороны крупнейших коммерческих корпораций приводит к активной деградации природной среды.

Согласно действующей Экологической доктрине Российской Федерации, к числу основных факторов такой деградации в Российской Федерации относятся:

- преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре экономики, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды;
- низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие рентных платежей за пользование природными ресурсами;
- резкое ослабление управленческих и контрольных функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- высокая доля теневой экономики в использовании природных ресурсов;
- низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных фондов;
- последствия экономического кризиса и невысокий уровень жизни населения;
- низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

Указанные факторы оказывают значительное влияние на состояние окружающей среды в Российской Федерации.

В развитых государствах научное сообщество, органы управления и корпорации постепенно начинают объединяться с целью совместного противостояния глобальным экологическим вызовам. Данная тенденция находит выражение в ужесточении ответственности за загрязнение окружающей среды, разработке и внедрении новых стандартов природоохранной деятельности, формировании экологической культуры населения и бизнеса. Крупнейшие компании принимают на себя обязательства в сфере социальной и экологической ответственности, внедряя их в структуру своей корпоративной стратегии.

В России проблемы защиты окружающей среды в значительной степени игнорируются, что подтверждает недостаток соответствующего нормативно-правового регулирования, широкое распространение нерациональных форм природопользования, низкий авторитет экологических организаций и устойчивое доминирование экономических интересов над экологическими. Между тем, обеспечение охраны окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов является одним из ключевых конституционно значимых благ, которые формируют основу долгосрочного социально-экономического развития, обуславливают материальную базу развития будущих поколений.

Наиболее серьезный ущерб окружающей среде в настоящее время наносит деятельность крупных корпораций, функционирующих в добывающей, нефтехимической, металлургической, целлюлозно-бумажной, кожевенной отраслях промышленности. Указанные предприятия имеют огромные прибыли, что в условиях высокой коррупции позволяет им

успешно обходить экологические запреты и осуществлять мероприятия, представляющие серьезную опасность для окружающей среды и здоровья населения.

Несмотря на воспринятую от западных стран тенденцию к разработке Кодексов корпоративной социальной ответственности и формированию ежегодных отчетов, включающих в себя параграфы о защите окружающей среды, реальная экологическая активность корпораций в России остается крайне низкой. Между тем, именно от экологической ответственности бизнеса зависит эффективность обеспечения экологической безопасности как одного из важнейших факторов развития России как правового и социального государства.

Итак, принципиальное значение для обеспечения устойчивости экосистем и снижения природных опасностей имеет принятие экологических решений на уровне отдельных корпораций. Экологическая ответственность бизнеса – это одно из направлений социальной ответственности, которое предполагает:

- осознание субъектами предпринимательской деятельности их непосредственных функций в системе «общество – природа»;
- понимание необходимости признания и соблюдения общественных норм в отношении защиты окружающей среды;
- оценка собственной деятельности в контексте ее экологических последствий для компании и ее сотрудников, а также для местного сообщества, государства и мира в целом;
- готовность модифицировать свою деятельность с целью недопущения неблагоприятных экологических последствий ее осуществления.

Создание системы принятия экологических решений и защиты окружающей среды в рамках социальной ответственности бизнеса должно начинаться с комплексного анализа сложившейся ситуации, который может производиться на различных уровнях. Результатом такого анализа должны стать методики, обеспечивающие сокращение сброса вредных веществ в природные среды, а также более высокий уровень переработки твердых отходов. Данные меры позволят остановить нарастающий экологический кризис и снизить уровень природных опасностей во всем мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. В ООН заявили о пятикратном росте стихийных бедствий в мире за 50 лет // РБК. URL: <https://www.rbc.ru/society/01/09/2021/612f595f9a7947bf996c4375>.
2. Крепша Н.В. Опасные природные процессы / Н.В. Крепша. Томск, Издательство ТПУ, 2014. 290 с.
3. Опасные природные процессы: учебник / М. В. Бедило, А. Г. Заворотный, А. Н. Неровных [и др.] / 2-е изд. перераб. и доп. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 308 с.
4. Опасные природные процессы: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко, А.А. Смаглюк; под ред. В.Ю. Радоуцкого. Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. 206 с.
5. Санкт-Петербургские ведомости №22(2412). СПб., 2001.
6. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. «Гидрометеиздат». Л., 1988.

REFERENCES

1. V OON zajavili o pjatikratnom roste stihijnyh bedstvij v mire za 50 let // RBC. URL: <https://www.rbc.ru/society/01/09/2021/612f595f9a7947bf996c4375>
2. Krepscha N.V. Opasnye prirodnye processy: Study guide / Tomsk, Izdatel'stvo TPU, 2014. 290 p.
3. M. V. Bedilo, A. G. Zavorotnyj, A. N. Nerovnyh [i dr.] Opasnye prirodnye processy: Study guide / 2-e izd. pererab. i dop. M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2020. 308 p.
4. Opasnye prirodnye processy: ucheb. posobie / V.Ju. Radouckij, V.N. Shul'zhenko, A.A. Smagljuk; pod red. V.Ju. Radouckogo. / Belgorod, Izd-vo BGTU, 2007. 206 p.
5. Sankt-Peterburgskie vedomosti №22(2412) / SPb. 2001.
6. Nezhihovskij R.A. Navodnenija na rekah i ozerah. «Gidrome teoizdat». L., 1988.

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ МАЙКОПСКОГО КОМПЛЕКСА ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

© Даукаев Арун Абалханович (а), Абубакарова Элиза Ахметовна (а, б),
Гапураева Лаура Уддиевна (б), Кадыров Тамерлан Салаудинович (б),
Согоипов Ильяс Ахмедович (б)

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

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

Аннотация. Статья посвящена истории и современного состояния изученности майкопских отложений, освещены вопросы перспектив нефтегазоносности палеогеновых отложений ТКП. Приводятся сведения о литологии, стратиграфии и нефтегазоносности отложений. Упоминаются основные исследователи майкопских отложений с начала 20-х годов XX в. Приводятся первые схемы стратиграфического расчленения майкопских отложений. Касаясь современного этапа исследований упоминается об открытии новой залежи нефти нижнемайкопских отложениях в пределах Хаянкортовского месторождения.

Ключевые слова: Восточное Предкавказье, Майкопский комплекс, нефтегазоносность, залежи нефти и газа, литология, стратиграфия.

THE HISTORY AND CURRENT STATE OF THE OIL AND GAS GEOLOGICAL DE- VELOPMENT OF THE MAIKOP COMPLEX OF DEPOSITS ON THE TERRITORY OF CHECHEN REPUBLIC

© Daukaev Arun Abalkhanovich (a), Abubakarova Eliza Akhmetovna (a, b),
Laura Uddievna Gapuraeva (b), Tamerlan Salaudinovich Kadyrov (b),
Ilyas Akhmedovich Sogoipov (b)

(a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation,
Grozny; daykaev@mail.ru

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

Abstract. The article is devoted to the history and current state of the study of the Maikop deposits, the issues of the prospects of the oil and gas potential of Paleogene deposits of the TAP

are consecrated. Information on the lithology, stratigraphy and oil and gas content of deposits is provided. The main researchers of the Maikop deposits from the early 20s of the twentieth century are mentioned. The first schemes of stratigraphic dismemberment of the Maikop deposits are given. Referring to the current stage of research, it is mentioned about the discovery of a new oil deposit in the Lower Maikop deposits within the Khayankortovskoye field.

Key words: Eastern Pre-Caucasus, Maikop complex, oil and gas potential, oil and gas deposits, lithology, stratigraphy.

Майкопский комплекс отложений, соответствующий олигоценовому отделу и низам миоцена, прежде всего, известен как региональный флюидоупор для скоплений нефти и газа в фораминиферо-верхнемеловых карбонатных породах. Вместе с тем, в этом комплексе установлены залежи нефти и газа, а разных регионах России, в частности районах Северного Кавказа.

Майкопским отложениям посвящены публикации и фондовые работы многих исследователей – Н.И. Андрусова, Н.С. Шатского, Н.С. Золотницкого, К.П. Калицкого, А.А. Хуциева, А.И. Цатурова, Б.П. Жижченко, П.П. Забаринского, Л.П. Гмида, Г.А. Макаренко, В.Д. Сомова и др. Изучение майкопских отложений и разведочные работы на них начались еще в конце 19 века, и уже в 1902 г. в скв.1 из хадумских отложений нижнего майкопа на Берикейской площади южного Дагестана был получен приток нефти [7, 9, 12]. Целенаправленные геолого-поисковые и разведочные работы на майкопские отложения начали проводить с 20-х годов прошлого века. В начальный период они были сосредоточены, главным образом, в нагорной части Чечни и в Южном Дагестане. На территории Чеченской Республики в конце 20 и в 30-гг. разведочные работы на нефть и газ проводились на пл. Стерч-Кертычки, Беной и Кюрин - Беной, Дарго и Ведено-Махкеты. На пл. Стерч-Кертычки пробурили 10 скважин по двум профилям. В скв. 1 и 2, на восточном профиле были получены фонтанные притоки нефти. На пл. Беной и Кюрин-Бенной были пробурены 4 скважины (№№ 8,9,22,30) [3, 6]. В скв. 8 и 9 были отмечены нефтегазопроявления. На пл. Дарго бурилась только 1 скважина. В пройденных скважиной песчаных пластах майкопа фиксировались признаки нефтеносности. На Ведено-Махкетинской площади бурились скв. 13 и 14, в которых отмечались интенсивные нефтепроявления в виде кратковременных фонтанных выбросов из нижнемайкопских отложений. В пределах южного Дагестана геолого-разведочные работы проводились на площадях Дузлак, Хошмензил и Даг.огни. Пробуренными на этих площадях скважинами были установлены нефтяные и газовые залежи хадумских отложениях. В начале 1930-х гг. геологоразведочные работы с задачами выяснения нефтегазонасности майкопских отложений проводились на Карабулакской, Старогрозненской и Бенной площадях. В пределах последней были пробурены более 10 скважин. В скважине 1 на Бенной площади был получен кратковременный приток нефти с дебитом около 400 т/сутки.

С начала XX в. Н.И. Андрусовым, Н.С. Шатским, К.А. Прокоповым, А.А. Хуциевым, Н.С. Золотницким, А.К. Богдановичем и др. [1]. Были разработаны различные схемы стратиграфического расчленения майкопских отложений. Согласно стратиграфической схеме А.А. Хуциева и К.А. Прокопова майкопская серия расчленялась на три части [10, 12].

Однако, в практике проведения геологоразведочных работ на территории Северного Кавказа принята схема, в соответствии которой майкопские отложения расчленяются на две подсерии: нижнемайкопская и верхнемайкопская. Нижнемайкопская подсерия (олигоцен) включает в себе следующие свиты: хадумская, миатлинская, нижнеглинская, муцидакальская, аргунская и алкунская.

Хадумская свита, располагающая в основании майкопской серии сложена чередующимися известковыми и неизвестковыми, сланцеватыми глинами темно-серого цвета с прослоями мергелей и мергелистых сланцев. Толщина свиты изменяется от 20 м в центральной части передовых хребтов до 70-80 м в западной части. Породы миатлинской свиты, залегающие на хадумских отложениях представлены различными толщами слабосланцеватых глин с прослоями и пачками песчано-алевритовых пород. По данным ГИС В миатлинской свите выделяется пять, а в муцидакальской свите шесть пачек песчано-алевритовых пород. Породы аргунской и алкунской свит, залегающие в кровельной части нижнего майкопа сложены темно-серыми глинами с прослоями песчаников, мергелей и других пород. Общая толщина последних двух свит изменяется от 120 до 530 м.

