



УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РОССОТРУДНИЧЕСТВА В РЕСПУБЛИКЕ
БЕЛАРУСЬ «РУССКИЙ ДОМ»

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ
НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК**

Сборник статей
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «МИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ - 2024»
г. Минск, 3 - 5 декабря 2024 г.

В 3-х томах

Том 2



Минск 2024

УДК 005.332.4:001.895
ББК 65.011.3+74
П 42

Повышение качества жизни и обеспечение конкурентоспособности экономики на основе инновационных и научно-технических разработок : сб. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения - 2024» в 3 т. Минск, 3–5 декабря 2024 г. в 3 т. [Электронный ресурс]. – Минск : БГТУ, 2024. – Т. 2. – 373 с. – ISBN 978-985-897-237-0

В издании представлены научные статьи, рассматривающие широкий спектр научных и практических вопросов: разработка инновационных технологий, внедрение новых материалов и веществ, использование аддитивных технологий, полимерных и композиционных материалов, а также материалов электронной техники, общие вопросы машиностроения.

Адресовано практикам, преподавателям, научным работникам, аспирантам, студентам I и II ступени получения высшего образования, интересующимся современным состоянием и перспективами развития общества, науки и экономики.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ВОЙТОВ Игорь Витальевич, ректор Белорусского государственного технологического университета, доктор технических наук, профессор (председатель);

ФЛЕЙШЕР Вячеслав Леонидович, проректор по научной работе, кандидат технических наук, доцент;

КАЛИНИЧЕНКО Александр Сергеевич, директор центра «Научно-технологический парк БГТУ» Белорусского государственного технологического университета, доктор технических наук.

ISBN 978-985-897-237-0 (Т. 2)
ISBN 978-985-897-235-6

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2024

**Секция 2. «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА
ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
МАТЕРИАЛОВ И ВЕЩЕСТВ, В ТОМ ЧИСЛЕ АДДИТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ,
ПОЛИМЕРНЫХ, КОМПОЗИЦИОННЫХ И
НАНОМАТЕРИАЛОВ, ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И БИОТЕХНОЛОГИЙ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И
БЕСПИЛОТНОЙ ТЕХНИКИ»**

УДК 338.45

Л.А. Мурадвердиева
Институт экономики МНО
Баку, Азербайджан

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
АЗЕРБАЙДЖАНА**

Аннотация. Рассматриваются современные тенденции в сфере инновационного развития нефтяной промышленности, исследуются основные факторы и ограничения, влияющие на результативность инновационной деятельности, обосновываются направления активизации инновационных процессов в отрасли.

L.A. Muradverdiyeva
Institute of Economics of the MSE
Baku, Azerbaijan

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATION ACTIVITY
IN THE PETROLEUM INDUSTRY OF AZERBAIJAN**

Abstract. Current trends in the field of innovative development of petroleum industry are examined, the main factors and constraints influencing the effectiveness of innovation activity are analyzed, directions to enhance innovative processes in the industry are substantiated.

В последние годы в части инновационного развития нефтяной промышленности Азербайджана наблюдаются позитивные сдвиги: успешно внедряются современные технологии разведки и добычи углеводородов, осуществляется цифровизация отдельных сегментов цепочки создания стоимости, создаются современные лаборатории для

реализации пилотных инновационных проектов. В результате модернизации технико-технологической базы нефтедобывающей промышленности к настоящему времени успешно внедрен ряд инновационных решений, среди них строительство наклонно-направленных скважин с большими отклонениями от вертикали и горизонтальными ответвлениями, многоствольное бурение, современные технико-методические средства сейсморазведки, системы роторного управления при бурении скважин с большим отходом забоя от вертикали, бурение с двойным градиентом без райзера на глубоководном шельфе, современные методы заканчивания скважин, позволяющие контролировать процесс добычи, снизить пескопроявления и разрушение стенок эксплуатируемых объектов [1].

Наряду с этим хорошо зарекомендовали свою эффективность нанотехнологии, разработанные на основе исследований научно-производственного центра (НПЦ) «Нанотехнологии» ГНКАР.

Напомним, что с 2010 г. компания реализует программу «Нанонефть», охватывающую такие направления, как бурение, добыча, нефтехимия и охрана окружающей среды. В ходе реализации указанной программы специалистами НПЦ «Нанотехнологии» были разработаны системы «Нанонефть», «Нанобитум», «Наногидрон» и «Наномай», позволяющие предотвратить осложнения и аварии в процессе бурения и цементирования скважин. Новые системы были успешно внедрены при бурении на месторождениях «Гум адасы», «Гюнешли», «Бибиэйбат», «Балаханы», «Нефтяные камни» и «Пираллахы», что позволило существенно повысить устойчивость стен скважин, предотвратить образование песка, устранить солеотложения в подъемных трубах и транспортных системах.

Значительные успехи при использовании нанотехнологий достигнуты и при добыче нефти на месторождениях на поздней стадии разработки, характеризующихся высокими значениями вязкости нефти и неблагоприятными коллекторскими свойствами [2]. Практика применения нанотехнологий на таких месторождениях показала возможность снижения вязкости нефти на 35-45%, уменьшения межфазного поверхностного натяжения на 30-65%, увеличения угла смачивания, повышения среднего дебита скважин [3]. По данным ГНКАР, основными преимуществами применения нанотехнологий на зрелых месторождениях стали рост объемов добываемой нефти в 1,3-1,5 раза (в отдельных случаях в 2-2,5 раза); сокращение использования химических реагентов на 15-20%, расходов на электроэнергию – на 15%; снижение обводненности продукции на 20%. Как следует из данных отчетности компании, реализация программы «Нанонефть» в

период 2013-2019 гг. позволила получить дополнительно более 21,4 тыс. т нефти, а экономический эффект от мероприятий программы составил 7,3 млн. ман.

Следующим важным направлением инновационного развития нефтедобычи за последние десятилетия является цифровизация: с 2008 г. ГНКАР активно реализует программу цифровой трансформации, предусматривающую оптимизацию и автоматизацию ключевых бизнес-процессов с использованием передовых цифровых технологий, таких как Интернет вещей, машинное обучение, обработка больших данных и др.

Как результат, с 2009 на базе программного обеспечения компании SAP SE автоматизированы процессы управленческого и бухгалтерского учета, внешней логистики и управления персоналом, а также отчетности и документооборота [4]. Для повышения эффективности производственных процессов с 2012 г. компания применяет модули SAP ERP. В настоящее время все буровые работы, в том числе планирование, бурение и ввод в эксплуатацию скважин осуществляются с использованием указанной платформы, что позволяет существенно сократить риски и неопределенности, присущие данной области. В рамках программы цифровой трансформации к настоящему времени оцифровано свыше 50% из 44 тысяч скважин, пробуренных за всю историю нефтегазовой отрасли Азербайджана [5]. Управление буровыми процессами в режиме реального времени значительно упрощает контроль над параметрами бурения (глубина скважины, нагрузка на долото, объем закачиваемого раствора и др.), что в конечном счете способствует повышению эффективности бурения и увеличению скорости сроков строительства скважин.

Наряду с этим, с 2015 г. внедрена система оперативного учета добычи SAP UOM, предназначенная для снижения потерь производства, а также сокращения рисков таких потерь на 80% за счет повышения прозрачности и оперативности получаемой информации, формирования единой отчетности и аналитики. Указанная система также позволяет оперативно управлять фондом скважин, формировать потребности в материалах и контролировать производство.

В результате проведенных мероприятий сегодня большинство бизнес-процессов в ГНКАР, включая планирование и учет производства, управление процессами добычи и первичной подготовки нефти, техническое обслуживание и ремонт оборудования, управление процессами закупок и запасами, финансового и управленческого учета, реализуется с использованием цифровых решений, что позволяет

получить существенный эффект как с точки зрения совершенствования управленческой деятельности, так и с точки зрения повышения производственной эффективности компании.

В таблице 1 приведены данные о результативности новых технологий, применяемых в ГНКАР. Как видно из данных таблицы, за период 2012-2022 гг. в данном направлении обозначилась положительная тенденция: дополнительная добыча за счет применения новых технологий и техники выросла в 5,1 раза. Аналогично увеличился и удельный вес новых технологий и техники в общей добыче компании – в 5,3 раза. Однако, как показывает анализ, несмотря на сравнительный рост масштабов проводимых инновационных работ и внедряемых технологий, говорить об их высокой результативности и эффективности пока не приходится. Отсюда – низкий вклад новых технологий и техники в общую добычу компании, что отчетливо просматривается по удельному весу дополнительной добычи за счет внедрения новых технологий (менее 0,5% в совокупном объеме добычи нефти).

Таблица 1 -Результативность применения новых технологий в ГНКАР

Годы	Дополнительная добыча за счет применения новых техники и технологий, тыс. т	Доля нефти, добытой за счет применения новых техники и технологий, в общей добыче, %
2012	6048	0,09
2013	7282	0,11
2014	37558	0,55
2015	37607	0,55
2016	31692	0,51
2017	27860	0,45
2018	22492	0,36
2019	38254	0,60
2020	29275	0,48
2021	30193	0,46
2022	30588	0,47

Источник: составлено по данным ГНКАР

Как показало исследование, негативный вклад в ситуацию с результативностью инновационных процессов вносит, прежде всего,

несовершенство системы организации и управления научно-технической деятельностью, а также недостаточная эффективность организационно-экономических механизмов, направленных на стимулирование инновационно-технологической модернизации производства. Подобная ситуация, с одной стороны, препятствует развитию заинтересованности научно-технической сферы в генерировании инноваций, а с другой – ведет к недостаточности спроса на результаты инновационной деятельности. Как следствие, сохраняется отставание уровня инновационно-технологической обеспеченности нефтяной отрасли, усиливаются диспропорции в развитии отдельных его сегментов, снижается конкурентоспособность продукции нефтяного машиностроения.

Очевидно, что повышение результативности инновационной деятельности требует обеспечения качественных сдвигов в инновационной системе, прежде всего, за счет разработки мер по формированию благоприятного инновационного климата, ориентированных как на стимулирование и поддержание процессов генерации и коммерциализации инноваций, так и расширение спроса на результаты научно-технических разработок. В контексте повышения инновационной активности в нефтяной промышленности особенно актуальны вопросы развития отраслевого научно-технического потенциала, включая, среди прочего, создание соответствующих организационно-экономических условий для ускорения модернизации научно-технической сферы, выработку эффективных мер управления и координации инновационными процессами, совершенствование ресурсного обеспечения инновационно-технологической деятельности.

Список использованных источников

1. Ровнаг Абдуллаев: ГНКАР входит в число крупнейших нефтегазовых компаний мира. Известия. – 28 июля 2010 г. – с. 10-11.
2. Юсифзаде Х. Нефтяная и газовая стратегия Азербайджана: расширяющиеся горизонты. Ики сахил. – 20 сентября 2018. – URL: <https://ikisahil.az/post/107080-news-107080> (дата обращения: 18.10.2024)
3. Азербайджанские нефтяники получили мультипликативный эффект от внедрения нанотехнологий. – URL: https://iadevon.ru/news/articles/azerbaydzhanskie_neftyanski_poluchili_multiplikativniy_effekt_ot_vnedreniya_nanotekhnologiy-2492/ (дата обращения: 18.10.2024)
4. SOCAR строит единую управленческую платформу на базе

технологий SAP. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2015-10-07_socar_stroit_edinuyu_upravlencheskuyu_platformu (дата обращения: 18.10.2024)

5. SOCAR внедряет решение SAP для управления добычей нефти и газа. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2016-01-26_socar_vnedryaet_reshenie_sap_dlya_upravleniya_dobychej (дата обращения: 18.10.2024)

УДК 621.311.2:681.3

Ш.М. Аннабердиев, О.С. Рахмедов

Государственный Энергетический Институт Туркменистана
Мары, Туркменистан

РОБОТЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Аннотация. В статье рассматривается использование роботизированных систем в энергетических лабораториях для автоматизации исследований и тестирования новых технологий. Описываются преимущества внедрения роботов в процесс разработки и испытаний энергетического оборудования, а также их влияние на эффективность и точность исследований.