В пределах рассматриваемой территории отмечается определенная закономерность в изменении песчаности нижнемайкопских отложений [2, 9]. В западной и восточной частях фиксируются наибольшие толщины песчаных пластов. В центральной части Передовых хребтов, в Петропавловской и Алханчуртской впадинах отмечаются минимальные мощности песчаных толщ. В целом же наибольшая толщина всей нижнемайкопской подсерии отмечена в районе Брагунской и Горячеисточненской складок.

В послевоенное время были получены новые данные о нефтегазоносности майкопских отложений на ряде площадей Терско-Сунженской складчатой зоны. В 1952 г. на пл. Карабулак (скв.10) из нижнемайкопских отложений был получен промышленный приток нефти. Нефтепроявления в виде слабых притоков были зафиксированы также на площадях Хаянкорт, Старогрозненская и др.

В 1980-х гг. на основе геологической интерпретации материалов сейсморазведки МОГТ в Затеречной равнине было установлено, что отражающие поверхности, развитые в нижней части майкопской толщи, не везде согласно залегают с опорными отражающими горизонтами (N^2_1 с и $P_{1+2} - K_2$) и имеют косослоистый характер. Эти поверхности несогласий и увязанные с ними отражающие границы на временных разрезах оконтурены в локальные объекты, именуемые в литературе как клиноформы [3-5]. На северо-востоке ЧР в Затеречной равнине выделено два таких объекта северо-западной ориентировки, со сложным извилистым характером и наличием заливообразных участков.

С начала 2000-х гг. вышли несколько публикаций, в которых затрагивались проблемы и перспективы освоения майкопских отложений. В работе [13] майкопские пелитовые отложения рассматриваются в качестве потенциальных источников, так называемой, «сланцевой нефти». Отмечается, что основные перспективы могут быть связаны с участками развития дизъюнктивных нарушений, где майкопские отложения характеризуются благоприятными коллекторскими свойствами. В работе [4] были перечислены основные направления поисково-разведочных работ на палеогеновый комплекс отложений, в том числе на нижнемайкопские отложения, заключающиеся в доразведке месторождений путем перевода ранее пробуренные на верхний мел скважин на вышележащие горизонты палеоцен-эоцена и майкопа (возвратные работы).

В последние годы проводился анализ и обобщение геолого-геофизических и промысловых материалов прошлых лет по Хаян-Кортвовскому месторождению Чеченской Республики, по результатам которых выделены и обоснованы объекты IV-V пачек миатлино-муцидакальской свиты, представляющие интерес с точки зрения поиска и разведки залежей углеводородов [14].

Для оценки перспектив нефтегазоносности в 2022 году были проведены геолого-технические мероприятия, заключающиеся в опробовании I и II пачки (по промысловой номенклатуре V и IV пачки, соответственно) миатлино-муцидакальской свиты майкопской серии (олигоцен), соответствующие в четырех бездействующих скважинах: №№54, 67, 82 и 83. Во всех скважинах были получены промышленные притоки нефти и газа. Таким образом, в пределах Хаянкортовского месторождения установлена новая залежь нефти и газа, приращены запасы нефти категориям В1 и В2 в количестве более 2 млн. т.

Перспективы установления новых залежей нефти и газа в нижнемайкопских отложениях основываются следующими факторами: наличие открытых залежей УВ в разных районах Восточного Предкавказья и получения непромышленных притоков в многочисленных скважинах; развитие песчаности майкопских отложений в зонах наибольшего прогибания; благоприятные структурные и литолого-стратиграфические условия (антиклинальное строение, выклинивание или клиноформное залегание коллекторских пластов, зоны разуплотнения глинистых пропластков на участках развития разрывных нарушений) для формирования скоплений нефти и газа [8].

С учетом перечисленных факторов к наиболее перспективным зонам можно отнести: Западная и центральная части Сунженского хребта, центральная и восточная части Терской и Притеречной антиклинальных зон, район южного Дагестана и юго-востока Чеченской республики, отдельные участки и площади северного борта ТКП. Некоторые исследователи рассматривают майкопский комплекс отложений Центрального и Восточного Предкавказья в качестве потенциального источника «сланцевой нефти и газа» [11, 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология нефтяных месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области / Керимов И.А., Борисенко З.Г., Даукаев А.А. и др. Справочник. Грозный: АН ЧР, 2010. 253 с.
2. Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья / под ред. И.О.Брода. Ленинград: Гостоптехиздат, 1958. 621 с.
3. Даукаев А.А. Майкопский комплекс отложений ТКП как резерв для наращивания ресурсного потенциала УВ-сырья // Межотраслевой институт «Наука и образование». № 5, 2015. С. 98-100.
4. Даукаев А.А. Палеогеновый комплекс отложений ТКП как перспективное направление ГРП на нефть и газ // Тр. КНИИ РАН. Вып.8. Грозный: КНИИ РАН, 2015. С. 213-219.
5. Изучение клиноформ майкопа в Восточном Предкавказье / Кунин Н.Я. и др. // Геология нефти и газа. № 10, 1987. С. 18-24.
6. Макаренко Г.А. Разведка Бенойского месторождения // Грозненский нефтяник, № 1-3, 1934. С.33-40

7. Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала: Дагкнигиздат, 1986. 312 с.
8. Перспективы поиска залежей УВ в коллекторах трещинного типа в глинисто-карбонатных отложениях олигоцена Центрального Предкавказья / Шарафутдинов В.Ф., Бочкарев А.В., Корост С.Р., Колобин В.В. // Актуальные вопросы нефтегазовой отрасли. Материалы Всероссийской научно-технической конференции в рамках 4-й всероссийской научно-технической конференции «современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии». Ставрополь: ООО ИД ТЭСЭРА, 2014. С.83-87.
9. Сабанаев К.А., Черкашин В.И. Олигоцен-нижнемиоценовый комплекс – мощный резерв увеличения нефтедобычи в Восточном Предкавказье // Вестник ДНЦ, № 35. 2009.
10. Сомов В.Д. Перспективы нефтегазоносности палеогеновых отложений Восточного Предкавказья// Труды ГРОЗНИИ. вып. VIII, 1960. С.56-63.
11. Фисенко И.В., Кузмина Ю.Н., Сизов В.Ф. Сланцевая нефть: Мировые тенденции и перспективы развития добычи Российской федерации // Актуальные вопросы нефтегазовой отрасли. Материалы Всероссийской научно-технической конференции в рамках 4-й всероссийской научно-технической конференции «современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии». Ставрополь: ООО ИД ТЭСЭРА, 2014. С.260-363.
12. Хуциев А.А. Майкопские отложения Восточного Предкавказья с точки зрения возможных в ней залежей нефти различного типа // Отчет ГРК. Грозный, 1952. 114. с.
13. Яндарбиев Н.Ш. Перспективы нефтегазоносности территории ЧР и сопредельных районов // Нефтяная отрасль ЧР: Состояние, проблемы и приоритетные направления развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции в г. Грозный 20 сентября 2012 г. Грозный: АН ЧР, 2012. С. 156-170.
14. Уздиева Н.С., Магоматов И.А. Результаты ГРП по выявлению пропущенных объектов на Хаян-Кортовском нефтяном месторождении // Грозненский естественнонаучный бюллетень. Т. 8. № 2(32), 2023. С. 65-71.

REFERENCES

1. Geology of oil fields of the Tersko-Sunzhenskaya oil and gas bearing region / Kerimov I.A., Borisenko Z.G., Daukaev A.A., etc. Guide. Grozny: AN CHR, 2010. 253 p.
2. Geology and oil and gas potential of the Eastern Caucasus / ed. by I.O. Brod. Leningrad: Gostoptehizdat, 1958. 621 p.
3. Daukaev A.A. Maikop complex of ТКР deposits as a reserve for increasing the resource potential of hydrocarbon raw materials // Intersectoral Institute "Science and Education". No. 5, 2015. Pp. 98-100.
4. Daukaev A.A. Paleogene complex of TCP deposits as a promising direction of exploration for oil and gas // Tr. KNII RAS. Issue 8. Grozny: KNII RAS, 2015. pp. 213-219.
5. The study of the Maikop clinofolds in the Eastern Pre-Caucasus / Kunin N.Ya. et al.// Geography of oil and gas. No. 10, 1987. Pp.18 – 24.
6. Makarenko G.A. Exploration of the Benoyskoye field // Grozny oilman, No. 1-3, 1934. Pp.33-40

7. Mirzoev D.A., Sharafutdinov F.G. Geology of Dagestan oil and gas fields. Makhachkala: Dagknigizdat, 1986. 312 p.
8. Prospects for the search for hydrocarbon deposits in fractured reservoirs in clay-carbonate deposits of the Oligocene of the Central Caucasus / Sharafutdinov V.F., Bochkarev A.V., Korost S.R., Kolobin V.V. // Actual issues of the oil and gas industry. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference in the framework of the 4th All-Russian Scientific and Technical Conference "modern problems of geology, geophysics and geoecology". Stavropol: LLC ID TESERA, 2014. Pp.83-87.
9. Sabanaev K.A., Cherkashin V.I. Oligocene-Lower Miocene complex – a powerful reserve for increasing oil production in the Eastern Precaucasia // Bulletin of the DNC, No. 35. 2009.
10. Somov V.D. Prospects of oil and gas content of Paleogene deposits of the Eastern Precaucasia// Proceedings of GROZNY. vol. VIII, 1960. Pp.56-63.
11. Fisenko I.V., Kuzmina Yu.N., Sizov V.F. Shale oil: Global trends and prospects for the development of production in the Russian Federation // Topical issues of the oil and gas industry. Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference within the framework of the 4th All-Russian Scientific and Technical Conference "modern problems of geology, geophysics and geoecology". Stavropol: LLC ID TESERA, 2014. Pp.260-363.
12. Khutsiev A.A. Maikop deposits of the Eastern Pre-Caucasus from the point of view of possible oil deposits of various types in it // Report of the GRK. Grozny, 1952. 114. p.
13. Yandarbiev N.S. Prospects of oil and gas potential of the territory of the CR and adjacent areas // Oil industry of the CR: State, problems and priority directions of development. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference in Grozny on September 20, 2012 Grozny: Academy of Sciences of the Czech Republic, 2012. Pp. 156-170.
14. Uzdieva N.S., Magomadov I.A. Results of exploration to identify missed objects at the Khayan-Kort oil field // Grozny Natural Science Bulletin. Vol. 8. No. 2(32), 2023. Pp. 65-71.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© **Ибрагимов Кюри Хамзатович (а), Ибрагимов Алхазур Кюриевич (b),
Ибрагимов Джаммирз Кантаевич (с)**

(а) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; лаборатория социально-политических исследований, г.н.с., проф., д.с.-х.н, к.ю.н., 7800467@mail.ru

(b) предприниматель, к.э.н., 7800467@mail.ru

(с) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; лаборатория экономических исследований, н.с., ibragimov95@mail.ru

Аннотация. В работе описаны современные вопросы рационального природопользования на землях сельскохозяйственного назначения. Показаны негативные последствия нерационального использования пахотных земель и сопряженных с ними иных природных объектов. Показано, что нерациональное и неэффективное природопользование на землях сельскохозяйственного назначения уже давно не способствует естественному самовосстановлению природного потенциала пахотных угодий, а продукция, выращиваемая на истощенных землях из года в год, теряет не только количество, но и качество производимого урожая сельскохозяйственных культур. Предложены меры по решению данной проблемы.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, природные объекты, почвенное плодородие, биоразнообразие, земледелие, рациональное природопользование, законодательство

MODERN ISSUES OF RATIONAL NATURE MANAGEMENT ON AGRICULTURAL LAND

© **Ibragimov Kyuri Khamzatovich (a), Ibragimov Alkhazur Kyurievich (b),
Ibragimov Jammirz Kantaevich (c)**

(a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; Laboratory of Socio-Political Research, Senior Researcher, Prof., Doctor of Agricultural Sciences, Ph.D., 7800467@mail.ru

(b) entrepreneur, Ph.D., 7800467@mail.ru

(c) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; laboratory of economic research, researcher
ibragimov95@mail.ru

Abstract. The paper describes modern issues of rational nature management on agricultural land. The negative consequences of the irrational use of arable land and other natural objects associated with them are shown. It is shown that irrational and inefficient nature management on agricultural lands has not contributed to the natural self-restoration of the natural potential of arable land for a long time, and products grown on depleted lands from year to year lose not only the quantity, but also the quality of the crops produced. Measures are proposed to solve this problem.