SH.M. Annaberdiev, O.S. Rakhmedov

The State Energy Institute of Turkmenistan
Mary, Turkmenistan

ROBOT IN ENERGY LABORATORIES

Abstract. The article examines the use of robotic systems in energy laboratories to automate research and testing of new technologies. It describes the advantages of implementing robots in the development and testing processes of energy equipment, as well as their impact on research efficiency and accuracy.

Энергетическая отрасль стремительно развивается, что требует постоянного внедрения новых технологий и методов. В связи с этим энергетические лаборатории играют ключевую роль в исследовании и тестировании новшеств. В последние годы наблюдается активное использование роботизированных систем, которые способны значительно повысить эффективность и точность проведения экспериментов. Данная статья направлена на исследование современных решений и возможностей, которые открывают роботы для энергетических лабораторий.

1. Значение энергетических лабораторий

Энергетические лаборатории являются центрами, где проводятся исследования и разработки новых технологий, направленных на улучшение эффективности производства и распределения энергии. Здесь выполняются тесты на различных уровнях: от исследования новых материалов до испытаний целых энергетических систем. Важно отметить, что многие из этих процессов требуют высокой степени автоматизации для повышения точности и сокращения временных затрат.

2. Применение роботов в энергетических лабораториях

Роботы внедряются в энергетические лаборатории для выполнения различных задач, включая автоматизацию сборки, тестирование оборудования и обработку данных. Основные направления применения роботов включают:

2.1. Автоматизация тестирования

Роботы могут выполнять рутинные тесты, такие как измерение характеристик электрооборудования, включая напряжение, ток и мощность. Это позволяет снизить риск человеческой ошибки и повысить повторяемость результатов.

2.2. Манипуляции с образцами

Роботы способны осуществлять точные манипуляции с образцами, что особенно важно в материалах и химических исследованиях. Например, в тестах на солнечные элементы важно точно контролировать условия эксперимента.

2.3. Сбор данных и анализ

Современные роботизированные системы могут не только собирать данные, но и проводить предварительный анализ результатов. Это ускоряет процесс обработки информации и позволяет исследователям сосредоточиться на интерпретации результатов.

3. Примеры применения роботизированных систем

В энергетических лабораториях уже успешно используются различные роботизированные решения. Рассмотрим несколько примеров.

3.1. Роботизированные тестовые установки

Многие лаборатории применяют роботизированные тестовые установки для испытания новых технологий в области возобновляемой энергетики. Например, роботы могут автоматически изменять угол наклона солнечных панелей для оценки их производительности в различных условиях.

3.2. Роботы в исследованиях аккумуляторов

В исследованиях новых аккумуляторных технологий роботы используются для автоматизации процессов зарядки и разрядки, а

также для мониторинга температуры и других критически важных параметров.

3.3. Дроны для мониторинга и тестирования

Дроны становятся все более популярными в энергетических лабораториях для проведения инспекций и сбора данных в труднодоступных местах, например, для анализа состояния ветровых турбин или солнечных электростанций.

4. Преимущества использования роботов

Внедрение роботизированных технологий в энергетические лаборатории предоставляет множество преимуществ:

4.1. Повышение эффективности

Автоматизация рутинных задач позволяет значительно ускорить процесс исследований, что важно в условиях постоянного роста конкуренции на рынке.

4.2. Увеличение точности

Роботы обеспечивают высокую степень точности и повторяемости результатов, что критически важно для научных исследований и разработки новых технологий.

4.3. Снижение затрат

Хотя первоначальные инвестиции в роботизацию могут быть высокими, в долгосрочной перспективе автоматизация процессов приводит к снижению эксплуатационных расходов и повышению рентабельности лабораторий.

5. Проблемы и вызовы

Несмотря на очевидные преимущества, использование роботов в энергетических лабораториях сопряжено с определенными проблемами.

5.1. Высокие начальные затраты

Внедрение роботизированных систем требует значительных первоначальных инвестиций, что может быть препятствием для небольших лабораторий.

5.2. Необходимость квалифицированных кадров

Для эффективного использования роботизированных технологий необходимы специалисты, обладающие соответствующими навыками в области робототехники и автоматизации.

5.3. Интеграция с существующими системами

Совмещение новых роботизированных решений с уже существующими системами может быть сложной задачей, требующей дополнительных ресурсов и времени.

6. Будущее роботизации в энергетических лабораториях

Перспективы использования роботов в энергетических лабораториях весьма многообещающие. Ожидается, что в ближайшие годы технологии будут развиваться, а их применение станет более широким.

6.1. Интеграция с системами искусственного интеллекта

Совершенствование систем искусственного интеллекта позволит роботам не только выполнять рутинные задачи, но и самостоятельно анализировать полученные данные, выявляя закономерности и предлагая решения.

6.2. Развитие автономных решений

С появлением более совершенных автономных роботов, способных самостоятельно выполнять сложные задачи, повысится степень автоматизации в энергетических лабораториях.

6.3. Устойчивое развитие

Внедрение роботизированных технологий будет способствовать устойчивому развитию энергетики, позволяя исследовать и тестировать более экологически чистые источники энергии.

Роботы играют важную роль в современных энергетических лабораториях, обеспечивая автоматизацию исследований и тестирования новых технологий. Их внедрение позволяет повысить эффективность, точность и снижение затрат на проведение экспериментов. Несмотря на существующие вызовы, будущее роботизации в энергетических лабораториях выглядит перспективно, что позволит ускорить развитие инновационных решений в энергетической отрасли.

Список использованных источников

1. Bock, T. et al. (2021). "Robotics in Energy Research: Current Applications and Future Prospects." *Journal of Energy Technology*.
2. Lee, J., & Kim, H. (2020). "Automation in Energy Laboratories: Advances and Challenges." *Renewable Energy Reviews*.
3. Smith, A., & Chen, L. (2019). "The Impact of Robotics on Energy Research and Development." *International Journal of Energy Research*.
4. Zhang, Y. et al. (2022). "Artificial Intelligence and Robotics: The Future of Energy Testing." *Energy Reports*.

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ПРОТЕЗОМ РУКИ

Аннотация. В результате работы была выстроена цепочка производства бионических протезов, включающая в себя процессы электромиографии, 3D моделирования и создания конструкции протеза с учётом травмы и разработка программного обеспечения для грамотного функционирования протеза.

В.О. Annaev

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

METHOD OF USING ELECTROMYOGRAPHY TO CONTROL AN AUTOMATED HAND PROSTHESIS

Abstract. As a result of the work, a chain of production of bionic prostheses was built, including the processes of electromyography, 3D modeling and creation of a prosthesis design taking into account the injury and development of software for the proper functioning of the prosthesis.

Сегодня с помощью инновационных технологий возможно частично или полностью восстановить потерянные конечности физически ограниченных людей.

Протезирование является смежной дисциплиной между медициной и техникой, тесно связано с ортопедией, травматологией, восстановительной хирургией.

Работа с оставшимися нервными окончаниями утраченной конечности - один из основных этапов протезирования. Обычно, когда человек думает о движении руки, мозг, через нервные окончания посылает импульс соответствующим мышцам. В результате мышцы под воздействием нервных окончаний, начинают сокращаться. После ампутации руки оставшиеся нервные окончания частично сохраняют свою активность. Идея, считывания специальными устройствами нервных импульсов и передача их двигательный механизм лежит в основе протезирования. Для анализа активности оставшихся после ампутации мышц производится электромиографическое исследование. Электромиография - это метод, используемый для проверки биоэлектрической активности мышц и нервов.

В данной работе был выбран электромиограф MyoWare Muscle Sensor (AT-04-001), который является портативным и экономически целесообразным для использования в данном проекте. Устройство для электромиографии показано на рис.1 ниже.



Рис. 1 - MyoWare Muscle Sensor (AT-04-001) электромиографический датчик

Аппарат электромиографии позволяет определить активность мышц, оставшихся после травмы. Тесты, показанные на рисунках, были выполнены с использованием программного обеспечения Arduino IDE. Изменение кривой в зависимости от активности мышц можно увидеть на рисунках ниже.



Рис. 2 - Результаты электромиографического датчика (мышечная релаксация)



Рис. 3 - Результаты электромиографического датчика (напряжённое состояние мышц)

Как видно на рисунках, активность мышечных волокон повышается при напряжении руки, соответственно при расслабленной руке активность мышц понижается. Активность мышц можно увидеть на графике программного обеспечения. В рамках протезирования с пациентом проводятся множество тренингов для восстановления связи между мозгом и оставшейся частью руки, в результате пациент учится напрягать мышцы культи, с которых и будут считываться данные.

Основным требованием пользователей автоматизированных протезов на мировом рынке является не изобилие протезных функций, а простота их управления.

Одним из основных этапов протезирования является изготовление 3D-модели протеза с учётом особенностей травмы и оставшейся части руки. 3D-модель протеза разработана с помощью специализированного программного обеспечения и распечатана на 3D-принтере. В данной работе в качестве примера была использована роботизированная рука.

Использование 3D-технологий в протезировании позволяет нам изучить характеристики степени травмы каждого человека индивидуально и построить подходящий протез в соответствии с этими характеристиками.

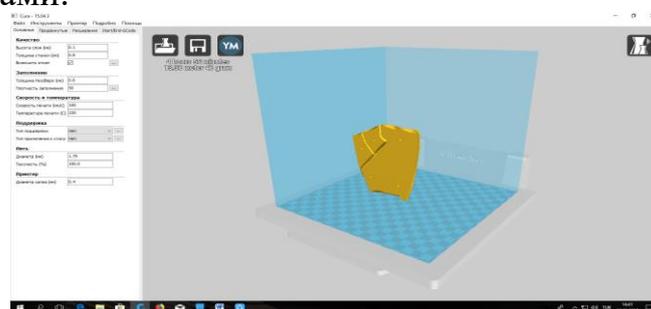


Рис. 4 - Процесс подготовки модели к печати

Следующим этапом является разработка механической конструкции, обеспечивающей движение и сгибание пальцев протеза. В результате тестирований в качестве подходящего элемента для механической части был выбран мотор ServoMG996R. Сервомоторы могут совершать пошаговые движения в диапазоне от 0 до 180 градусов, чего достаточно для выполнения различных манипуляций пальцев и кисти протеза.

С управляющего микроконтроллера отправляется модулированный сигнал для поворота серводвигателя на определенный угол. Управляющий сигнал представляет собой импульс с постоянной частотой и переменной длительностью. Угол поворота серводвигателя зависит от длительности импульса. Как только

модулированный сигнал достигает платы управления двигателем сервомотора, микросхема в составе сервомотора генерирует свой импульс в соответствии с нынешней позицией выходного вала. Затем сравнивается длительность двух импульсов. В случае различия длительности импульсов, двигатель начинает вращаться до указанного градуса. Как только длительность импульсов сравняется, двигатель прекращает движение.



Рис. 5 - Сервопривод MG 996R

Для своевременного чтения импульсов, идущих от нервных окончаний и преобразования их в соответствующие сигналы для сервоприводов, необходим микроконтроллер с достаточной вычислительной способностью.