Key words: agricultural land, natural objects, soil fertility, biodiversity, agriculture, environmental management, legislation.

Земли сельскохозяйственного назначения и сопряженные с ними иные природные объекты (почвы, биоразнообразие, воздух, вода, материнская порода и др.) детерминируют такое понятие как уровень жизни народа, проживающего на соответствующей территории, поскольку от их качества и эффективного использования зависят его экологическая и продовольственная безопасность. Если многие предшествовавшие современной индустриальной эпохе поколения людей, в том числе, в силу малочисленности человечества, находили возможности гармоничного сосуществования с Природой, то современное природопользование на землях сельскохозяйственного назначения, к сожалению, зачастую сопровождается безвозвратным ухудшением природного потенциала данной категории земель. Создается впечатление, что современные земледельцы в своем большинстве работают по принципу: «После нас хоть потоп!» Одной из главных причин такого отношения к пахотным угодьям является то, что оценке основных нравственных качеств правообладателей земельных участков не уделяется никакого внимания, и даже, отсутствуют какие-либо общепринятые теоретические и методологические подходы, позволяющие охарактеризовать их поземельное поведение, практически не разработан понятийный аппарат нравственной идентификации манеры их действий на землях сельскохозяйственного назначения [1, с. 14].

Интенсивное земледелие, основанное на применении всевозможной губительной химии и мощной сельскохозяйственной техники, в связи с их грубым вмешательством в естественные природные процессы, кардинально разрушает природные ландшафты, приводит к биологическому дисбалансу, накоплению в почвах химических загрязнителей. Последние не только могут улетучиваться, загрязняя воздух, но и попадать в поверхностные и подземные водоисточники, снижая их пригодность для всех живых организмов данной территории. Неслучайно профессор Мэрилендского университета Э. Герман отмечал: «Я рассматриваю экономику как открытую подсистему, которая зависит от естественной экосистемы в отношении своих источников сырья и стоков отходов. Экосистема конечна, не растуща и материально замкнута. Наша экономика выросла относительно экосистемы настолько, что ее влияние угрожает превзойти естественную способность экосистемы восстанавливать ресурсы и поглощать отходы. Для меня это означает: направление экономического прогресса должно быть изменено с роста (количественного расширения) на развитие (качественное улучшение)» [8]. Данное качественное улучшение почв при современном дисбалансе круговорота веществ в Природе невозможно. Дело в том, что на протяжении веков и тысячелетий крестьяне восполняли вынос элементов питания из почв внесением органического удобрения, т.е. навоза. Однако сегодня животных вскармливают кормами с захимиченных

полей. Более того, в корма животным добавляют множество химических препаратов – антибиотиков, гормонов роста и т.д. Поэтому навоз от таких животных также является химическим, и кроме вреда, пользы от такого унавоживания почв не предвидится.

Приведем пример. Два года назад почва в саду нуждалась в удобрении навозом. Поскольку на промышленных фермах о чистом навозе и думать не приходится, предприняли попытку заиметь навоз с частных подворий. Фермеры чуть ли не клялись в том, что не применяют химию в кормах. Понятное дело, - их интерес в том, чтобы задарма очистить скотный двор от навоза. ... Берем вилы и отделяем навоз от земли: в экологичные времена в таких местах контакта бывало множество тонких червей, которых мы брали на рыбалку. Теперь же здесь нету ни одного червя, ни одного живого организма. Отсюда вытекает, что восстановление плодородия почв невозможно без ведения экологического животноводства.

Нерациональное и неэффективное природопользование на землях сельскохозяйственного назначения уже давно не способствует естественному самовосстановлению природного потенциала пахотных угодий, а продукция, выращиваемая на истощенных землях из года в год, теряет не только количество, но и качество производимого урожая сельскохозяйственных культур. В борьбе за доступ к потребному количеству и качеству сельскохозяйственного продовольствия в голодающих странах нередко вспыхивают войны. Так, по данным Организации Объединенных Наций, дефицит природных ресурсов детерминируют 40 процентов всех внутренних конфликтов [7]. Галопирующее истощение почвенного плодородия стало системным экзистенциальным риском для всего человечества! И эта трагедия не является только лишь результатом хищнической эксплуатации почв современного общества. Как справедливо отметил Гильермо Кастро Эррера «экологические проблемы сегодняшнего дня берут свое начало в наших вчерашних вмешательствах в экосистемы» [6].

Истощение почвенного плодородия не может не возрасти по трем причинам: из-за роста народонаселения Земли; из-за роста благосостояния людей и появления возможностей потребления большего объема сельскохозяйственного продовольствия; из-за того, что большинство технологических воздействий на почвы не учитывает масштабы тех негативных последствий, которые они влекут за собой, более того, не принимают в расчет способность Природы пахотных земель к самовосстановлению.

Все эти три причины – есть суть зла, присущего современному человеку, а именно: отсутствие чувства меры во всем. Недаром еще Пифагор говорил: «Не будь амбициозным и скупым; справедливая мера превосходна в таких случаях. ... Мера - это то, что не вредит» [3]. Человек, общество, государство в обращении с Природой должны знать, когда необходимо остановиться. А это означает, что рост народонаселения планеты должен ограничиваться, что потребление человеком продовольствия должно регулироваться в разумных пределах.

Изменение климата постоянно обостряет данную проблему. Вызываемые им засухи требуют дополнительных объемов поливной воды, оросительный дебит которой ежегодно значительно снижается из-за интенсивного таяния горных ледников и снежников, и нарушения регулярности выпадения осадков и их количества. Постоянный дефицит влажности почвы приводит к необратимому ингибированию почвообразовательного процесса и истощению плодородия сельскохозяйственных земель. Никто из ученых не может спрогнозировать насколько лет человечество может быть обеспечено плодородием данных земель, и, соответственно, сельскохозяйственным продовольствием, с учетом роста народонаселения

и неуклонного снижения природного потенциала пахотных угодий, равно как и не в состоянии предложить социально приемлемые меры по восстановлению исходного состояния равновесия Природы на пахотных территориях.

Между тем, угрожающие драматические масштабы потерь почвенного плодородия и естественного потенциала иных сопряженных с пашней природных объектов приобретают экзистенциальный характер и детерминируют необходимость всеобъемлющего междисциплинарного системного исследования данной проблемы совместными усилиями ученых юристов, философов, почвоведов, экологов, агрономов, экономистов и др.

Фабулой их коллективного творчества в данной сфере, вероятно, должно стать следование принципу: сельскохозяйственное природопользование должно осуществляться не вопреки законам Природы, а в синергетическом взаимодействии с ними. Достижение последнего на пахотных угодьях затруднено тем специфическим обстоятельством, что в землепользовании действует значительная инерционность проявления негативных последствий от применения неэкологичных технологий. Может случиться и так, что последние проявятся лишь через ряд лет, когда процесс рекультивации плодородия земель будет необратимым. «Поэтому, - как справедливо считает Г. Цейтлер, - «задачей экономики является разработка междисциплинарных моделей того, как можно свести ущерб к минимуму, чтобы природные и экономические процессы могли сосуществовать во взаимно устойчивом состоянии равновесия. ... Однако прогнозы ученых по своей природе расплывчаты и чреватые большой неопределенностью. Но одно, мягко говоря, кажется очевидным: недостатки намного перевесят преимущества» [8]!

Представляется, что решение данной проблемы невозможно без проведения государством соответствующей стратегической агрессивной природоохранной политики, выражающейся в выработке стратегии эффективного и рационального природопользования на землях сельскохозяйственного назначения, предусматривающей, в том числе, стандарты устойчивого землепользования и правовое регулирование юридической ответственности правообладателей земельных участков за ненадлежащее и небрежное отношение к плодородию почв и потенциалу иных природных объектов. Причем, данная политика должна быть увязана с интересами обеспечения экологической и продовольственной безопасности будущих поколений людей, отдаленных в долгосрочной перспективе. Обеспеченность не только настоящего, но и грядущих поколений людей продовольствием не должна подвергаться серьезному риску. А это возможно только на основе восстановления плодородия почв и природных потенциалов иных природных объектов, сопряженных с землями сельскохозяйственного назначения. Только при достижении этих экологических целей можно будет утверждать о восстановлении устойчивого природопользования. Другими словами, сельское хозяйство должно быть совместимо с Природой, а не её антагонистом. Экологические интересы будущих поколений россиян в российском экологическом законодательстве учитываются недостаточно. Так, в ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7 от 10.01.2002 г. они учитываются единожды, и то - лишь в преамбуле к закону.

Гармония аграрного производства и Природы может быть достигнута только при помощи прогрессивного экологического законодательства, которое бы регулировало не только насущные земельно-правовые и эколого-правовые проблемы, но и с ориентацией на решение отложенных экологических проблем.

Приоритетным представляется правовое регулирование следующих мероприятий:

- поэтапный перевод агроландшафтов на полный отказ сельского хозяйства от применения всякой химии: гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, минеральных удобрений и др.;

- применение многофункциональных агрегатов сельскохозяйственных машин, способных за один проход выполнять несколько технологических операций, например, лущение стерни, вспашку почвы, измельчение и выравнивание почвы после вспашки и т.д.;

- налогообложение сельскохозяйственного продовольствия, произведенного с применением химических веществ и генно-модифицированных организмов;

- пересмотр с новых экологических позиций прав потребителей сельскохозяйственной продукции и др.

Завершить настоящую статью хотелось бы справедливыми словами Ливио Каде: «Глобализация, скорость, средства связи, сузили мир, сделали его все более ограниченным и замкнутым пространством. ... Современность - это закрытый, душный Дедал, где все близко. Поэтому человеку необходимо еще раз ощутить отдаленность и необъятность Природы. ... Ищите те места, где открывается мир, и вибрирует безграничная, неизведанная, тайна Природы» [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ибрагимов К.Х., Зубкаева Ф.К., Ибрагимов А.К. Нравственные основания земельного права. Грозный, 2022. 14 с.
2. Ибрагимов К.Х. Природа и Дэнил: научно-популярный роман. Грозный, 2022. 307 с.
3. 35 самых известных фраз Пифагора // <https://ru.sainte-anastasia.org/articles/frases-y-reflexiones/las-35-mejores-frases-clebres-de-pitgoras.html> (дата обращения: 25.06.2023).
4. Für Mensch und Umwelt. 24.08.2021 // <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen> (дата обращения: 25.06.2023).
5. di Livio Cadè - 18/01/2021 // <https://www.ariannaeditrice.it/articoli/della-natura>
6. Guillermo Castro Herrera. De civilización y naturaleza. 10.2005 // <https://journals.openedition.org/polis/7594> (дата обращения: 25.06.2023).
7. Ressourcennutzung und ihre Folgen / Das Umweltbundesamt // <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen> (дата обращения: 25.06.2023).
8. Gerd Zeitler. Wirtschaft und Biosphäre // <https://gerdzeitler.wordpress.com/wirtschaft-und-biosphaere/> (дата обращения: 25.06.2023).