В качестве оптимального решения был выбран микроконтроллер Atmega328P, являющийся продуктом компании ATMEL. Данный микроконтроллер способен работать на частотах до 20МГц чего вполне достаточно для приёма, обработки и передачи электромиографических данных, в зависимости от состояния мышц в механическую часть протеза.



Рис. 6 - Микроконтроллер Atmega 328P.

Результаты

В ходе проведенного анализа был выбран набор элементов для процедуры электромиографии, проведен обзор предлагаемых на мировом рынке электромиографических устройств, выявлены их

преимущества и недостатки также был выбран оптимальный сенсор для этого проекта. При помощи электромиографического сенсора была исследована активность мышц. В следствии метод электромиографии был использован для управления роботизированная рукой.

Развитие мио-протезирования с учетом травм человека будет большим подспорьем для людей с ограниченными физическими возможностями, что приведет к развитию здравоохранения и промышленности во всём мире.



Рис. 7 - Распечатанная на 3D принтере роботизированная рука

Список использованных источников

1. Петров В.Г., Замиладский Ю.И., Буров Г.Н., Курдыбайло С.Ф. Технология изготовления протезов верхних конечностей. 2008.
2. Кондрашин Николай Иванович, Санин Вячеслав Георгиевич. Ампутация конечностей и первичное протезирование 1984.
3. Матев И. Реабилитация при повреждениях руки. 2019
4. Протезирование верхней конечности. Меркушин А.П. г.Томск 2017г.
5. Филатов В.И. Протезирование детей с дефектами конечностей 1981г.

УДК 659.118

Г.С. Аннанызова

Институт Телекоммуникаций и Информатики Туркменистана
Ашхабад, Туркменистан

УПРОЩЕНИЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Аннотация. Чтобы упростить и ускорить работу с большими данными есть много функций языков программирования. На данный момент библиотека

Pandas является ключевой в анализе данных (Data Mining). Pandas – это быстрый, мощный, гибкий и простой в использовании инструмент для анализа и обработки данных с открытым исходным кодом, созданный на Python.

Ключевые слова: *большие данные, обработка, прием данных, сбор данных, анализ данных, представление результатов, Python, Pandas.*

G.S. Annanyazova

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

SIMPLIFYING DATA ANALYSIS

Abstract. *To simplify and speed up work with big data, there are many functions of programming languages. At the moment, the Pandas library is the key one in data analysis (Data Mining). Pandas is a fast, powerful, flexible and easy-to-use open-source data analysis and processing tool created in the Python programming language.*

Keywords: *Big data, processing, Data Ingestion, Data Staging, Analysis Layer Consumption Layer, Python, Pandas.*

Чтобы упростить и ускорить работу с большими данными есть много функций языков программирования. Один из первых инструментов, с которым сталкивается аналитик либо Data Scientist — это Pandas, библиотека Python для обработки и анализа данных.

Язык Python помогает упростить анализ данных. Если вы научились пользоваться электронными таблицами, то сможете освоить и pandas. Несмотря на сходство с табличной компоновкой Excel, pandas обладает большей гибкостью и более широкими возможностями. Эта библиотека для Python быстро выполняет операции с миллионами строк и способна взаимодействовать с другими инструментами. Она дает идеальную возможность выйти на новый уровень анализа данных. С её помощью мы импортируем и сортируем данные, делаем выборки и находим зависимости. Например, чтобы прочитать файл средствами Pandas в Python мы пишем:

```
import pandas as pd  
data = pd.read_csv('data_file.csv')
```

Такой подход простой и понятный. Каждый Data Scientist или аналитик знает это. Но если данных много? Скажем 100 000 000 строк, они постоянно меняются, сроки горят, и до обеда надо проверить еще 100 гипотез?

Возьмем исследовательский набор данных о диабете с сайта Kaggle и продублируем каждую строку 100 000 для создания нашего тестового набора данных. В результате получается 76 800 000 строк.

Изначальный датасет выглядит так:

Таблица 1- Набор данных о диабете

	Preg-nan-cies	Glu-cose	Blood Pressure	Skin Thickness	Insu-lin	BMI	Diabetes Pedigree Function	Age	Out-come
0	6	148	72	35	0	33.6	0.627	50	1
1	1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
2	8	183	64	0	0	23.3	0.672	32	1
3	1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
4	0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1
...
763	10	101	76	48	180	32.9	0.171	63	0
764	2	122	70	27	0	36.8	0.340	27	0
765	5	121	72	23	112	26.2	0.245	30	0
766	1	126	60	0	0	30.1	0.349	47	1
767	1	93	70	31	0	30.4	0.315	23	0

Преобразовываем его для наших экспериментальных задач:

```
# Чтение датасета из файла
df = pd.read_csv('diabetes.csv')
# Создание тестового файла
df = df.loc[df.index.repeat(100000)]
# Сохранение в файл для экспериментов
df.to_csv('benchmark.csv')
print(len(df), 'строк')
76 800 000 строк
```

Преобразование было долгим, но будем надеется, что время потрачено не зря. Сколько же займет чтение такого файла?

```
df = pd.read_csv('benchmark.csv')
```

Если каждый раз загружать изменившийся датасет заново, на наши 100 гипотез уйдет 13 часов. Сделать до обеда не получится.

Мы хотим загружать данные быстрее, но при этом не терять всех преимуществ, которые даёт Pandas. Простая функция использующая datatable поможет нам сделать это:

```
import datatable as dt
import pandas as pd
def read_fast_csv(f):
    frame = dt.fread(f)
    ds = frame.to_pandas()
    return ds
```

Попробуем теперь прочитать наш большой датасет:

```
ds = read_fast_csv('benchmark.csv')
```

Это в 6 раз быстрее!

Столбцы с датами в разных форматах

Для анализа и визуализации данных часто требуется работать с датами в разных форматах, когда дата дана только одна. А еще хуже, если все даты прописаны как попало. Приходится приводить все даты к стандартному виду, а потом программным путем добывать из каждой даты разную информацию. Упростим этот процесс, сначала смоделируем ситуацию и создадим функцию, и к нашему исходному датасету добавим колонку со случайными датами в диапазоне двух последних лет:

```
import numpy as np
# Чтение датасета из файла
df = pd.read_csv('diabetes.csv')
df['date'] = np.random.choice(pd.date_range('2023-01-01', '2023-12-31'),
768)
df.to_csv('diabetes_dates.csv')
```

Ниже код функции, которая к существующему датасету добавляет колонки с наиболее частыми требуемыми форматами, чтобы сделать выборки по годам, по кварталам, месяцам или неделям, либо взять полную дату для целей визуализации.

```
import datetime
from datetime import timedelta
def granular_dates(df, col):
    df['ts_date'] = pd.to_datetime(df[col]).dt.normalize()
        # Полная дата с названием месяца
    df['ts_date_str'] = df["ts_date"].dt.strftime("%d %B %Y")
        # Краткая дата с сокращением месяца
    df['ts_date_str_short'] = df["ts_date"].dt.strftime("%d %b %Y")
    # Только год
    df['ts_year'] = df.ts_date.dt.year
    # Только номер месяца
    df['ts_month'] = df.ts_date.dt.month
    # Только число
    df['ts_day'] = df.ts_date.dt.day
    # Год и квартал
    df['ts_quarter'] = pd.PeriodIndex(df.ts_date, freq="Q").astype(str)
    # Номер недели
    df['ts_dayweek'] = df.ts_date.dt.dayofweek
    # День недели
    df['ts_dayweektext'] = df.ts_date.dt.strftime("%a")
    # Дата конца недели (воскресенья)
    df['ts_week_start'] = df.ts_date.apply(lambda x: x -
timedelta(days=x.weekday())).dt.strftime("%b-%d")
```

```

# Дата конца недели (воскресенья)
df['ts_week_end'] = df.ts_date.apply(lambda x: x -
timedelta(days=x.weekday()) + timedelta(days=6)).dt.strftime("%b-%d")
Теперь всего одна строчка кода (не считая чтение файла):
# Чтение датасета
df = pd.read_csv('diabetes_dates.csv')
# Добавление колонок с датами разного формата
granular_dates(df, 'date')

```

Кроме обработки больших данных с помощью Python пакета **Pandas**, также можно достичь этой функциональности при помощи нескольких генераторов. Для обработки больших наборов данных или потоков данных без максимального использования памяти компьютера **создаются конвейеры данных, построенного на генераторах** позволяющие скомпоновать код. Представим, что есть большой CSV-файл `big-data.csv` в несколько тысяч строк с данными посещения сайта, которые нужно обработать.

Для обработки такого файла необходимо проделать следующие действия:

1. Прочитать каждую строчку файла.
2. Разбить каждую строку на список значений.
3. Извлечь имена столбцов.
4. Использовать имена столбцов и список значений из строк для создания словарей.
5. Отфильтровать значения, которые не интересуют.
6. Обработать интересующие значения.

Список использованных источников

1. Билл Фрэнкс. пер. с англ. Андрея Баранова. Укрощение больших данных: как извлекать смысл из гигантских потоков данных с помощью продвинутой аналитики. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014.
2. Радченко И.А, Николаев И.Н. Технологии и инфраструктура Big Data. – СПб: Университет ИТМО, 2018.

A. Atagulov, Ye.A. Spirina, I.A. Samoylova

Karaganda Buketov University
Karaganda, Kazakhstan

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

***Abstract.** Artificial intelligence continues to shape industries, optimize processes and revolutionize technology, but it brings with it certain risks. Despite its transformative potential, the uncontrolled development of AI poses key dangers to society.*

А. Атагулов, Е.А. Спирина, И.А. Самойлова

Карагандинский университет имени Е.А. Букетова
Караганда, Казахстан

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

***Аннотация.** Искусственный интеллект продолжает формировать отрасли, оптимизировать процессы и революционизировать технологии, однако он несет с собой определенные риски. Несмотря на свой преобразующий потенциал, неконтролируемое развитие ИИ представляет ключевые опасности для общества.*

The loss of privacy is one of the main issues surrounding the development of Artificial intelligence (AI). Because AI systems rely heavily on data, frequently from individual users, privacy concerns are raised because algorithms learn from habits, personal information, and even sensitive financial or medical data. In her work on "surveillance capitalism," Shoshana Zuboff claims that businesses frequently gather and examine user data without complete knowledge or informed consent, posing moral questions about power and privacy [1]. The possibility for invasive surveillance is growing along with AI technology, making it harder for people to protect their privacy.

Autonomy and control are additional issues. The pursuit of advanced AI systems capable of decision-making brings questions about who, or what, is in control. AI with autonomous decision-making powers raises ethical questions about accountability and oversight. For instance, autonomous weapons and self-governing algorithms could make critical decisions without human intervention, potentially leading to unwanted consequences, harm, or conflict escalation [2]. Maintaining human oversight and control over AI is essential to prevent scenarios where machines act in ways that are harmful or contrary to human values.

The automation of tasks through AI has also led to concerns over job displacement in potentially affected industries. While AI has enhanced productivity in manufacturing, logistics, and even creative industries, the resulting automation has begun to replace jobs traditionally occupied by humans. A report by McKinsey & Company [3] estimates that up to 375 million jobs could be displaced by automation by 2030, leading to large-scale unemployment and economic inequality. Although developments in artificial intelligence creates new roles, there is concern that these new jobs may require specialized skills, making them inaccessible to the laid off workforce without significant retraining efforts.

Another danger of AI development lies in the potential for bias and discrimination. AI systems, though designed to be objective, often learn from biased data. When trained on datasets that reflect human prejudices, these biases can become embedded in AI decision-making processes, affecting areas like hiring, criminal justice, and lending. Studies have shown that AI can inadvertently discriminate against certain demographic groups, leading to outcomes that worsen societal inequalities [3]. To mitigate this risk, it is crucial to improve data quality and promote fairness and transparency in AI algorithms.