REFERENCES

1. Ibragimov K.Kh., Zubkaeva F.K., Ibragimov A.K. Moral foundations of land law. Grozny, 2022. 14 p.
2. Ibragimov K.H. Nature and Daniel: a popular science novel. Grozny, 2022. 307 p.
3. The 35 most famous phrases of Pythagoras // <https://ru.sainte-anastasia.org/articles/frases-y-reflexiones/las-35-mejores-frases-clebres-de-pitgoras.html> (accessed: 06.25.2023).
4. Für Mensch und Umwelt. 24.08.2021 // <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen> (accessed: 06.25.2023).
5. di Livio Cadè - 18/01/2021 // <https://www.ariannaeditrice.it/articoli/della-natura>

6. Guillermo Castro Herrera. De civilización y naturaleza. 10.2005 // <https://journals.openedition.org/polis/7594> (accessed: 06.25.2023).
7. Ressourcennutzung und ihre Folgen / Das Umweltbundesamt // <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen> (accessed: 06.25.2023).
8. Gerd Zeitler. Wirtschaft und Biosphäre // <https://gerdzeitler.wordpress.com/wirtschaft-und-biosphaere/> (accessed: 06.25.2023).

УДК 51(090)

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2023.13.2.011

ФИЗИКА: ЧЕЧЕНСКИЙ ВКЛАД В НАУКУ

© Якубов Аинды Вагаевич

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; ведущий научный сотрудник, кандидат педагогических наук, доцент, ayakubov@mail.ru

Аннотация. В данной статье приводится краткий обзор достижений лиц чеченской национальности, ставших кандидатами и докторами физико-математических наук по направлению «Физика».

Впервые приведена хронология защит диссертаций и список чеченцев, защитивших кандидатские и докторские диссертации по физико-математическим наукам по данному направлению. Приведена краткая характеристика наиболее значимых результатов, достигнутых ими в результате исследований. Более подробно рассмотрены биографии и научные результаты Х.И. Ибрагимова, Р.Х. Дадашева, А-Х.М. Бислиева, З.С. Умхаевой и Р.М. Магомадова.

Ключевые слова: физика, чеченцы-кандидаты физико-математических наук, доктора физико-математических наук, научные результаты, статистика научных результатов.

PHYSICS: CHECHEN CONTRIBUTION TO SCIENCE

© Yakubov Aindy Vagayevich

Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; leading researcher, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, ayakubov@mail.ru

Abstract. This article provides a brief overview of the achievements of persons of Chechen nationality who became candidates and doctors of physical and mathematical sciences in the direction of "Physics".

For the first time, the chronology of dissertation defenses and the list of Chechens who defended candidate and doctoral dissertations in physical and mathematical sciences in this area are given. A brief description of the most significant results achieved by them as a result of research is given. The biographies and scientific results of Kh.I. Ibragimov, R.Kh. Dadashev, A.H.M. Bisaliev, Z.S. Umkhayeva and R.M. Magomadov are considered in more detail

Key words: physics, Chechens-candidates of physical and mathematical sciences, doctors of physical and mathematical sciences, scientific results, statistics of scientific results.

Говоря о вкладе чеченцев в физическую науку, надо говорить, если не обо всех достижениях, что для статьи невозможно из-за ограниченности объема, то хотя бы об основных, наиболее значимых результатах.

Вершиной научных достижений чеченцев в науке, не только в физике, остается результат Ахмеда Магамедовича Цебиева (1935-2000). Им, в 1959 году, в соавторстве с группой лиц, при документально доказанной его определяющей роли, было сделано открытие нового физического явления – генерации и усиления электромагнитных колебаний при определенных условиях. Это открытие оказало революционное влияние на развитие данного направления физики, имело и имеет огромное прикладное значение. Но диссертацию А.М. Цебиев защитил по техническим наукам, поэтому в данной статье ограничимся лишь указанием на достигнутый результат в области физики.

В последние десятилетия появляются отдельные статьи, посвященные научным результатам ученых-чеченцев, в т.ч. и в физике. Истории становления и развития физической науки в Чеченской Республике, вклада в нее представителей чеченской национальности посвящено достаточно большое количество работ [1-11]. Однако эти исследования разрознены и не систематизированы. В системной форме изучение не проводилось.

Чеченские зерна в физической науке начали прорастать к 60-х годам XX века сначала в вузах республики, а затем и в других учреждениях и регионах. Тогда же начались и систематические научные исследования по актуальным проблемам современной физики.

К 80-м годам прошлого века в ЧИАССР, как тогда называлась республика, сложилась целая сеть научных учреждений, где проводились научные исследования по актуальным проблемам фундаментального и прикладного характера.

Период расцвета и наиболее полного раскрытия научного потенциала творческой интеллигенции приходится на это время. Основные исследования в области физики, как сказано выше, проводились на базе вузов республики, где был сосредоточен огромный научный потенциал. Главным в тот период был Чечено-Ингушский государственный педагогический институт, впоследствии преобразованный в университет, ныне Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова. На физическом факультете университета (ЧИГУ) в то время работали молодые ученые, выпускники ведущих вузов страны: МГУ, ЛГУ, РГУ, ДГУ, ЛПИ и т. д., а также недавние студенты Чечено-Ингушского государственного университета. Шел интенсивный процесс открытия новых учебных и научных лабораторий. Об этом более подробно написано в работах [1, 4, 10].

К примеру, лаборатория по физике магнитных явлений, созданная на кафедре общей физики ЧИГУ под руководством ее заведующего Бислиева Абдул-Хамида Махмудовича, входила в число исполнителей межвузовской целевой программы «Кристалл».

В основной части, для исключения дублирования и экономии печатной площади, не указываются названия тем диссертаций, шифры, т.к. они приведены в хронологическом описании в конце статьи. В статье использованы ранее опубликованные материалы о докторов наук: Ибрагимов Х.И., Дадашев Р.Х., Умхаева З.С., Магомадов Р.М.

Первым физиком среди чеченцев, кто в 1965 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, стал **Ибрагимов Хамзат Исмаилович**, впоследствии – доктор химических наук, профессор, член-корр. РАЕН.

В конце 60-х годов под руководством Х.И. Ибрагимова на физическом факультете университета была открыта аспирантура, которая к концу 80-х годов переросла в широко известную не только в СССР, но и в мире научную школу по физике межфазных явлений.

Родился Х.И. Ибрагимов в с. Шали Чечено-Ингушской АССР в 1934 году. С 1944 в течение 13 лет «вкусил» все прелести ссылки. В 1961 г. окончив институт с отличием, Х.И. Ибрагимов поступил в аспирантуру физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. С 1967 по 1970 гг. работал заведующим кафедрой физики ЧИГПИ. С 1970 по 1972 гг. был проректором по научной работе пединститута, а с 1972 по 1987 гг. – Чечено-Ингушского госуниверситета. С 1987 по 2006 гг. заведовал кафедрой молекулярной физики ЧГУ. В сентябре 1992 г. возглавил Совет по организации Академии наук Чеченской Республики, был избран действительным членом АН ЧР по направлению физика и с 1993 по 2006 гг. возглавлял ее. Был первым Президентом АН ЧР.

17.10.2000 г. Президиумом Российской Академии наук был назначен директором-организатором Комплексного научно-исследовательского института РАН в г. Грозный. 26.11.2002 г. президиумом РАН избран первым директором этого института и в этой должности проработал до 2006 года. Институт в настоящее время носит его имя.

Избирался депутатом Верховного Совета СССР седьмого созыва, 15 лет был председателем Чечено-Ингушского отделения Общества советско-венгерской дружбы.

Неимоверное трудолюбие, большие способности исследователя и огромное желание постичь тайны природы, позволили Хамзату Исмаиловичу не просто получить результаты, необходимые для подготовки и защиты кандидатской диссертации, а внести заметный вклад в представление о структуре эвтектического сплава и его влиянии на физико-химические свойства жидких металлических расплавов.

Перед аспирантом Х.И. Ибрагимовым была поставлена задача изучить влияние эвтектики на поверхностное натяжение жидких металлических расплавов. Для проведения экспериментальных исследований им была сконструирована и собрана уникальная экспериментальная установка, позволяющая проводить измерения в глубоком вакууме. Методика, использованная Х.И. Ибрагимовым, исключала возможность попадания в измерительную ячейку посторонних газов и примесей, что стало возможным благодаря использованию цельно-паянных стеклянных приборов П.П. Пугачевича¹. Измерения плотности проводились двухкапиллярным пикнометром собственной конструкции (поверхностное натяжение измерялось по гравитационной методике П.П. Пугачевича). Отметим, что в интервале температур от комнатных до 500⁰С по точности и надежности получаемых результатов этот прибор остается не превзойденным до настоящего времени.

Экспериментальные измерения, проведенные Х.И. Ибрагимовым, показали, что в двойных системах олово-свинец и олово-висмут политермы и изотермы поверхностного натяжения в области эвтектической концентрации не содержат каких-либо особенностей. Температурная зависимость поверхностного натяжения эвтектического сплава оказалась

¹ Пугачевич Петр Павлович (1914-1973), советский учёный, доктор химических наук.

линейной, а изотермы характеризовались гладкими кривыми. Эти результаты противоречили ранее полученным экспериментальным данным. Необходимо было выявить причины этих противоречий, то есть выяснить, чем обусловлены особенности, полученные другими авторами, природой сплава или недостатками проведения эксперимента. В этом необходимо было убедиться самому и убедить научную общественность. Тут проявилось трудолюбие и скрупулезность Х.И. Ибрагимова. Несмотря на огромные трудности, он собрал новую, точно такую же экспериментальную установку, как у авторов, и повторил измерения. При этом он получил результаты, совпадающие с ранее известными данными, что свидетельствовало о том, что особенности изотерм и политерм эвтектических сплавов связаны не с особенностями структуры и строения сплавов, а обусловлены влиянием паров и посторонних газов. В гравитационном приборе П.П. Пугачевича, с которым работал Х.И. Ибрагимов, измерения проводились в глубоком вакууме в состоянии термодинамического равновесия жидкости с собственным паром. При этом опасность загрязнения поверхности через паровую фазу была сведена к минимуму. Таким образом, в результате скрупулезной, трудоемкой экспериментальной работы ему удалось опровергнуть сложившееся мнение о сохранении структуры эвтектики после плавления и его влияния на изотермы и политермы поверхностного натяжения.

Однако Х.И. Ибрагимов не остановился на этом. Для подтверждения своего вывода он измеряет поверхностное натяжение эвтектической системы висмут-олово. Им также конструируется оригинальный прибор для измерения поверхностного натяжения эвтектической системы олово-золото, в которой один из компонентов – золото плавится при более высокой температуре, чем стекло. Результаты, полученные при измерениях, подтвердили вывод о том, что эвтектика не влияет на физико-химические свойства расплавов в жидком состоянии. Этот вывод подтвердили и последующие экспериментальные исследования эвтектических систем, хотя ради справедливости следует отметить, что дискуссии о наследовании жидкостью свойств твердой фазы продолжаются и в настоящее время [5]. Таким образом, на основе огромного экспериментального материала Х.И. Ибрагимовым был сделан важный вывод о том, что между диаграммами состояния и изотермами состав-свойство жидких растворов двойных металлических систем отсутствует прямая связь. Этот вывод имел очень важное значение для дальнейшего развития представления о структуре жидкой эвтектики, так как был найден ответ на принципиально важный вопрос о наследовании жидкостью свойств твердой фазы.

Х.И. Ибрагимовым совместно с аспирантами впервые были сконструированы приборы, которые позволяли при сохранении достигнутой точности в 10 раз уменьшить расход дорогостоящих металлов, в несколько раз сократить сроки трудоёмких опытов. Четыре из этих приборов в 1977 году демонстрировались на ВДНХ СССР. Два из них [7] были удостоены бронзовых медалей ВДНХ СССР. Отличительной особенностью этих приборов было то, что поверхностное натяжение и плотность в них измерялись в одном приборе и при одних и тех же термовакуумных условиях. До этого плотность расплавов измерялась отдельно одним из существующих методов. Следует отметить, что наиболее точным методом для измерения плотности легкоплавких металлов является пикнометрический. Однако при использовании однокапиллярного пикнометра возникали определенные трудности, обусловленные разрывом столба металла в тонких капиллярах. Эти недостатки были устра-

нены Х.И. Ибрагимовым в измерительном приборе, используя второй капилляр. Двухкапиллярный пикнометр в различных вариантах широко используется в различных научных лабораториях при изучении температурной зависимости плотности жидких металлов и сплавов и в настоящее время. Более подробно научные результаты Х.И. Ибрагимова описаны в [3,7,11]

В 1983 году Ибрагимову Хамзат Исмаиловичу было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники ЧИАССР», а в марте 2004 г. – «Заслуженный деятель науки РФ».

Х.И. Ибрагимов дал путевку в науку целой плеяде ученых, в числе которых: 2 доктора и 8 кандидатов физико-математических наук.

Следующим, после Ибрагимова Х.И., через 8 лет, в 1973 году диссертацию по окончании аспирантуры защитил **Бислиев Абдул-Хамид Махмудович**. Бислиев А.-Х.М. был одним из первых чеченцев, кто учился на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова и закончил там же аспирантуру с защитой кандидатской диссертации. На этом же факультете с 1963 года учился его личный друг и талантливый физик Исраилов Ибрагим Узумхаджиевич, который как и Бислиев А.-Х.М., был уроженцем с. Автуры Шалинского района, его одноклассником.

Диссертация Бислиева А.-Х.М. была посвящена исследованию структуры и магнитных свойств бинарных соединений редкоземельных металлов с железом Fe, определению величины обменных взаимодействий и их влиянию на температуру Кюри соединений Tc. В качестве объектов исследования были определены новые на тот момент магнитные материалы – бинарные редкоземельные интерметаллиды стехиометрий RFe_2 , RFe_3 и R_6Fe_{23} , где R – один из редкоземельных элементов (РЗЭ): Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.

В работе был определен комплекс магнитных и гистерезисных свойств указанных соединений, впервые в истории исследования редкоземельных интерметаллидов изучены магнитные свойства в области температуры Кюри, проведены измерения магнитострикции как в области температуры Кюри, так и в области точек магнитной компенсации. Проведён анализ полученных результатов на основе теории молекулярного поля, которая ранее использовалась для описания магнитных свойств оксидных ферримагнетиков. В рамках этой же теории вычислены обменные поля, действующие на редкоземельные атомы.

В результате данного исследования им было установлено, что за счет громадного обменного поля, действующего на редкоземельную подрешетку, в соединениях с Tb, Er и Ho возникает «гигантская» магнитострикция, которая можно использовать для создания магнитострикторов для генерации ультразвука и управления лазерными лучами в адаптивной оптике.

После защиты диссертации Бислиев А.-Х.М. возвращается на родину и становится старшим преподавателем кафедры общей физики Чечено-Ингушского государственного университета им. Л.Н. Толстого. В 1979 г. он избирается доцентом этой кафедры, а в 1980 г. ее заведующим. И в дальнейшем, кем бы он ни был, деканом подготовительного отделения или проректором по учебной работе, его педагогическая и научная деятельность связана именно с этой кафедрой.

Это был умный, вдумчивый и талантливый физик. Итогом его многолетнего труда стала научная лаборатория, которая затем начала перерастать в научную школу. Но сколько

труда и сил пришлось в нее вложить прежде. Самое главное было создать коллектив единомышленников. Именно под его руководством в Чечено-Ингушском государственном университете сложилось и стало бурными темпами развиваться научное направление «Физика магнитных явлений».

Бислиевым А-Х.М. совместно с учениками был создан ряд оригинальных установок. Им впервые была разработана конструкция высокочувствительного магнитометра с использованием емкостного датчика перемещений. Емкостной датчик для измерения намагниченности ферромагнитных веществ был использован им впервые. При этом была показана возможность работы магнитометра в широком интервале температур. Лаборатория имела установку для исследования восприимчивости слабомагнитных веществ в широкой температурной области, индукционной печью для синтеза интерметаллических соединений редкоземельных металлов с 3d-переходными металлами, рентгеновским дифрактометром ДРОН-3 и самым главным на тот момент сокровищем - ядерным гамма-резонансным спектрометром ЯГРС-4М. Началась активная публикация экспериментальных результатов в ведущих научных журналах страны и за рубежом.

К концу 80-х годов была завершена работа над практической частью докторской диссертации А-Х.М. Бислиева.

Роковой день 11 ноября 1991 года отпечатался в памяти многих жителей Чечни. После пяти вечера ректор Чеченского госуниверситета В.А. Кан-Калик вместе с проректором по учебной работе А-Х.М. Бислиевым вышли из здания университета, но Бислиева А-Х.М. кто-то задержал у выхода, обратившись к нему с вопросом. Вдруг раздался громкий зов о помощи. Резко обернувшись, Бислиев А-Х.М. увидел страшную картину - незнакомые вооруженные люди схватили ректора и тащили к машине. Не задумываясь ни секунды, Абдул-Хамид бросился спасать товарища. Видя, что он не собирается отступать, налетчики дали по нему автоматную очередь. Похитители умчались, увозя с собой В.А. Кан-Калика. Коллеги доставили А.М. Бислиева в больницу скорой медицинской помощи, но врачи оказались бессильными.

В книге «Знаменитые чеченцы» Муса Гешаев пишет: «Народ в неоплатном долгу перед памятью человека, который ценой жизни спасал честь и достоинство нации». Лучше не скажешь!

Роль А.М. Бислиева как человека и научного работника подробно освещена в ряде работ, в частности [2, 15, 16].

Среди чеченцев физиков, которым присуждена ученая степень доктора **физико-математических наук**, всего трое: Дадашев Р.Х. (спец. 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника), Умхаева З.С. (спец. 01.04.07 – Физика конденсированного состояния) и Магомадов Р.М. (спец. 01.04.07 – Физика конденсированного состояния).

Рассмотрим более подробно их научную деятельность.

Кандидатская диссертация Дадашевым Р.Х. была защищена в 1980 году в Калининском (Тверском) госуниверситете, а докторская в Уральском политехническом институте (Екатеринбург) в 1993 г.

Дадашев Р.Х. является первым физиком, доктором физико-математических наук среди чеченцев и оставался им более 20 лет. Жадный интерес к знаниям, необыкновенное трудолюбие открыли ему дорогу к вершинам науки. В первые годы учебы в аспирантуре

выходят его первые научные работы, посвященные конструированию и усовершенствованию приборов для измерения концентрационной зависимости плотности, поверхностного натяжения и работы выхода электрона металлических расплавов. В 1975 г. усовершенствован прибор для измерения плотности, в котором плотность определяется пикнометрическим способом. [Ибрагимов Х.И., Саввин В.С, Дадашев Р.Х. Прибор для определения плотности жидких металлических растворов// ЖФХ. 1976.Т. 50. № 8. С.2158-2159].

Отличительной особенностью этого прибора является то, что в нем было предусмотрено приготовление сплавов различных концентраций, не вскрывая его и не нарушая в нем термовакуумных условий. В 1976 г. изготовлены приборы для комплексных исследований физико-химических свойств многокомпонентных расплавов [Ибрагимов Х.И., Дадашев Р.Х. Комбинированный прибор для комплексных исследований металлических расплавов// К изучению поверхностных явлений в металлических расплавах. Орджоникидзе: СОГУ, 1975. С. 62-68.].

В приборе предусмотрена возможность совместного измерения плотности, поверхностного натяжения и работы выхода электрона. Эти приборы позволяют при сохранении достигнутой точности измерения значительно повысить производительность экспериментальных исследований. Они нашли широкое применение в научных лабораториях в Гренобле (Франция), Московском институте стали и сплавов, Кабардино-Балкарском государственном университете, Уральском техническом университете. Эти приборы защищены авторскими свидетельствами. В последующие годы проводится огромная экспериментальная работа по изучению теплофизических свойств легкоплавких металлов и их двойных и тройных расплавов [17]. В общей сложности им изучены температурные зависимости поверхностного натяжения и плотности более 150 расплавов различных составов. Такой массив экспериментальных данных по свойствам тройных систем был получен впервые и позволил Р.Х. Дадашеву сделать целый ряд важных обобщающих выводов. В частности, были выявлены закономерности влияния поверхностно активного и инактивного компонентов на особенности изотерм поверхностного натяжения двойных систем. Эти исследования вошли в его кандидатскую диссертацию.

К концу 1980-тых в Чеченском государственном университете сформировалась широко известная научная школа по физике межфазных явлений, возглавляемая профессором Х.И. Ибрагимовым. Ведущее место в ней занимала и лаборатория Дадашева Р.Х., в которой изготовлены уникальные установки, позволяющие проводить прецизионные измерения поверхностных и объемных свойств металлов и сплавов.

Дадашев Р.Х. экспериментально изучил объемные и поверхностные свойства большого количества чистых металлов, двойных и многокомпонентных систем [17]

Эти результаты вошли в литературу в качестве справочных данных. Систематические исследования поверхностных свойств тройных и четверных систем на основе легкоплавких металлов практически впервые проведены им совместно с аспирантами и сотрудниками. Следует отметить, что и сегодня 60% экспериментально изученных тройных систем исследованы Р.Х. Дадашевым или под его руководством. Эти результаты позволили сделать ряд выводов, имеющих важное теоретическое и практическое значение. В частности, им впервые был разработан и апробирован перспективный метод прогноза поверхностных свойств многокомпонентных расплавов по свойствам боковых двойных расплавов [Да-

дашев Р.Х. Прогнозирование физико-химических свойств многокомпонентных металлических расплавов // *Расплавы*.-1994.-№6]. Следует отметить, что этот метод в последние годы начали широко внедрять в практику научных исследований за пределами России. Экспериментальные исследования Дадашев Р.Х. успешно сочетает с теоретическими поисками. Им впервые выдвинута гипотеза о том, что с увеличением числа компонентов уменьшается вероятность образования кластеров а, следовательно, появление особенностей на диаграммах «состав - свойство». Эта гипотеза, подтвержденная множеством экспериментальных данных, легла в основу теоретических моделей поверхностного слоя многокомпонентных систем. На этой основе им разработаны теоретические уравнения для определения концентрационной зависимости поверхностного натяжения многокомпонентных систем [17]

Им получена новая формула для определения парциально-молярной поверхности [Дадашев Р.Х., Попель С.И. Вычисление парциально-молярных величин в многокомпонентных системах// *ЖФХ*.-1992.-№6].