Finally, some experts warn about the potential for AI to surpass human intelligence, creating scenarios where machines could act independently in ways that humans cannot fully comprehend or control. This notion, known as the "AI singularity," raises concerns about the long-term survival of humanity. Although it may seem speculative, researchers like Bostrom [4] have highlighted the need for ethical research and development practices to guide AI's evolution and minimize existential threats.

One thing that may relieve the situation to some extent, is the ongoing cooperation among countries and IT companies to establish proper rules for controlled development of artificial intelligence, to prevent it from stagnation and negatively affecting the society. One such event happened in Fall of 2023 when Elon Musk, Mark Zuckerberg and other influential tech figures met with US senators to discuss regulations pertaining to artificial intelligence. Kazakhstan is taking action as well. The minister of digital development, innovation and aerospace industry, Zhaslan Madiyev hinted about the law "On artificial intelligence" becoming effective in 2025 [5].

In conclusion, the development of artificial intelligence, while promising, demands a proactive approach to its ethical, social, and regulatory implications. As AI capabilities continue to grow, society must establish robust safeguards to minimize its risks and ensure that these technologies align with human values. Balancing innovation with caution is essential for responsibly harnessing AI's potential for a better and safe future.

References

1. Zuboff, S. (2019). The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. PublicAffairs.
2. McKinsey & Company. (2017). Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-workforce-transitions-in-a-time-of-automation>
3. Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science, 366(6464), 447-453.
4. Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press.
- Future of Life Institute. (2017). Autonomous Weapons: An Open Letter from AI & Robotics Researchers. Retrieved from <https://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons/>
5. Kazakhstan to adopt a law on artificial intelligence (2024). Retrieved from <https://profit.kz/news/67958/V-Kazahstane-poyavitsya-zakon-ob-iskusstvennom-intellekte/>

УДК 004.8.032.26:629.735.33.052-52

И. Басистый

ФГБОУ ВО «Технологический университет»
Королёв, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Аннотация. В данной статье рассматривается использование нейросетей для повышения эффективности навигации и управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Обсуждаются основные подходы к навигации и управлению БПЛА с применением нейросетей, включая методы обработки данных.

I. Basistyy

Moscow Region University of Technology
Korolev, Russia

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR NAVIGATION AND CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. This article discusses the use of neural networks to improve the efficiency of navigation and control of unmanned aerial vehicles (UAVs). The main approaches to UAV navigation and control using neural networks, including data processing methods, are discussed.

Введение

Беспилотные летательные аппараты находят все более широкое применение в различных сферах, таких как сельское хозяйство, мониторинг окружающей среды, транспортировка грузов, военные операции и поисково-спасательные мероприятия. С ростом сложности выполняемых задач возрастает необходимость в более точных, эффективных и автономных системах навигации и управления. Нейросети, благодаря своей способности к обучению на больших объемах данных, становятся ключевым инструментом для решения задач навигации и управления в БПЛА.

Цель данной работы — изучение подходов и методов применения нейросетей в задачах навигации и управления БПЛА, а также анализ текущего состояния исследований и разработки рекомендаций для дальнейшего развития.

1. Основные задачи навигации и управления БПЛА

Навигация и управление БПЛА включают в себя несколько ключевых задач:

- Определение местоположения — обеспечение точного и надежного определения текущих координат и высоты;
- Планирование и оптимизация траекторий — определение оптимального маршрута для выполнения заданий, учитывая препятствия и ограничения по времени или энергии;
- Обнаружение и обход препятствий — определение препятствий на пути и разработка оптимальных решений для их обхода;
- Стабилизация полета — поддержание устойчивости и корректировка параметров полета при воздействии внешних факторов (ветер, турбулентность и т.д.);
- Распознавание объектов — идентификация важных объектов на местности, что особенно актуально для мониторинга и поисково-спасательных операций.

2. Применение нейросетей в навигации и управлении БПЛА

2.1. Нейросетевые алгоритмы для обработки данных от датчиков

Одной из основных задач для БПЛА является обработка данных от различных датчиков, таких как камеры, лидары, инерциальные измерительные устройства и GPS-модули. Нейросети позволяют интегрировать данные с различных сенсоров, обеспечивая более точное и надежное определение текущих координат. Например,

сверточные нейронные сети (CNN) применяются для обработки изображений с камер и позволяют БПЛА ориентироваться в пространстве, распознавая ландшафт и окружающие объекты.

2.2. Нейросетевые модели для планирования траектории

Методы глубокого обучения, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и модели с вниманием (attention models), используются для предсказания оптимальной траектории движения с учетом различных факторов. Например, нейросети могут предсказать оптимальные маршруты с учетом препятствий и погодных условий, минимизируя затраты энергии и времени полета.

2.3. Методы обхода препятствий с использованием глубокого обучения

Глубокое обучение позволяет БПЛА выполнять обход препятствий в режиме реального времени. Используя данные от камер и лидаров, сверточные и рекуррентные нейронные сети могут обнаруживать препятствия и определять оптимальные маневры для их обхода. Это особенно полезно в условиях сложной местности и при полетах в городских районах.

2.4. Управление и стабилизация полета с применением нейросетей

Нейросети также могут использоваться для управления и стабилизации полета, обеспечивая адаптацию к быстро изменяющимся условиям. Нейросети, обученные на данных с акселерометров, гироскопов и других сенсоров, могут динамически корректировать курс, угол наклона и скорость БПЛА, повышая его устойчивость при внешних воздействиях.

2.5. Распознавание объектов и навигация по ориентирам

Для задач мониторинга и поисково-спасательных операций нейросети позволяют БПЛА распознавать объекты, такие как транспортные средства, здания и живые существа. Сверточные нейронные сети применяются для классификации объектов на изображениях, что позволяет БПЛА принимать более осмысленные решения, например, определять, где находится нужный объект, и оптимально к нему подлететь.

3. Примеры реализации и экспериментов

В последние годы были разработаны различные прототипы и экспериментальные системы, использующие нейросети для управления и навигации БПЛА. Примеры таких систем включают:

- Проект Google Wing: использует машинное обучение для маршрутизации и навигации беспилотников, доставляющих небольшие грузы.

- Проект Skydio: автономные дроны Skydio используют глубокое обучение для распознавания и обхода препятствий в режиме реального времени.

- Исследовательские проекты университетов: различные университеты разрабатывают системы для автономной навигации с использованием нейросетей и камер, позволяя дронам ориентироваться в закрытых пространствах и проходить сложные маршруты.

4. Перспективы и вызовы развития

Несмотря на успехи, остаются значительные вызовы при применении нейросетей для навигации и управления БПЛА:

- Высокая вычислительная нагрузка: многие нейросетевые алгоритмы требуют значительных вычислительных ресурсов, что может быть ограничением для малых БПЛА.

- Надежность и безопасность: необходимо обеспечить стабильность и безопасность работы нейросетей, особенно в критически важных задачах.

- Обучение на реальных данных: для точной работы нейросетей необходимо собирать и обрабатывать большие объемы данных в реальных условиях полета.

В перспективе ожидается развитие более энергоэффективных нейросетевых алгоритмов, создание компактных моделей для внедрения в малые дроны, а также использование нейросетей в кооперативных системах, где несколько БПЛА работают вместе для выполнения общей задачи.

Заключение

Применение нейросетей для навигации и управления БПЛА открывает новые возможности для создания автономных и эффективных летательных аппаратов. Современные нейросетевые алгоритмы позволяют значительно повысить точность, безопасность и надежность полетов, облегчая выполнение задач в сложных и динамичных условиях. Однако остаются технические и исследовательские задачи, которые необходимо решать для достижения полной автономности и эффективности БПЛА.

Список использованных источников

1. Бондаренко, О. Е. Применение искусственного интеллекта в автоматических системах воздушных судов для повышения безопасности полетов / О. Е. Бондаренко // Наукосфера. - 2024. - № 6-1. - С. 8-12.

2. Пророк В. Я., Шаймухаметов Ш. И. Моделирование движения маневрирующих летательных аппаратов на основе нечетких искусственных нейронных сетей // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. 2017. № 656. С. 18-24.

3. Толстых В.Н. Нейронные сети для экстраполяции временных рядов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2023. Т. 15. № 6. С. 4-11.

4. Тран В.Т., Кориков А.М. Детектирование посадочной площадки и автоматическая посадка беспилотного летательного аппарата по ее изображению // Доклады ТУСУР. - 2023. - Т. 26, № 2. - С. 72-80.

УДК 544.25

В.С. Безбородов¹, С.Г. Михалёнок¹, Н.М. Кузьменок¹, В.И. Лапаник²

¹Белорусский государственный технологический университет

²НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Минск, Беларусь

ХИРАЛЬНЫЕ МЕЗОМОРФНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: СИНТЕЗ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены подходы к синтезу хиральных мезоморфных соединений, представляющих практический интерес. Предлагаемая методология создания хиральных мезоморфных соединений, основанная на использовании соответствующих 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов, является креативной и с успехом может быть использована для создания новых поколений материалов и устройств с широким спектром практического использования.

V.S. Bezborodov¹, S.G. Mikhalyonok¹, N.M. Kuzmenok¹, V.I. Lapanik²

¹Belarusian State Technological University

²Institute of Applied Physics Problems
Minsk, Belarus

CHIRAL MESOMORPHOUS COMPOUNDS: SYNTHESIS AND DIRECTIONS OF PRACTICAL APPLICATION

Abstract. Approaches to the synthesis of chiral mesomorphic compounds of practical interest are considered. The proposed methodology for the preparation of chiral mesomorphic compounds based on the use of the corresponding 3,6-disubstituted

cyclohex-2-enones is creative and can be successfully used to create new generations of materials and devices with a wide range of practical application.

Хиральные (оптически активные) мезоморфные соединения представляют несомненный интерес для исследователей, занимающихся изучением жидкокристаллических (ЖК) материалов и созданием устройств отображения информации на их основе [1, 2]. Периодические спиральные структуры хиральных нематической (холестерической) и смектической С (ферроэлектрической) фаз, характерные для данных материалов, определяют их уникальные особенности – способность селективно отражать падающий свет от спиральной структуры, напоминая дифракционную решетку. При этом чрезвычайно высокая чувствительность холестерической фазы к различным внешним воздействиям: температуре, давлению, электрическим и магнитным полям и т. д., сопровождающаяся изменением шага спирали и длины волны отраженного света (окраски), позволяет широко использовать эти материалы в качестве высокоэффективных светофильтров, индикаторов и датчиков в различных технических областях, науке и медицине. Примечательно, что не только видимый свет, но и ультрафиолетовое и инфракрасное излучения селективно отражаются от спиральной структуры холестерических жидких кристаллов, позволяя значительно расширить спектр практического использования оптически активных мезоморфных материалов и устройств на их основе.

Что касается ферроэлектрических жидких кристаллов, то их уникальные свойства обусловлены скоростью переориентации молекул в слоях хиральной смектической С фазы под воздействием прикладываемого электрического поля. Время переориентации (быстродействие) молекул под действием электрического поля (3–5 В) в слоях смектической С фазы составляет 1–50 микросекунд, что на несколько порядков меньше времени переориентации молекул в нематической фазе (3–10 миллисекунд). Данная особенность является несомненным преимуществом подобных материалов перед нематическими жидкими кристаллами и позволяет применять их для создания и производства оптических затворов, фильтров, мониторов, панелей, других эффективных высококачественных ЖК устройств отображения информации.

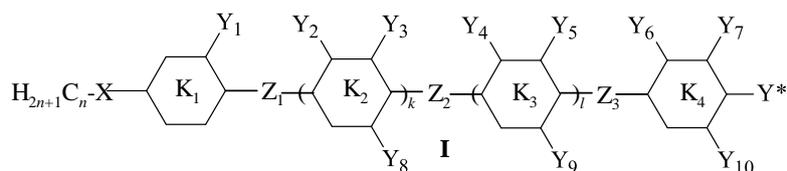
Из многочисленных оптически активных спиртов, карбоновых кислот, других функциональных производных, используемых для получения хиральных нематических или смектических жидких кристаллов, наибольший интерес представляют соединения, которые могут быть получены из природных источников.

Природные продукты – важнейший источник оптически активных веществ, таких как спирты, гидроксикислоты, аминокислоты, алкалоиды, сахара, терпены. Доступными природными оптически активными веществами являются, например, 2-метилбутан-1-ол, яблочная, винная, молочная кислоты, ментол, α -фенилаланин, пролин, другие аминокислоты и вещества. Все они находятся в природе в оптически активных формах и могут служить исходным сырьем для синтеза других оптически активных соединений, когда при их модификации хиральность не нарушается. Так, из (*S*)-2-метилбутан-1-ола, используя доступные реагенты и классические методы органической химии (нуклеофильное замещение гидроксильной группы и магнийорганический синтез, окисление спиртов и восстановление карбоновых кислот или их эфиров) могут быть получены другие оптически активные спирты, алкилгалогениды, карбоновые кислоты и затем жидкие кристаллы, образующие, в зависимости от химической структуры, хиральные нематическую или смектическую C (ферроэлектрическую) фазы в различных температурных интервалах. Алкилирование и нуклеофильное замещение гидроксильной группы, гидролиз и восстановление сложноэфирного фрагмента (*S*)-лактатов может приводить к образованию оптически активных алкокси(хлор, циано)замещенных спиртов, различных карбоновых кислот. Диазотирование природных оптически активных аминокислот, разложение солей диазония в присутствии минеральных кислот, замещение гидроксигруппы и восстановление карбоксильного или сложноэфирного фрагментов позволяют еще больше расширить ассортимент оптически активных веществ, которые могут быть использованы для синтеза хиральных мезоморфных соединений.

Из других веществ, применяемых для синтеза оптически активных ЖК, следует отметить 4-замещенные фенолы и аналогичные им ароматические кислоты, которые в настоящее время широко используются для синтеза и исследований разнообразных хиральных нематических, ферроэлектрических и антиферроэлектрических жидких кристаллов. Методы модификации этих соединений с использованием указанных хиральных реагентов, как правило, основаны на классических реакциях алкилирования, электрофильном и нуклеофильном замещениях, этерификации, других подобных превращениях.

Учитывая, что известные методы синтеза хиральных мезоморфных веществ имеют ряд ограничений и недостатков, нами была изучена возможность получения подобных веществ из других

доступных субстратов и реагентов. Анализ синтетических методов получения мезоморфных карбоциклических соединений показал [3], что для указанной цели наиболее перспективным является присоединение по Михаэлю арилвинилкетонов к 2-замещенным ацетоуксусным эфирам, производным бензилметилкетона, ацетилацетона или аналогичным им дикарбонильным соединениям с последующей циклизацией в присутствии оснований без выделения промежуточных аддуктов присоединения [4]. Данная методология синтеза указанных соединений характеризуется новизной подхода и позволяет получать с высоким выходом разнообразные жидкокристаллические замещенные циклогекс-2-еноны, из которых в зависимости от типа заместителей и их положения в циклических фрагментах, характера проводимых превращений может быть получен широкий спектр мезоморфных соединений (**I**) перспективных для практического использования в различных областях науки и техники.



где $n = 3-12$; $X =$ связь или O ; $K_{1-4} =$ бензольное циклогексановое, гетероциклическое кольца; $Z_{1-3} =$ связь или COO , $CH=CH$, $C\equiv C$, CH_2CH_2 , $OCHF_2$ и др.; $k, l = 0, 1$; $Y_{1-10} = H, F, Cl, CN, CF_3, CH_3$ и др.; $Y^* =$ хиральный фрагмент

В результате проведенных исследований было установлено, что для синтеза хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов (**1-5**) наиболее целесообразно использовать два подхода – конденсацию соответствующих гидрохлоридов 1-арил-3-(*N,N*-диметиламино)пропан-1-онов (солей Манниха) (**6**) с оптически активными 2-замещенными ацетоуксусными эфирами (**7**) (рис.1)

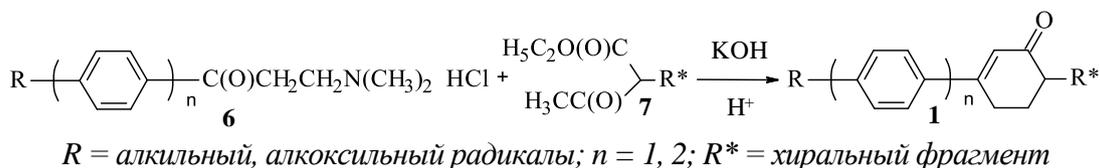
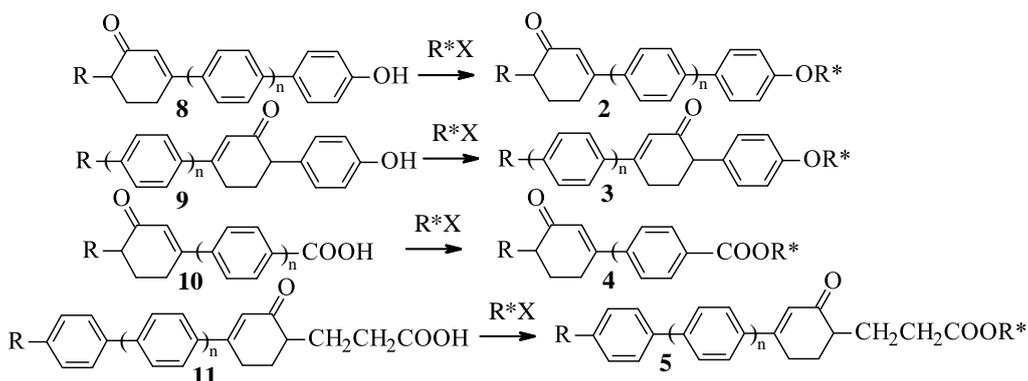


Рис.1 - Синтез хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов

или взаимодействие гидроксид- или карбоксипроизводных циклогекс-2-енонов (**8-11**) с хиральными реагентами (рис. 2).



R = алкильный, алкоксильный радикалы; *n* = 1, 2; *R** = хиральный фрагмент; *X* = OH, Br, COOH

Рис. 2 - Синтез хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов

При этом, как показали проведенные исследования, второй вариант является наиболее предпочтительным, поскольку позволяет получать большой ассортимент хиральных мезоморфных соединений с разнообразными свойствами.

Следует отметить, что для синтеза гидрокси- или карбоксипроизводных циклогекс-2-енонов (**8-11**) в качестве ключевых исходных субстратов использовали 2-(2-цианоэтил)ацетоуксусный эфир, 4-метоксифенилацетон, эфиры α -ацетилглутаровой кислоты, гидрохлорид 1-(4-цианофенил)-3-(N,N-диметиламино)пропан-1-она, различные 2-алкилацетоуксусные эфиры и гидрохлориды 1-арил-3-(N,N-диметиламино)пропан-1-онов.

Таким образом, как видно из приведенных примеров, данные субстраты позволяют получать с высоким выходом разнообразные хиральные мезоморфные 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны, из которых в зависимости от характера проводимых превращений может быть получен ряд новых продуктов, перспективных для практического использования в различных областях науки и техники.

Важно отметить, что доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенонового фрагментов, других функциональных групп различными реагентами позволяют целенаправленно проводить синтез хиральных мезоморфных соединений с желаемой комбинацией алкильных, циклических, мостиковых фрагментов; необходимым количеством и положением атомов галогенов, гидрокси-, других функциональных или полярных групп в центральной и терминальных частях молекул, создавать на их основе материалы с заданными параметрами и свойствами.

Несомненно, предлагаемый нами подход синтеза хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов является креативным, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения оптически активных жидких кристаллов и с успехом может быть использован для создания новых поколений материалов и разнообразных устройств на их основе с улучшенными свойствами.

Список использованных источников

1. Clark N.A., Lagerwall S.T. Appl Phys Lett. v.36, p.899-905,1980.
2. Hird M. Liq Cryst. v. 38, p. 1467–1393, 2011.
3. Безбородов В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.
4. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M. Liq. Crys. v. 42, p.1124-1138, 2015.

УДК 54.057+536.46

**А.А. Берестовая, А.Н. Шавшина, А.В. Кара,
О.Ю. Светлаков, С.В. Журавлев**
«Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон»
Донецк

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$

Аннотация. В данной работе описан механизм образования алюмо-кобальтовой шпинели методом самораспространяющегося взаимодействия в тройной системе $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ с дальнейшим прокаливание в печи. Получение частиц шпинели CoAl_2O_4 были доказано с помощью порошковой рентгеновской дифракции.

**A.A. Berestovaya, A.N. Shavshina, A.V. Kara,
O.Y. Svetlakov, S.V. Zhuravlev**
"Research Institute "Reactivelectron"
Donetsk

PREPARATION OF OXIDE MATERIALS WITH SPINEL STRUCTURE BY SELF-PROPAGATING INTERACTION IN THE TERNARY SYSTEM $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$

Abstract. In this paper, the mechanism of formation of alumocobalt spinel by self-propagating interaction in a triple $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ system with further calcination in a furnace is described. The production of spinel CoAl_2O_4 particles has been proven using powder X-ray diffraction

В современном мире одной из ключевых задач в области химической технологии является разработка материалов, обладающих определенными физико-химическими свойствами. В этом контексте сложные оксидные системы, основанные на ферритах и хромитах переходных металлов со шпинелевой структурой, представляют собой наиболее перспективные объекты для исследований благодаря их сочетанию важных технических характеристик [1].

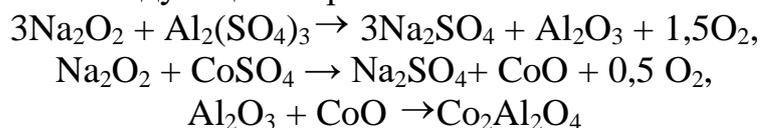
Поскольку образование шпинелей происходит при высоких температурах, использование метода самораспространяющегося взаимодействия (СРВ) является весьма перспективным, основанным на экзотермических реакциях между двумя или несколькими химическими элементами или соединениями, протекающих в режиме направленного горения. Высокая температура, наблюдаемая во фронте самораспространяющегося взаимодействия, может достигать сотен градусов. Также происходит перестройка кристаллических решеток реагирующих веществ при формировании новых кристаллических структур. Кроме того, выделение кислорода приводит к диспергации компонентов, что способствует образованию оксидов, находящихся в очень реакционном состоянии и обладающих малыми размерами частиц, включая наночастицы.

В настоящее время интерес представляет самораспространяющиеся реакции на основе пероксидных соединений натрия с сульфатами металлов [2, 3].

Согласно исследованию, проведенного в работах [2, 3], можно предположить, что в системах $\text{MeSO}_4\text{-M}_2(\text{SO}_4)_2\text{-Na}_2\text{O}_2$ (где Me - Co^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , M - Al^{3+} , Fe^{3+}) могут формироваться оксиды повышенной активности, которые при взаимодействии между собой во фронте горения образуют структуры шпинели MeM_2O_4 .

Цель работы - исследование возможности образования алюмокобальтовой шпинели в тройной системе $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_2\text{-Na}_2\text{O}_2$.