Всеобщее признание получают его работы по теоретическому анализу адсорбционных явлений в многокомпонентных расплавах [Дадашев. Р.Х. Состав и толщина поверхностного слоя многокомпонентных расплавов.// *Расплавы*, 1992,№6, Дадашев Р.Х. Адсорбционные явления в двухфазных многокомпонентных системах//*Адгезия расплавов и пайка материалов*. Киев.: Наукова думка, 1987. № 19. С.3-15]

Им получены уравнения и на этой основе разработаны методы вычисления термодинамических параметров поверхностного слоя (различных вариантов адсорбции по Гиббсу и Гуттенгейму и Адаму, состава поверхностного слоя, молярной поверхности и толщины поверхностного слоя) расплавов с неограниченным числом компонентов. При этом рассмотрены различные варианты изменения состава раствора и дан их сравнительный анализ. Выявлены наиболее удобные для практических целей способы изменения состава. Для систем, в которых одна фаза является идеальным многокомпонентным раствором, получены явные выражения для адсорбции компонентов относительно различных положений разделяющей поверхности. Показано, что формулы для вариантов адсорбции по Гуттенгейму и Адаму значительно упрощаются, если пренебречь содержанием компонентов в одной из фаз (граница раздела идеальный многокомпонентный раствор - насыщенный пар). При этом выражение для относительной адсорбции Гиббса не изменяется.

Полученные формулы и разработанные методы широко используются при анализе адсорбционных явлений в многокомпонентных расплавах. Эти формулы позволили уточнить понятия поверхностная и предельная поверхностная активности компонента в многокомпонентной системе. Так, для предельной поверхностной активности компонента в многокомпонентных растворах предложено выражение, которое характеризует распределение компонента между однородной фазой и поверхностным слоем. Установлены общие термодинамические соотношения между величинами адсорбции на различных разделяющих поверхностях многокомпонентной двухфазной системы, которые позволяют определить величину адсорбции компонента относительно любого положения разделяющей поверхности, если известно ее значение на одной. Следует отметить, что все перечисленные выше формулы получены автором впервые.

Среди ученых долгое время существовало устойчивое мнение о том, что разделяющая поверхность Гиббса при изменении состава бинарной системы отдалается от физиче-

ской границы раздела фаз. Р.Х. Дадашевым совместно с учениками разработан метод определения расстояния между различными положениями разделяющей поверхности Гиббса и проведены расчеты этого расстояния в двойных системах. На основе полученных результатов впервые сделан важный вывод о том, что ни одна из рассматриваемых поверхностей не выходит за пределы физической границы раздела фаз. [Дадашев Р.Х., Элимханов Д.З., Кутуев Р.А., Умархаджиев Х.С. Концентрационная зависимость расстояния между различными положениями разделяющей поверхности Гиббса в двухкомпонентных растворах/ Журнал физической химии. 2021. Т. 95. № 11. С. 1724-1729]

В последние годы под руководством Дадашева Р.Х. проводятся экспериментальные исследования поверхностных свойств суспензии бентонитов (наноглина), которые широко применяются в различных отраслях промышленности на практике. Им совместно с аспирантами разработаны оригинальные методы изменения свойств дисперсных систем (некоторые из них защищены авторскими свидетельствами). Высокую оценку в научных кругах получил новый (суперпозиционный) метод определения поверхностного натяжения суспензии бентонитов. [Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. Особенности концентрационной зависимости поверхностного натяжения водных суспензий бентонитов/ Журнал физической химии. 2015. Т. 89. № 8. С. 1338-1340.

Версии. Features of the concentration dependences of the surface tension of water suspensions of bentonites. Dadashev R.K., Elimkhanov D.Z., Dzhambulatov R.S. Russian Journal of Physical Chemistry A. 2015. Т. 89. № 8. С. 1504-150]

Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. Влияние наноразмерных частиц на поверхностные свойства водных суспензий бентонитов. Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2018. Т. 82. № 7. С. 993-995

Версии: Effect of nanoscale particles on the surface properties of aqueous suspensions of bentonites. Dadashev R.Kh., Elimkhanov D.Z., Dzhambulatov R.S. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2018. Т. 82. № 7. С. 902-904.

Дадашев Р.Х., Кутуев Р.А., Созаев В.А. Поверхностные свойства сплавов на основе свинца, олова, индия, кадмия. Научное издание / Монография. Москва, 2016].

В лабораториях, созданных под руководством и при непосредственном участии Дадашева Р.Х., работали кандидаты наук: Юшаев С.М., Сугаипов М. Ш., Паскачева Б.Х., Кутуев Р.А., Элимханов Д.З. В лабораториях проводились прецизионные измерения поверхностных свойств металлов и сплавов. Группа теоретиков проводила исследования адсорбционных процессов на границе раздела расплав - насыщенный пар. Он автор работ, среди которых четыре монографии. Монография [17], изданная в 2007 году, так быстро разошлась, что по инициативе издательства ФИЗМАТЛИТ была переиздана в 2008 г. Особо от- радно отметить, что это монография за счет издателя была издана на английском языке Кембриджским международным научным издательством в 2008 году. Dadashev R.Rh. Thermodynamics of surface Phenomena. Cambridge International Science Publishing Ltd.-2008/ 280 с

Основной состав чеченцев, защитивших диссертацию по физической науке, подготовлен Х.И. Ибрагимовым и Дадашевым Р.Х.

Под руководствами Дадашева Р.Х. или при его активной помощи и поддержке защитили диссертации: Юшаев С.М. Паскачева Б.Х., Кутуев Р.А., Зубхаджиев М-А.В., Айтукаев А.Д., Джамбулатов Р.С.

Более подробно о Дадашеве Р.Х. в [8.9], также имеется отдельная страничка в Википедии. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Дадашев_Райком_Хасимханович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дадашев_Райком_Хасимханович) (дата обращения 21.03.2023), где приводятся его биография и другие сведения.

Умхаева Зарган Сайпудиновна, защитила докторскую диссертацию в 2014 году.

В 1974 г., в селении Старые Атаги, Зарган окончила с золотой медалью среднюю школу №1 и поступила на физико-математический факультет Чечено-Ингушского государственного университета. Обучение на названном факультете она также окончила с отличием в 1979 г. по специальности «Физика». После окончания учебы она была по распределению оставлена на кафедре общей физики физического факультета Чечено-Ингушского государственного университета им. Л.Н. Толстого.

В 1986 г. направлена в целевую аспирантуру МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «Физика магнитных явлений». Там же защитила кандидатскую диссертацию. На сегодняшний день она единственная женщина-чеченка, которая закончила аспирантуру и докторантуру в этом главном научном и образовательном центре страны.

После защиты кандидатской диссертации она возвращается в родной университет на должность доцента кафедры общей физики. В феврале 1994 г. ее назначают и.о. декана физического факультета, а в мае 1996 г. коллектив факультета избирает ее на эту должность. В этой должности она проводила большую работу по организации учебного процесса и восстановлению учебной и научной лабораторной базы в условиях социальной и политической нестабильности в республике, в условиях непрерывных боевых действий и конфликтов. Ей удалось сохранить коллектив, студенческий контингент и частично материальную базу факультета. Эту же работу она продолжила и на должности проректора по учебно-воспитательной работе, на которую была переведена приказом ректора в сентябре 2001 г.

Эрудированна, обладает высоким профессионализмом. С декабря 1996 г. она работала в должности профессора кафедры общей физики, а с 2006 г. до сентября 2018 г. – профессор кафедры молекулярной физики и заведующий этой кафедрой.

Умхаева З.С. активно занимается научно-исследовательской работой. Основные ее научные интересы связаны с исследованием природы и механизмов магнитного упорядочения в интерметаллических соединениях редкоземельных металлов с 3d-переходными металлами со структурой фазы Лавеса. Это очень важное направление в современной науке в связи с поиском нового типа магнитных материалов.

С 2001 г. исследования по названному направлению ведутся и в Комплексном научно-исследовательском институте РАН, в котором в настоящее время Зарган Сайпудиновна заведует отделом материаловедения. С 2004 г. исследования атомно-кристаллической структуры, магнитных свойств и сверхтонких взаимодействий в фазах Лавеса проводятся в рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве между кафедрой ФТТ МГУ им. М.В. Ломоносова и КНИИ РАН.

Исследования являются комплексными и включают в себя измерения намагниченности, продольной и поперечной магнитострикции, теплового расширения, электросопротивления, параметров кристаллической решетки (рентгеновская дилатометрия) и сверхтонких взаимодействий (мессбауэровская спектроскопия, ядерный магнитный резонанс). Указанные исследования позволяют получать информацию не только кооперативного плана, но и локального ядерного характера.

Открывшиеся к середине 90-х годов возможности синтезировать сплавы при высоких давлениях сместили интересы Умхаевой З.С. в сторону фаз высокого давления, исследованиям которых и посвящены последние 20 лет ее научно-исследовательской работы. Данные исследования легли в основу докторской диссертации Умхаевой З.С.

С результатами данных исследований Зарган Сайпудиновна неоднократно принимала участие в работе Международных, Всесоюзных, Всероссийских и региональных конференций, совещаний и семинаров, а также на семинарах отдела материаловедения КНИИ РАН с достаточно интересными докладами, что подчеркивалось всеми участниками перечисленных научных мероприятий.

Кроме того, она член Ученого совета КНИИ РАН, принимает активное участие в обсуждении основных вопросов функционирования института, в общественной жизни. Обладает активной гражданской позицией и пользуется заслуженным уважением в коллективе КНИИ РАН и среди представителей физической науки Чеченской республики.

Она - автор более 160 опубликованных научных и учебно-методических работ. Под ее руководством ведется подготовка аспирантов по специальности «Физика конденсированного состояния». Подготовила двух кандидатов физико-математических наук.

В январе 2020 г. Зарган Сайпудиновна назначена научным руководителем Регионального исследовательского центра коллективного пользования, созданного на базе центров коллективного пользования ФГБУН Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» и ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова». Данная структура создана с целью планирования и проведения совместных фундаментальных и прикладных научных исследований в интересах государства, общества и реальных секторов экономики региона. В рамках данного центра под ее руководством разрабатывается ряд проектов по таким важным направлениям современности как новые магнитные материалы, экология человека, зеленая энергетика, высокопрочные строительные композиционные материалы.

Наиболее существенные научные достижения Умхаевой З.С.:

1. Обнаружение аномалий теплового расширения в редкоземельных интерметаллидах инварного типа;
2. Открытие сосуществования магнитного и немагнитного состояния атомов 3d-элемента в одной подрешетке;
3. Обнаружение метамагнитных переходов в кобальтовой подсистеме квазибинарных фаз Лавеса;
4. Наблюдение изменения типа магнитного фазового перехода в 3d-подсистеме квазибинарных фаз Лавеса не только по температуре, но и в зависимости от величины приложенного магнитного поля.
5. Получение аномальных значений магнитных и магнитострикционных свойств многокомпонентных сплавов в областях структурных и магнитных фазовых превращений.
6. Определение вклада в сверхтонкое взаимодействие на ядре ^{57}Fe от поляризации электронов проводимости.

За свою многолетнюю плодотворную научно-педагогическую деятельность, большой личный вклад в развитие высшего профессионального образования и науки Умхаева З.С. неоднократно отмечена государственными и общественными наградами. В 2021 г.,

объявленном Годом науки и технологий, Умхаева З.С. награждена медалью Министерства науки и образования «За вклад в реализацию государственной политики в области научно-технологического развития».