Суммарную схему реакций в системе $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-NaO}_2$ можно представить следующим образом:



Количество образующейся шпинели и скорость шпинелеобразования при синтезе в значительной мере определяются

чистотой исходных компонентов и однородностью массы. Алюмо-кобальтовую шпинель получали на основе кристаллогидратов сульфатов кобальта и алюминия квалификации «ХЧ» и «Ч», соответственно.

Соли кобальта и алюминия предварительно высушивали в вакуумно-сушильном шкафу при постепенном увеличении температуры с выдержкой. Условия сушки подбирали, опираясь на данные, полученные в результате дифференциально-термического анализа (ДТА). Так, благодаря ДТА было установлено, что гептагидрат сульфата кобальта медленно дегидратируется при температуре около 100 °С и становится безводным при 250 °С, а 18-водный кристаллогидрат сульфата алюминия при 420 °С становится полностью безводным.

С помощью установки ДТА контролировали степень сушки порошков, а также, температуру начала взаимодействия между компонентами системы, что на кривой ДТА фиксируется в виде сильного экзотермического эффекта при температуре 260 °С и резкой потерей массы, обусловленной выделением пероксидного кислорода.

Безводные порошки тщательно перетирали в агатовой ступке и смешивали с пероксидом натрия в мольном соотношении 1:1:4 в перчаточном боксе, для избежание обводнения порошков. Из полученной смеси прессовали таблетку диаметром 23 мм и высотой 13-15 мм на ручном гидравлическом прессе при давлении прессования 0,75 т/см². Прессование проводили ступенчато для облегчения выхода воздуха из материала и обеспечению более высокой плотности и равномерной пористости по длине образца.

Спрессованную таблетку взвешивали и измеряли геометрические размеры. Инициацию горения проводили в изолированной системе пламенем горелки на спрессованный образец. Остывшую таблетку взвешивали, измельчали и отмывали от сульфата натрия на воронке Бюхнера с фильтром «синяя лента». Контроль отмывки осуществляли по качественной реакции хлорида бария с сульфатом натрия, фиксируя помутнение раствора с образованием нерастворимого осадка сульфата бария. Отмывку можно считать оконченной, как только фильтрат переставал мутнеть. После отмывки полученный продукт прокаливали в печи сначала при температуре 950 °С в течении двух часов, а потом при температуре 1200 °С также в течении двух часов.

Фазовый состав изучали на рентгеновском дифрактометре НАОУАН DX-27MINI (ИОНХ РАН, г. Москва). Расшифровку осуществляли с помощью базы данных PDF-2 в программном комплексе Jade 6.5.

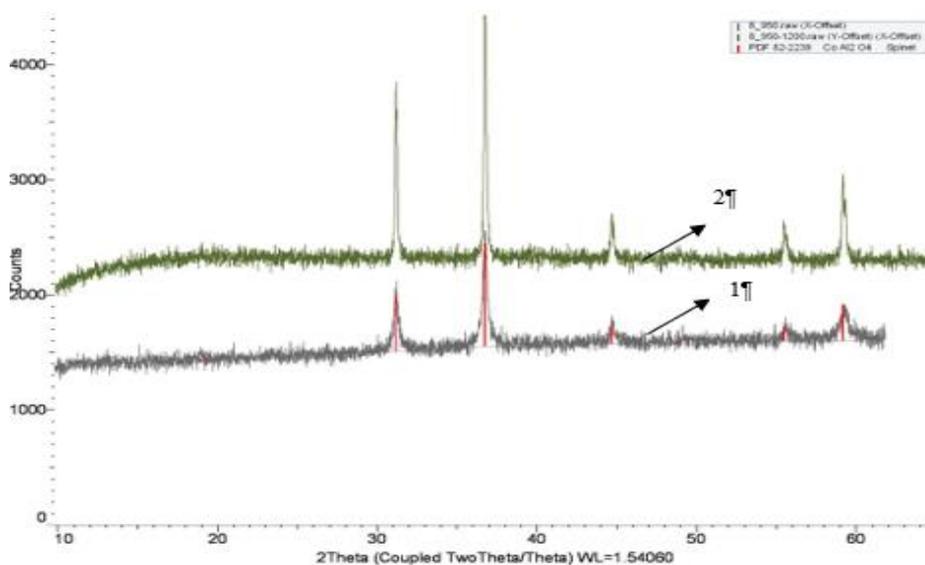


Рис. 1 – Рентгенограмма продукта СВ-реакции в системе $\text{CoSO}_4 - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_2 - \text{Na}_2\text{O}_2$

1-продукт СВ-реакции, прокаленный при 950 °С; 2 - продукт СВ-реакции, прокаленный при 1200 °С

На дифрактограмме образца (рис. 1) показано, что присутствуют только пики, относящиеся к шпинельной фазе.

Данные дифрактограммы показывают, что с помощью метода самораспространяющегося и высокотемпературного отжига возможно получение алюмо-кобальтовой шпинель CoAl_2O_4 .

Список использованных источников

1. Князева, С. С. Структура и физико-химические свойства сложных оксидов со структурой шпинели : автореферат дис. кандидата химических наук : 02.00.01 / Князева Светлана Сергеевна; [Место защиты: Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского]. — Нижний Новгород, 2016. — 24 с.

2. Берестовая, А.А. Термодинамический анализ процесса горения в оксидных и пероксидных солевых системах / А.А. Берестовая, В.В. Шаповалов // Научный вестник НИИГД «Респиратор». 2022. № 2 (59). С. 26-33.

3. Шаповалов, В. В. Анализ процесса образования феррита цинка при твердофазном обмене в системе $\text{ZnSO}_4\text{-Fe}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ в условиях динамического нагрева / В. В. Шаповалов, А. А. Берестовая // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2024. – № 3(57). – С. 50-67.

**В.В. Боброва¹, А.В. Касперович¹, С.А. Ефремов²,
С.В. Нечипуренко², Ю.М. Казаков³, О.В. Стоянов³,
К.Б. Вернигоров⁴**

¹Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

²Казахский национальный университет им. Аль-Фараби
Алматы, Казахстан

³Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

⁴ООО «СибурПолилаб»
Москва, Россия

УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНЫХ РЕЗИН, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА РИСА

Аннотация. Целью данной работы являлось изучение упруго-гистерезисных свойств эластомерных композиций, предназначенные для изготовления протектор-беговой части летней легковой шины, при замене высокоусиливающего кремнекислотного наполнителя на углерод-кремнистый наполнитель, полученный путем карбонизации в пиролизной печи рисовый шелухи и стеблей при температуре 550–600 °С.

**V.V. Bobrova¹, A.V. Kasperovich¹ S.A. Efremov²,
S.V. Nechipurenko², Yu.M. Kazakov³, O.V. Stoyanov³,
K.B. Vernigorov⁴**

¹Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

²Al-Farabi Kazakh National University
Almaty, Kazakhstan

³Kazan National Research Technological University
Kazan, Russia

⁴SiburPolilab LLC
Moscow, Russia

ELASTIC-HYSTERESIS PROPERTIES OF TREAD RUBBERS CONTAINING RICE PRODUCTION WASTE

Abstract. The aim of this work was to study the elastic-hysteresis properties of elastomer compositions intended for the manufacture of the tread-running part of a summer passenger tire, when replacing the high-reinforcing silica filler with a carbon-silic filler obtained by carbonization in a pyrolysis furnace of rice husks and stems at a temperature of 550–600 °С.

Резины относятся к одному из основных материалов в современном индустриальном обществе. Традиционные наполнители,

используемые в резинах, такие как технический углерод (техуглерод) и осажденный диоксид кремния, имеют много недостатков. Техуглерод, получаемый из нефти, токсичен для окружающей среды, а осажденный диоксид кремния имеет высокую стоимость при производстве [1]. Поэтому поиски альтернативных наполнителей для эластомерных композиций являются актуальной задачей.

В данной работе представляло интерес изучение влияния частичной замены (до 20 мас. ч.) промышленного высокоусиливающего кремнекислотного наполнителя (Экстрасил 150ВД) на углерод-кремнистый наполнитель, полученный при карбонизации смеси рисовой шелухи и стеблей и содержащий в своем составе как углеродную, так и кремнеземную фракции, на упруго-гистерезисные свойства эластомерных композиций.

Для изготовления промышленных эластомерных композиций, применяемых в производстве протектор-беговой части легкой шины, использовали растворный синтетический бутадиен-стирольный каучук, предназначенный для изготовления всесезонных и летних шин, обладающих низкими потерями на качении, повышенным сцеплением с мокрой дорогой и износостойкостью ДССК-621В.

В качестве частичной замены промышленного высокоусиливающего кремнекислотного наполнителя (ККН) использовали углерод-кремнистый наполнитель (УКН), который производится в товариществе с ограниченной ответственностью «NeoCarbon» (г. Алматы, Республика Казахстан). Исходным сырьем является смесь рисовой шелухи и стебля, измельченная на роторно-ножевой мельнице с последующей карбонизацией в пиролизной печи, без доступа кислорода, при температуре 550–600 °С.

Ввиду наличия силанольных групп на поверхности углерод-кремнистого наполнителя, представляло интерес произвести частичную замену промышленного ККН на УКН и оценить влияние данной замены на упруго-гистерезисные показатели протекторных резин (таблица 1).

Таблица 1 – Соотношение наполнителей в рецептурах промышленных эластомерных композиций для протектор-беговой части летней шины

Соотношение наполнителей ККН / УКН, мас.ч.
64,0 / 0,0 (промышленная смесь)
54,0 / 10,0
44,0 / 20,0

Для количественной оценки упруго-гистерезисных свойств резины в условиях гармонического динамического нагружения широко используются модуль упругости (E') и модуль потерь (E'').

Зависимость модуля упругости E' при 60°C исследуемых резин от соотношения наполнителей представлена на рис. 1.

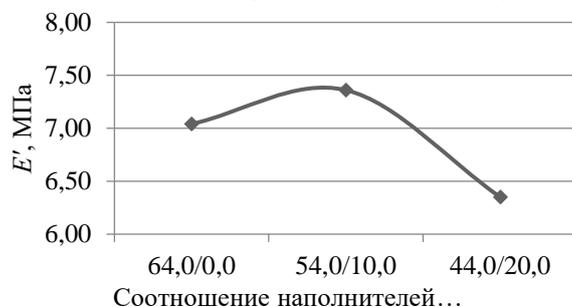


Рис. 1 – Зависимость модуля упругости от соотношения наполнителей

Из полученных данных видно, что при замене 10 мас. ч. ККН на углерод-кремнистый наполнитель увеличивается модуль упругости резин на 4,5%, что может привести к некоторому улучшению сопротивления протектора механическим повреждениям. В случае увеличения дозировки УКН до 20 мас. ч. данный показатель снижается на 9,8%, а, следовательно, повышается эластичность материала, что может оказывать влияние на сцепление шины с дорогой.

Результаты исследования модуля потерь E'' исследуемых вулканизатов представлены на рис. 2.

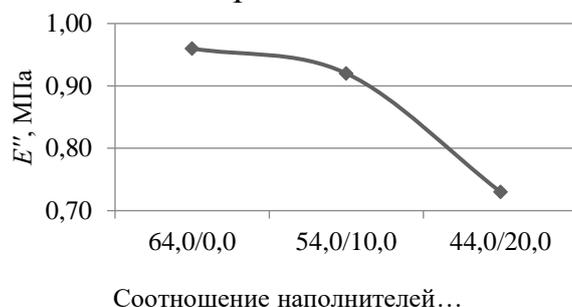


Рис. 2 – Зависимость модуля потерь от соотношения наполнителей

Установлено, что применение УКН в композициях для протектор-беговой части шины в качестве частичной замены высокоусиливающего ККН в дозировках 10,0 и 20,0 мас. ч. приводит к уменьшению модуля потерь на 4,2 и 24,0%, соответственно. Следовательно, применение в исследуемой эластомерной композиции УКН позволяет снизить теплообразование, что позволит снизить расход топлива.