Кроме того, в 2014 г. Умхаева З.С. Региональной общественной организацией «Интеллектуальный центр ЧР» награждена медалью «За профессиональную честь». Она также лауреат премии Интеллектуального центра ЧР в номинации «Наука» с вручением серебряной совы и диплома лауреата (2017 г.). В этом же году ей присвоено Почетное звание «Заслуженный деятель науки Чеченской Республики».

Зарган Сайпудиновна - одна из 14 чеченских женщин, внесенных в книгу «Знаменитые женщины Кавказа» (г. Нальчик, 2008 г.), выпущенную Представительством Мирового и Российского Артийского комитета на Кавказе. В 2009 г., объявленном в ЧР годом женщин, она внесена в сборник очерков о женщинах Чечни «Созвездие».

Третьим физиком доктором физико-математических наук, проживающим в настоящее время в Чеченской Республике является **Магомадов Рукман Масудович**, который защитился в 2014 году. Талантливый ученый, прекрасный организатор науки, замечательный человек и педагог родился в Южно-Казахстанской области в период депортации чеченского народа, в многодетной семье. В 1958 году родители вернулись в селение Шалажи Урус-Мартановского района. В школе Рукман был лучшим в классе, любимыми предметами были физика, математика и история. За начитанность и информированность одноклассники еще в школе называли его «профессором». Неоднократно Рукман участвовал в районных и республиканских олимпиадах по физике и математике. Тягу к знаниям ему привили родители Масуд и Асила Магомадовы. Они очень высоко ценили знание и духовность и создали все условия для того, чтобы дети получили высшее образование. А их было десять: пять мальчиков и пять девочек. Все они успешно окончили вузы и стали высококвалифицированными специалистами. По окончании Шалажинской средней школы с серебряной медалью, в 1968 году Рукман Магомадов поступил в Ростовский государственный университет на физический факультет. В университете специализировался на кафедре рентгеноспектрального анализа. Развитый интеллект, талант, трудолюбие и искренний интерес к будущей профессии обеспечили ему успех в учебе. Свою первую научную работу он выполнил, будучи студентом третьего курса. А его дипломная работа оказалась настолько содержательной, что была доложена на научной конференции, проводимой кафедрой физики Ростовского института железнодорожного транспорта. В 1974 г., окончив физический факультет РГУ, Р.М. Магомадов начинает работать на кафедре «Общая физика» ЧИГУ старшим лаборантом. Жадный интерес к знаниям, необыкновенное трудолюбие открыли ему дорогу к знаниям. В 1977 году он поступает в аспирантуру при Ростовском государственном университете. Осенью 1977 года был направлен в институт Кристаллографии имени А.В.Шубникова к профессору Владимиру Фридкину для выполнения диссертационной работы под его руководством. Основная часть исследований в аспирантуре была посвящена исследованию фотоэлектрических свойств сред без центра симметрии. В 1980 г. обучение в аспирантуре было окончено с представлением диссертации к защите и осенью того же года в Ростовском государственном университете была защищена диссертация.

С 1980 года Р. Магомадов работает на кафедре «Общая физика» Чечено-Ингушского государственного университета, сначала в должности ассистента, затем - доцента, ныне

профессора. Более 20 лет руководил этой кафедрой. Ему присущи талант руководителя, организаторские способности. Он сумел сплотить коллектив из способных и энергичных молодых людей. Умеет сочетать доброжелательный, но вместе с тем жесткий стиль руководства. Его отличают высокая требовательность к себе и к людям, пунктуальность, профессионализм, ответственность, дисциплинированность и самокритичность, обладает удивительной трудоспособностью. В коллективе относится равно уважительно ко всем – от лаборанта и до профессора. И ему отвечают взаимностью. Р. Магомадов со своей группой занимается изучением фотоэлектрических свойств сред без центра симметрии. Из-за отсутствия экспериментальной базы в ЧГУ эти работы проводятся в других вузах и научно-исследовательских центрах. В результате многолетнего упорного труда группой ученых, возглавляемых Р. Магомадовым, получены новые результаты и сделаны выводы фундаментального характера. Рукман Масудович неоднократно принимал участие в работе многочисленных научных конференций, совещаний и семинаров. Он много сил и энергии отдает научной работе со студентами, ежегодно руководит курсовиками и дипломниками, ведет активный образ жизни.

Длительный период совмещал работу в ЧГУ в должности зав.кафедрой «Общей физики» с работой в Ингушском государственном университете в должности профессора аналогичной кафедры.

В докторской диссертации Магомадовым Р.М. получены следующие результаты

1. Впервые исследован АФ эффект в поляризованном свете как в примесной так и в собственной области поглощения и определены компоненты фотовольтаического тензора k_{ln} для большого числа сегнетоэлектриков и пьезоэлектриков.

2. Впервые определены все компоненты фотовольтаического тензора k_{ln} для сегнетоэлектрика $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$.

3. Впервые обнаружены поперечные компоненты фотогальванического тока J_x и J_y для сегнетоэлектрика $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$.

4. Исследован АФ эффект в слабых сегнетоэлектриках и показано, что асимметрия электронных процессов в сегнетоэлектриках обусловлена кристаллическим полем действующим на атомы основного вещества или примеси.

5. Впервые обнаружен продольный (в Z – направлении) фоторефрактивный эффект в сегнетоэлектрике $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$, обусловленный x и y компонентами фотогальванического тока и показана возможность записи голограмм в Z - срезе кристалла.

6. Впервые изучено влияние поляризации на продольный фоторефрактивный эффект в сегнетоэлектрике $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ и показано, что под действием поля создаваемого x или y компонентой фотогальванического тока, кристалл превращается из одноосного в двуосный.

7. Обнаружен эффект фотреракции в слабом сегнетоэлектрике Rb_2ZnBr_4 , сегнетоэластике – сегнетоэлектрике $\beta - \text{Sb}_5\text{O}_7\text{I}$, кубическом пьезоэлектрике ZnS и в природных кристаллах кварца.

8. Обнаружено влияние длительности освещения на интенсивность фотолюминесценцию в кубическом пьезоэлектрике ZnS и смещение спектра в коротковолновую часть.

9. Обнаружено светоиндуцированное рассеяние света в кубических кристаллах ZnS .

10. Впервые обнаружено рассеяние фотонов на неравновесных термализованных носителях заряда и эффект увлечения фононов неравновесными нетермализованными носителями заряда

11. Впервые показано, что энергия неравновесных нетермализованных носителей заряда, ответственных за АФ-эффект, не зависит от температуры кристалла вдали от фазового перехода из нецентросимметричной фазы в центросимметричную.

12. Впервые показано, что температурная зависимость подвижности равновесных и неравновесных нетермализованных носителей заряда при рассеянии на акустических, оптических фононах и ионах примеси различна.

13. Впервые показано, что характер температурной зависимости подвижности неравновесных нетермализованных носителей заряда, в кубических кристаллах без центра симметрии, меняется от нелинейного до линейного, а при их концентрации превышающей некоторую величину подвижность не зависит от температуры.

14. Впервые обнаружен эффект магнитострикции в сегнетоэлектриках.

15. Впервые обнаружены и исследованы фотоэлектрические свойства α и β модификаций кристаллов Sb5O7I.

16. Впервые обнаружен и исследован фоторефрактивный эффект в сегнетоэластике α - Sb5O7I.

17. Показано, что одноосные механические напряжения влияют на температуру фазового перехода, коэффициент упругости и ширину запрещенной зоны сегнетоэластиков.

Теперь перейдем к обзорному анализу данных об ученых физиках-чеченцах, кандидатах и докторах физико-математических наук. Статистика выглядит следующим образом.

Таблица 1.

Защиты кандидатских и докторских диссертаций чеченцами

	До 1991 года	1992-2000	2001-2022
Кандидатские(1965г)	14	4	16
Докторские (1993)	0	1	2

В скобках таблицы указан год первой защиты диссертаций чеченцами.

Полная хронология защит диссертаций чеченцами на соискание ученой степени **кандидатов физико-математических наук по шифрам 01.04.xx** с указанием шифра, темы и года защиты, следующая:

Ибрагимов Хамзат Исмаилович (10.07.1934-10.03.2006) 01.04.00, Изучение поверхностного натяжения и адсорбции в двойных металлических системах, 1965

Бислиев Абдул-Хамид Махмудович (01.06.1944-11.11.1991), 01.04.07, Исследование магнитных свойств сплавов редкоземельных металлов с железом, 1973

Хаджиев Рамзан Резванович, 01.04.07, Влияние скорости деформации на кинетику возврата и рекристаллизации в меди и железе, 1974

Азиев Сурхо Лацаевич (1937-2002), 01.04.15, Изучение поверхностного натяжения и плотности в металлических расплавах на основе ртути, 1975

В работе экспериментально изучены поверхностные свойства и молярные объемы ртути и амальгам. Выявлены особенности изменения поверхностного натяжения и плотности амальгам с составом и температурой.

Автор статьи был студентом у которого С.Л. Азиев вел занятия по физике. На практических занятиях Сурхо Лацаевич рассказывал, как аспиранты, для обеспечения достоверности результатов экспериментов, проводили их в подвале университета глубокой ночью, когда посторонние помехи были минимальны. Недалеко от здания университета тогда проходила трамвайная линия. Шумовые колебания, возникающие при движении трамвая, из-за массы могли оказать влияние на точность. Ждали пока трамвай уйдет ночью в парк. И только тогда производили эксперименты и измерения

Исраилов Ибрагим Узум-Хаджиевич (25.08.1945-2007), 01.04.18, Некоторые вопросы термодинамики поверхностных явлений в двух- и трехкомпонентных жидких и кристаллических системах, 1975

Работа носит теоретический характер. Были получены теоретические уравнения изотерм поверхностного натяжения двойных систем с учетом химического взаимодействия компонентов. Всю свою жизнь, после окончания аспирантуры в МГУ им. М.В. Ломоносова он проработал на разных должностях в ЧИГУ, вплоть до проректора и ректора этого вуза.