Тангенс угла механических потерь (фактор потерь) представляет собой отношение модуля потерь к модулю накопления. Чем больше значение тангенса угла механических потерь ($\text{tg}\delta$), тем в большей мере в данном вязкоупругом материале проявляются свойства вязкой жидкости и в меньшей мере – свойства упругого тела [2].

Зависимость тангенса угла механических потерь $\text{tg}\delta$ от соотношения наполнителей представлена на рис. 3.

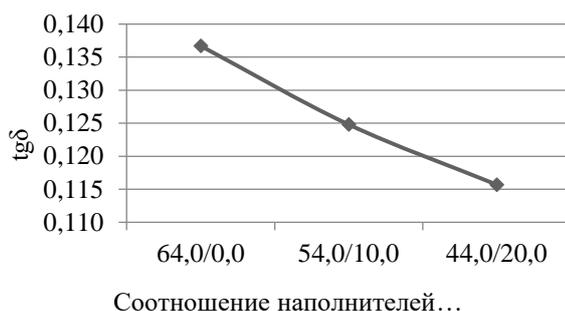


Рис. 3 – Зависимость тангенса угла механических потерь от соотношения наполнителей

Из полученных данных видно, с увеличением дозировки УКН снижается тангенс угла механических потерь на 7,1–14,3%, по сравнению с композицией, наполненной только ККН. Из этого следует, что эластомерные композиции, содержащие в своем составе УКН, обладают более низкими гистерезисными потерями. Снижение модуля эластичности, модуля потерь и тангенса угла механических потерь резин, содержащих УКН, обусловлено меньшей удельной поверхностью натурального наполнителя по сравнению с высокоусиливающим ККН.

Результаты исследования влияния дозировки УКН на упруго-гистерезисные свойства протекторных резин эластомерных композиций представлены в таблице 2. Выявлено, что введение в протекторные резиновые смеси УКН во всех исследуемых дозировках приводит к незначительному увеличению эластичности по отскоку резин до 6,3%. При меньшей удельной площади поверхности можно ожидать уменьшения взаимодействия «наполнитель-наполнитель», с уменьшением потери энергии и меньшим гистерезисом, связанным с более эластичным материалом. Результаты определения теплообразования по Гудричу показали, что введение УКН в протекторные резины в качестве частичной замены кремнекислотного наполнителя в дозировках 10,0 и 20,0 мас. ч. способствует снижению температуры внутри образца на 2°C и 7°C, соответственно. Также, при

замене промышленного наполнителя на УКН уменьшается теплообразование до 8°C.

Таблица 2 – Упруго-гистерезисные свойства эластомерных композиций для протектор-беговой части шины

Наименование показателя	Соотношение наполнителей ККН / УКН, мас. ч.		
	64,0 / 0,0, (промышленная смесь)	54,0 / 10,0	44,0 / 20,0
Эластичность по отскоку при 23±2 °С, %	32	33	34
Эластичность по отскоку при 100±1 °С, %	57	57	59
Теплообразование по Гудричу:			
– температура внутри образца, °С	148	146	141
– теплообразование, °С	100	94	92
– усталостная выносливость, циклов до разрушения, тыс. циклов	21,6	22,5	24,3
Гистерезисные потери, К/Е	0,26	0,25	0,26

Стоит отметить, что протекторные резины, содержащие в своем составе УКН, обладают лучшей усталостной выносливостью (22,5 и 24,3 тыс. циклов) по сравнению с промышленной смесью (21,6 тыс. циклов). Выявленный характер изменения свойств, вероятно, обусловлен тем, что на поверхности ККН присутствует большое количество водородных связей между поверхностными силанольными группами, которые с повышением температуры разрушаются, что в свою очередь, приводит к увеличению потерь на внутреннее трение, снижению эластичности, повышению теплообразования.

Список использованных источников

1. Singh M., Zulkifli M. Special issue on current progresses in rubber technology // Journal of Rubber Research – 2022. – Vol. 24, No. 4. – P. 1–2.
2. Кротова О.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П., Люштык А.Ю., Карманова О.В. Исследование упруго-гистерезисных свойств протекторных шинных резин с кремнекислотными наполнителями // Вестник ВГУИТ. – 2021. – Т. 83. – № 1. – С. 330–335.

УДК 631.878

А.А. Бышик, О.Б. Дормешкин, А.Н. Гаврилюк, М.С. Мохорт

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

БУРЫЕ УГЛИ БЕЛАРУСИ, КАК СЫРЬЕВОЙ ИСТОЧНИК ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В работе представлено перспективное направление применения бурых углей Республики Беларусь в производстве органических и органоминеральных удобрений, обеспечивающее импортозамещение и продовольственную безопасность страны. Определён оптимальный режим экстракции, позволяющий достичь выхода 96,8 % гуминовых веществ из бурых углей.

A.A. Vyshyk, O.B. Dormeshkin, A.N. Hauryliuk, M.S. Mokhart

Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

BROWN COALS OF BELARUS AS A RAW SOURCE OF HUMIC SUBSTANCES IN THE PRODUCTION OF ORGANIC AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS

Abstract. The paper presents a promising direction of application of brown coals of the Republic of Belarus in the production of organic and organomineral fertilizers, providing import substitution and food security of the country. The optimal mode of extraction has been determined, which allows to achieve a yield of 96.8 % of humic substances from brown coals.

Рост численности населения совместно с возрастающими потребностями приводят к сокращению сельскохозяйственных земель. С 1950 по 2024 г. мировое население возросло в более чем в 3 раза, что привело к снижению площади пахотных земель с 0,45 до 0,18 га на душу населения. Глобальной проблемой также является снижение качества сельскохозяйственных угодий, обусловленное интенсивным землепользованием без возможности восстановления земельных ресурсов. По оценкам ООН, два миллиарда человек страдают от недостатка микроэлементов и около трети почв мира уже деградировали. Эта потеря делает землю менее продуктивной, ставя под угрозу как продовольственную систему, так и здоровье человека.

Многообразная роль гуминовых веществ (далее ГВ) в почвообразовательных процессах в значительной мере определяется

содержанием в них большого количества функциональных групп, являющихся диагностическим показателем степени гумификации органических веществ почвы. Велика роль ГВ в улучшении физических свойств почв, создании оптимального водно-воздушного режима. Значительное влияние оказывает на тепловой баланс почвы, объемную массу, удельный вес твердой фазы, на формирование физико-химических свойств. Гуминовые вещества предотвращают вымывание минеральных удобрений и тем самым способствуют охране окружающей среды.

Убыль ГВ обуславливается двумя группами факторов: механическими и биологическими. Значительная часть потерь связана с эрозионными процессами. К другим механическим факторам надо отнести разбавление пахотного горизонта почвы менее гумифицированным при увеличении глубины вспашки. Биологический фактор оказывает существенное влияние на дегумификацию почв при сочетании с рядом неблагоприятных условий в интенсивном земледелии. При внесении только минеральных удобрений микрофлора почвы усиленно их потребляет и для усвоения питательных элементов разрушает перегнойные вещества почвы. Помимо этого, водорастворимые продукты минерализации органических веществ теряются в результате их вымывания, особенно в условиях промывного водного режима почв [1].

Удобрения с высоким содержанием гуминовых и фульвокислот оказывают комплексное воздействие на почву, улучшают её физические, химические и биологические свойства. Они представлены широким ассортиментом продукции, который варьируется по составу и вводимым добавкам. Содержание в них фульвокислот может достигать до 60 %, гуминовых кислот – до 85 %. В состав также могут входить другие питательные элементы (N, P, K, Zn, B и др.), органические соединения (полисахариды, аминокислоты) и остаточное сырьё (уголь, торф и др.).

На текущий момент отсутствует единая система стандартизации органических и органоминеральных удобрений на основе ГВ, поэтому существуют значительные различия в том, какую информацию указывают производители о характеристиках выпускаемых удобрений, а также какие требования предъявляются в тех, или иных странах.

Согласно данным компании «Market Publishers», в 2022 году мировой рынок органических удобрений вырос на 16 %, а объём рынка превысил 11 млрд. долларов США. Самым быстрорастущим рынком органических удобрений является Азиатско-Тихоокеанский регион. Ключевыми факторами, влияющими на его развитие, являются

большой объём инвестиций в исследования и разработки, растущая потребность в продовольственной безопасности и изменяющиеся методы ведения сельского хозяйства. Европейский рынок является крупнейшим, благодаря продвигаемой «зеленой повестке», развитию органического земледелия и увеличению спроса на экологически-чистые продукты. Мировой объём сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых органическими удобрениями, насчитывает около 72 млн га, из которых 56 % находится в Европе [2].

В Республике Беларусь за последние 10 лет наблюдается заметное повышение количества применяемых органических и органоминеральных удобрений, а также разработан ряд мероприятий по вовлечению поступления всех источников органического вещества в почву. Начиная с 2006 года наблюдается постоянное увеличение использования органических удобрений, а доля минеральных удобрений сокращается. В 2020 году сельскохозяйственными организациями было внесено более 71 млн тонн органических удобрений [3].

Имеющиеся в Республике Беларусь предприятия по выпуску органических и органоминеральных удобрений, биостимуляторов и подкормок на основе торфа, сапропеля, их смесей и компоста (ЗАО «Органик фарминг Бел», ООО «АгроБио», ООО «Биовермтехно» и др.) преимущественно ориентированы на внутренний рынок и не могут покрыть спрос на органические и органоминеральные удобрения в стране.

Импорт органических и органоминеральных удобрений в Республике в 2020 году составил 477 тыс. \$. В стоимостном выражении количество поставок органических и ОМУ за пять лет увеличилось на 170,7 %, а импорт товаров вырос на 300,8 тыс. \$ [4].

Получение органических и ОМУ основано на обработке органического сырья химическими реагентами (окислителями или выщелачивающими агентами). В качестве сырья для производства удобрений на основе гуминовых веществ могут применяться: углефицированные материалы (бурый уголь, леонардит или лигнит), торф и донные отложения (сапропель и др.), органические отходы (лигносульфонаты, вермикомпост), сланцы и некоторые виды почв.

В Республике Беларусь проводились многочисленные исследования по получению органических и органоминеральных удобрений на основе торфа и сапропеля. Исследованиями в этом направлении в настоящее время занимается Институт природопользования НАН Беларуси, а также отдельные научно-исследовательские лаборатории. В 2007 году Советом Министров

Республики Беларусь было подписано постановление об инвестиционных проектах "Организация глубокой переработки бурых углей" и "Организация глубокой переработки горючих сланцев» в рамках которого осуществлялся ряд научно-исследовательских работ, при этом бурые угли рассматривались преимущественно с целью переработки для энергетических нужд, а вопрос об организации и направлениях путей переработки бурых углей всё ещё остается открытым.

По содержанию ГВ в сырье низкокалорийные бурые угли (50-85 % от органической массы) значительно выигрывают в сравнении с лигнином (20-30 %), сапропелем (15-36 %) и торфом (25-40 %). Основными проблемами применения бурых углей являются нахождение основной части ГВ в неусвояемой форме, а также отсутствие их промышленной добычи на территории Республики.

Запасы бурого угля в Республике Беларусь оцениваются в 1,5 млрд т: в том числе разведанные – более 160 млн т. Основными месторождениями являются Бриневское, Житковичское, Тонежское, Лельчицкое. Высокая степень гумификации бурых углей Бриневского, Житковичского и Тонежского месторождений, а также естественная влажность и зольность делают нецелесообразным применение их для энергетических нужд, однако они могут быть использованы для получения ГВ и продуктов на их основе (удобрений, биостимуляторов, кормовых добавок и др.).