Дадашев Райком Хасимханович, 01.04.14, Исследование поверхностных явлений в многокомпонентных металлических расплавах, 1980

Магомадов Рукман Масудович, 01.04.07, Фоторефрактивный и фотовольтаический эффекты в некоторых сегнетоэластиках, сегнетоэлектриках и пьезоэлектриках 1980

Гойтемиров Рамзан Усманович, 01.04.14, Поверхностное натяжение многокомпонентных систем и математическое планирование эксперимента, 1987

Чапанова Лариса Магометовна, 01.04.10, Фазовые равновесия и электронные свойства систем $TlInSe_2$ - $AgInSe_2$ - $TlSbSe_2$, 1987

Юшаев Саид-Эми Саид-Магомадович, 01.04.14, Особенности адсорбционных явлений в многокомпонентных системах, 1987

Ахмадов Усман Сайталиевич, 01.04.14, Кинетические процессы с участием атомов металлов в ударных волнах, 1988

Замаев Ильяс Амсудинович, 01.04.07, Кристаллическая структура и конформационные свойства макроциклических сера-и кремний содержащих соединений, 1990

Умхаева Зарган Сайпудиновна, 01.04.11, Магнитные свойства и сверхтонкие взаимодействия в фазах Лавеса с цирконием, 1990

Яндарбиев Шарпуддин Мумадиевич, 01.04.23, Коэффициенты неупругости в адрон-ядерных взаимодействиях при ускорительных энергиях и энергиях космических лучей, 1990

Машаев Саид-Магомед Шахидович, 01.04.07, Магнитные фазовые переходы и локальные распределения атомов в сплавах квазибинарных систем бета $Mn_{19,5-x}Sn_xFe_{0,5}$ и бета $Mn_{20-x}(SiFe)_x$, 1992

Сугаипов Мовли Шедидович (01.06.1959-2013), 01.04.04, Механизмы формирования энергетических и угловых распределений эмиттированных электронов очень низких энергий, 1992

Шапиев Султан Тавбузурович (1948-2020), 01.04.14, Физико-химическое воздействие ртути на конструкционные материалы и разработка средств демеркуризации объектов, пораженных ртутью, 1997

Гудаев Магомед-Алви Ахмедович, 01.04.07, Структура, магнитные свойства и сверхтонкие взаимодействия в фазах высокого давления в сплавах стали $\text{Ho}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ и $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ 1998

Кутуев Руслан Азаевич, 01.04.14, Термодинамические пара-метры поверхностного слоя двойных и многокомпонентных расплавов легкоплавких Р-металлов, 2001

Успажиев Руслан Татаевич, 01.04.14, Особенности взаимодействия ртути с некоторыми конструкционными материалами, 2003

Сайханов Муса Баудинович, 01.04.14, Моделирование необратимых процессов в неравновесных системах, 2010

Мустапаева Аминат Дукваховна 05.27.01, Оптимизация технологии формирования элементов интегральной электроники с пониженной дефектностью на структурах кремний на изоляторе 2006

Тумгоева Хадижат Абукаровна, 25.00.30, Исследование формирования грозо-разрядных процессов на Северном Кавказе и их экстраполяция на основе временных рядов, 2008

Элимханов Джабраил Зайндиевич, 01.04.14. Исследование концентрационной зависимости поверхностного натяжения двойных и тройных систем, 2008

Зубхаджиев Магомед-Али Вахаевич, 01.04.07, Зарождение и рост новых фаз в системах со стабильной и метастабильной эвтектиками и влияние электропереноса на эти процессы, 2010

Айтукаев Аймурза Давлетмирзаевич, 01.04.07, Формирование и рост метастабильных структур при контактном плавлении в металлических системах, 2010

Садыков Хизир Амирович, 01.04.07, Фазообразование и связи состав – структура – свойства в сегнетоактивных материалах на основе ниобатов натрия и феррита 2014

Алиев Ислам Магомедович, 01.04.07, Оптические и диэлектрические свойства плёнок ниобата бария-стронция, 2015

Алихаджиев Сайдмагомед Хаважиевич, 01.04.07, Исследование пылевой плазмы в емкостном высокочастотном разряде лазерными методами, 2015

Хасанов Асламбек Идрисович, 01.04.14, Влияние малых добавок лития, кальция, висмута, серебра и никеля на плотность и поверхностное натяжение свинца и смачивание им спецсталей, 2017

Джамбулатов Роман Суламбекович, 01.04.07, Поверхностные свойства суспензий бентонитов и многокомпонентных растворов органических веществ, 2019

Хасбулатов Сидек Вахаевич, 01.04.07, Фазы, диэлектрические и теплофизические свойства бессвинцовых твёрдых растворов на основе сегнетоэлектриков и мультиферроиков, 2019

Алероев Муслим Ахметханович, 01.04.07, Исследование влияния внешних воздействий на поверхностные характеристики легкоплавких металлов и сплавов, 2020

Алероева Тамила Ахмадовна, 1.3.8, 1.3.12 Структурные особенности, магнитные и ядерно-магнитные свойства фаз Лавеса $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_0.8\text{Fe}_2$, 2021

Средний возраст докторов наук 68 лет, кандидатов наук — 57 лет.

Всего на начало 2023 года кандидатские диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук защитили 34 человека. Из них 6 ушли из жизни. Часть ученых проживает вне республики и даже страны.

Выводы:

1. Количество защит диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора физико-математических наук по направлению «Физика» не имеет тенденции к стабильному росту. Динамика защит по этому направлению в республике поддерживается, в первую очередь, усилиями профессора Дадашева Р.Х., активное участие принимает и профессор Умхаева З.С.
2. Процесс старения научных кадров может серьезно сказаться на перспективах развития республики в стратегических направлениях.
3. Для формирования мотивационных интересов к научному труду у молодежи необходимы меры особых форм материального стимулирования представителей научной сферы по фундаментальным дисциплинам. (Математика, физика, химия, биология, информатика и др). Это могут быть и закрепленные законодательно, нормативные акты на уровне региональных властей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дадашев Р.Х. Становление и развитие научных исследований на кафедре общей физики Чеченского государственного университета // История науки и техники. 2012. №7. С.10-14.
2. Дадашев Р.Х., Дадашева З.И., Талхигова Х.С. Бислиев А.-Х.М. -ученый, человек и патриот/Отв. ред. А.В. Постников. М.: 2009. С. 262-264. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Годичная научная конференция, 2009, М.: С. 262-264.
3. Дадашев Р.Х., Дадашева З.И., Кутуев Р.А. Х.И. Ибрагимов – основатель и первый президент Академии наук Чеченской Республики Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Годичная научная конференция, 2009, М.: С. 259-261.
4. Дадашев Р.Х., Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Становление и развитие кафедры общей физики Чеченского Государственного Университета. Педагогический опыт: Теория, Методика, Практика. 2015, №2. С. 23-25.
5. 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. 212 с.
6. Талхигова Х.С. Научные поиски ученого и педагога // Вестник Академии Наук Чеченской Республики, №1(16), 2012. С. 199-203 (к 50-летию Кутуева Р.А.
7. Талхигова Х.С., Дадашева З.И., Дадашев И.Н. Первый Президент Академии Наук Чеченской Республики. В сборнике: Роль личности в становлении и развитии российско-кавказских отношений. Материалы Международной научной конференции, посвященной 230-летию со дня рождения Бей-Булата Таймиева. 2015. С. 666-672.
8. Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Жизнь, посвященная науке (К 65-летию Дадашева Райкома Хасимхановича) Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция Москва, 2009 Естественные и технические науки. 2015. № 11 (89). С. 665-671.

9. Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Восхождение на академический Олимп (К 65-летию доктора физико-математических наук, профессора, вице-президента АН ЧР Дадашева Райкома Хасимхановича) Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2015. № 4 (29). С. 117-124.
10. Кутуев Р.А., Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Физический Факультет Чеченского Государственного Университета: Этапы становления и развития. Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2010. № 2 (13). С. 219-224.
11. Дадашев Р.Х., Талхигова Х.С., Дадашева З.И. Хамзат Исмаилович Ибрагимов: Научная биография. Естественные и технические науки. 2015. №9(87). С. 154-160.
12. Талхигова Х.С. Талант, трудолюбие, целеустремленность. Вести республики №147(1580) 12.08.2011.
13. grozny-inform.ru»news/society/58690/(дата обращения: 21.03.2023)
14. Дадашев Р.Х., Элимханов Д.З., Кутуев Р.А., Умархаджиев Х.С. Концентрационная зависимость расстояния между различными положениями разделяющей поверхности Гиббса в двухкомпонентных растворах.// Журнал физической химии. 2021. Т. 95. № 11. С. 1724-1729.
15. Умхаева З.С., Гудаев М-А.А., Саид-Ахматова Ф.С-А. Бислиев Абдул-Хамид Махмудович – основатель исследований по физике магнитных явлений в Чеченской Республике // Материалы II Международной конференции «Современная математика и ее приложения». Грозный, 22–24 октября 2021 г. С. 288-298.
16. Умхаева З.С., Алиев И.М. Магнетизм: история развития учения о магнетизме и вклад представителей республиканской науки в становление и развитие исследований по физике магнитных явлений // Известия ЧГУ. 2017. С. 49-56.
17. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений/ М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008. 280 с.

REFERENCES

1. Dadashev R.H. Formation and development of scientific research at the Department of General Physics of the Chechen State University // History of science and technology. 2012. No.7. Pp.10-14.
2. Dadashev R.H., Dadasheva Z.I., Talkhigova Kh.S., Bisliev A.-H.M. -scientist, man and patriot/Ed. A.V. Postnikov. M.: 2009. pp. 262-264. Institute of History of Science and Technology named after S.I. Vavilov Annual Scientific Conference, 2009, Moscow: Pp. 262-264.
3. Dadashev R.H., Dadasheva Z.I., Kutuev R.A. H.I. Ibragimov – founder and first President of the Academy of Sciences of the Chechen Republic Institute of the History of Natural Science and Technology named after S.I. Vavilov Annual Scientific Conference, 2009, Moscow: Pp. 259-261.
4. Dadashev R.H., Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Formation and development of the Department of General Physics of the Chechen State University. Pedagogical experience: Theory, Methodology, Practice. 2015, No. 2. Pp. 23-25.
5. 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. 212 p.

6. Talkhigova H.S. Scientific searches of a scientist and a teacher // Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic, No. 1(16), 2012. pp. 199-203 (to the 50th anniversary of Kutuev R.A.
7. Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I., Dadashev I.N. The First President of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. In the collection: The role of personality in the formation and development of Russian-Caucasian relations. Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 230th anniversary of the birth of Bey-Bulat Taimiev. 2015. Pp. 666-672.
8. Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Life dedicated to science (To the 65th anniversary of Dadashev District Committee Hasimkhanovich) Institute of the History of Natural Science and Technology named after S.I. Vavilov. Annual Scientific Conference Moscow, 2009 Natural and Technical Sciences. 2015. No. 11 (89). Pp. 665-671.
9. Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Ascent to the academic Olympus (To the 65th anniversary of the Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Vice-President of the Academy of Sciences of the Czech Republic Dadashev District Committee Hasimkhanovich) Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. 2015. No. 4 (29). Pp. 117-124.
10. Kutuev R.A., Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Faculty of Physics of the Chechen State University: Stages of formation and development. Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. 2010. No. 2 (13). Pp. 219-224.
11. Dadashev R.H., Talkhigova H.S., Dadasheva Z.I. Khamzat Ismailovich Ibragimov: A scientific biography. Natural and technical sciences. 2015. No.9(87). pp. 154-160.
12. Talkhigova H.S. Talent, diligence, purposefulness. News of the Republic No. 147(1580) 12.08.2011.
13. grozny-inform.ru "news/society/58690/(accessed: 03.21.2023)
14. Dadashev R.H., Elimkhanov D.Z., Kutuev R.A., Umarkhadzhiev H.S. Concentration dependence of the distance between different positions of the Gibbs separating surface in two-component solutions. // Journal physical chemistry. 2021. Vol. 95. No. 11. Pp. 1724-1729.
15. Umkhaeva Z.S., Gudaev M.A., Said-Akhmatova F.S.A. Bisliev Abdul-Hamid Mamudovich – founder of research on the physics of magnetic phenomena in the Chechen Republic // Proceedings of the II International Conference "Modern Mathematics and its applications". Grozny, October 22-24, 2021. Pp. 288-298.
16. Umkhaeva Z.S., Aliyev I.M. Magnetism: the history of the development of the doctrine of magnetism and the contribution of representatives of republican science to the formation and development of research in the physics of magnetic phenomena // Izvestiya ChSU. 2017. Pp. 49-56.
17. Dadashev R.H. Thermodynamics of surface phenomena/ M.: FIZMATLIT. 2008. 280 p.

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

№ 2 (13) 2023

Корректурa, верстка: Ганиева М.М.

Дата размещения сетевого издания в сети Интернет на официальном сайте: 26.07.2023 г.