В качестве исходного сырья были выбраны бурые угли Бринёвского месторождения, состав которых представлен в таблице 1. Для установления фазового и минералогического состава образцов был выполнен их рентгенофазовый и ИК-спектральный анализы. Установлено, что основными неорганическими примесями бурого угля Бринёвского месторождения являются кварц, микроклин и фенгит.

Таблица 1 – Химический состав бурого угля

Компоненты, %								
1. Органическая масса угля – 72,518, в том числе:								
Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			Гумин		
55,543			3,017			13,958		
2. Неорганическая масса угля – 27,482, в том числе:								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ ²⁻	P ₂ O ₅
16,551	3,268	2,904	2,362	0,952	0,399	0,195	0,097	0,086

Поскольку основной задачей при получении органических и ОМУ из природного сырья является перевод нерастворимых ГВ в водорастворимые гуматы, было проведено исследование процесса

экстракции ГВ растворами гидроксида калия. Процесс экстракции проводили при соотношении раствор КОН: бурый уголь = 6-12:1, концентрации КОН – 1-7 %, температуре – 20-80 °С и продолжительности – 0,5-24 часа. Параметром оптимизации процесса экстракции являлся выход гуминовых веществ, рассчитываемый как отношение водорастворимых гуминовых веществ, к общему количеству.

На основании результатов исследований сделаны следующие выводы. С увеличением концентрации КОН возрастает скорость экстракции, при этом максимальный выход гуминовых веществ 99,6 % наблюдается для 2,5 % КОН при продолжительности процесса более 20 ч. Установлено, что с увеличением температуры процесса экстракции возрастает его скорость и соответственно выход ГВ, однако одновременно происходит увеличение скорости процессов разрушения ГВ. При температуре более 70 °С и продолжительности экстракции свыше 3 часов наблюдается снижение выхода ГВ. Уменьшение соотношения Ж:Т менее 8:1 приводит к снижению скорости экстракции и выходу ГВ, что обусловлено возрастанием вязкости смеси и снижением избытка КОН.

Таким образом оптимальный режим экстракции будет следующим: концентрация КОН – 5 %, соотношение раствор КОН: бурый уголь – 8:1, температура – 70 °С, продолжительность экстракции – 2 часа. При оптимальных условиях выход гуминовых веществ достигает 96,8 %, что позволяет рекомендовать их последующее использование для получения органических и органоминеральных удобрений.

Список использованных источников

1. Ли Синьюй, Банецкая Е. В., Цзян Юй, Ми Ган, Вэй Жань Влияние длительного применения различных удобрений на популяции микроорганизмов и ферментативную активность почвы // Агронаука. – 2023. – Т. 1. – № 1. – С.134–141.
2. Дерен В.И. Мировое сельское хозяйство: особенности развития и проблемы использования // Экономический журнал. – 2020. – Т. 60, № 4. – С. 63–80.
3. Интегрированный отчет ПАО «ФОСАГРО». – 2020. – 341 с.
4. Годовая статистика международной торговли товарами (HS) Беларусь импорт и экспорт [Электронный ресурс]. – URL: https://trendeconomy.ru/data/h2?commodity=3101&reporter=Belarus&trade_flow=Export,Import&partner=World&indicator=TV,YoY&time_period=2010,2011,2012,2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019,2020,2021,2022

А.В. Везицкая, С.А. Ламоткин
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ТРАДИЦИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И ПРОДУКТОВ-ЗАМЕНИТЕЛЕЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ДИЕТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Аннотация. Анализ жирнокислотного состава проводился методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот. Результаты показывают, что растительные альтернативы содержат больше полиненасыщенных жирных кислот и лучшее соотношение омега-6 и омега-3 жирных кислот.

A.V. Vyazitskaya, S.A. Lamotkin
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF TRADITIONAL DAIRY PRODUCTS AND SUBSTITUTE PRODUCTS AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE DIETARY SOLUTIONS

Abstract. The fatty acid composition was analysed by gas chromatography of fatty acid methyl esters. The results showed that plant-based alternatives contained more polyunsaturated fatty acids and a better ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids.

Введение. Цель исследования – определить и сравнить жирнокислотный состав альтернативных молочных продуктов (на основе растений) и традиционных молочных продуктов.

В последние годы значительно возрос интерес к продуктам-заменителям молочных продуктов на растительной основе, чему способствуют как экологические, так и этические соображения, а также непереносимость лактозы и повышенный интерес к здоровому питанию [1]. Одной из причин является распространенность непереносимости лактозы и аллергических реакций на молочные белки, что побуждает потребителей искать альтернативные источники питания, которые не только удовлетворяют их диетические потребности, но и поддерживают здоровье. Растительные заменители предлагают множество преимуществ, таких как отсутствие

холестерина и более низкое содержание насыщенных жиров по сравнению с традиционными молочными продуктами. Они также могут содержать различные питательные вещества, полезные для здоровья, в том числе кальций и витамины А и D, которые часто добавляются в процессе производства [2]. Полиненасыщенные жирные кислоты, присутствующие во многих растительных продуктах, обладают антиоксидантными свойствами [3]. Исследования показывают, что растительные масла и жиры с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот могут благоприятно влиять на липидный профиль крови, что снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [2].

Таким образом направлено на сравнение жирнокислотного состава традиционных молочных продуктов и их растительных аналогов для оценки возможных преимуществ и рисков использования последних в качестве замены в безмолочной диете. Полученные результаты могут помочь не только разработать рекомендации для потребителей с диетическими ограничениями, но и повысить осведомленность о пользе растительных продуктов для общественного здоровья.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования были выбраны растительные альтернативы молочных продуктов: соевое, овсяное, миндальное молоко, два вида тофу, напиток на основе кокоса и кешью, а также традиционные молочные продукты – молоко, сыр, сливки и сливочное масло.

Пробоподготовка жидких образцов включала в себя несколько этапов: извлечение жировой фракции из образца центрифугированием, выделение чистого жира, перевод жирных кислот в летучие соединения (метилловые эфиры) с использованием раствора метилата натрия, которые затем разделяли и детектировали на газовом хроматографе. Твердые образцы измельчались и смешивались с безводным сернокислым натрием в соотношении 1:3 по массе, экстракция жира осуществлялась гексаном. Пробоподготовка молока и молочных продуктов проводилась в соответствии с [4].

Определение жирнокислотного состава проводилось газохроматографическим методом на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» оснащенным пламенно-ионизационным детектором, капиллярной колонкой Zebtron ZB-FAME (100 м (L) × 0,25 мм (ID) × 0,20 мкм (df)), газ-носитель – водород. Режим хроматографирования градиентный (120°C 5 минут, затем 2°C/мин до 240°C, 240°C 10 минут), температура инжектора 200 °C, детектора – 250°C.

Результаты и выводы. В таблице 1 и таблице 2 приведены суммарные характеристики по содержанию насыщенных, моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в традиционных молочных продуктах и их растительных аналогах. К незаменимым жирным кислотам относятся омега-3 и омега-6 жирные кислоты. В продуктах на растительной основе, таких как соевое молоко, овсяный напиток, а также в обоих типах тофу, наблюдается более высокое содержание полиненасыщенных кислот по сравнению с традиционными молочными продуктами, что делает их предпочтительными для лиц, стремящихся снизить уровень насыщенных жиров в рационе и уменьшить риск сердечно-сосудистых заболеваний.

В традиционных молочных продуктах (сыр, сливки, молоко) значительно выше концентрация насыщенных жирных кислот, таких как пальмитиновая (C16:0) и стеариновая (C18:0). Высокое содержание насыщенных жиров может увеличивать риск сердечно-сосудистых заболеваний при чрезмерном потреблении.

Продукты на основе сои и тофу содержат больше полиненасыщенных жирных кислот, таких как линолевая (C18:2) и альфа-линоленовая (C18:3). Эти жирные кислоты обладают антиоксидантными свойствами и могут способствовать снижению уровня холестерина, снижая риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Таблица 1 – Профиль жирных кислот традиционных молочных продуктов

Среднее значение содержания жирных кислот, %	Сыр п/тв	Сливки высокой жирности	Масло сладкосливочное	Молоко-сырье коровье
Сумма n-3 жирных кислот	0,71	0,58	0,62	0,63
Сумма n-6 жирных кислот	2,40	2,60	2,67	2,16
Насыщенные жирные кислоты	71,44	68,15	72,46	66,15
Моновенасыщенные жирные кислоты	24,73	28,00	24,13	26,04
Полиненасыщенные жирные кислоты	3,15	3,21	3,32	2,81
Соотношение n6/n3 жирных кислот	3,4	4,5	4,3	3,4

Таблица 2 – Профиль жирных кислот продуктов-заменителей

Среднее значение содержания жирных кислот, %	Соевое молоко	Напиток кешью и кокос	Миндальное молоко	Овсяное молоко	Тофу твердый	Тофу шелковый

Сумма n-3 жирных кислот	5,44	3,95	0,13	6,24	6,07	10,29
Сумма n-6 жирных кислот	19,39	20,82	22,84	23,64	54,21	55,96
Насыщенные жирные кислоты	9,78	28,96	9,78	14,23	8,62	16,72
Мононенасыщенные жирные кислоты	65,37	46,23	65,37	19,48	66,19	22,95
Полиненасыщенные жирные кислоты	24,87	24,79	24,87	66,29	22,97	60,33
Соотношение n6/n3 жирных кислот	3,6	5,3	175,7	3,8	8,9	5,4

Для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями рекомендуется включать в рацион соевое молоко, овсяное молоко или тофу, поскольку они содержат высокие уровни омега-3 и омега-6 жирных кислот, которые способствуют улучшению липидного профиля крови и могут снижать риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Для людей, следующих безмолочной диете, миндальное и соевое молоко могут служить хорошей альтернативой традиционному молоку, поскольку они обеспечивают аналогичный профиль жирных кислот, при этом содержат меньше насыщенных жиров. Эти заменители подойдут также для людей с непереносимостью лактозы и аллергией на молочный белок.

Для веганов и лиц, придерживающихся экологически устойчивого питания напитки на основе кешью и кокоса, а также тофу являются этическими и экологически устойчивыми альтернативами молочным продуктам. Эти продукты могут быть рекомендованы как источники незаменимых жирных кислот в веганском рационе.

Заключение. Результаты исследования подтверждают, что растительные заменители молочных продуктов содержат больше незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6), чем традиционные молочные продукты. Это делает их перспективной основой для разработки диетических решений, направленных на улучшение липидного профиля и снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний. Включение таких продуктов в рацион также может поддерживать экологическую устойчивость и этические принципы питания.

Список использованных источников

1. Smith J., Doe A., Comparative analysis of plant-based milk substitutes, *Frontiers in Nutrition*, 2024, vol. 11, article 1378556. DOI: 10.3389/fnut.2024.1378556. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2024.1378556/full>
2. Lee M., Kim S., Fatty acid composition in traditional and plant-based dairy alternatives, *Foods*, 2023, vol. 12, no. 9, pp. 1883-1890. DOI: 10.3390/foods12091883. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/9/1883>
3. Smith J., Doe A., Comparative analysis of plant-based milk substitutes, *Frontiers in Nutrition*, 2024, vol. 11, article 1378556. DOI: 10.3389/fnut.2024.1378556. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2024.1378556/full>
4. Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии: ГОСТ 32915-2014. – Введ. 01.05.2017. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2016. – 12с.

УДК 622.276.63:552.08

В.Р. Ли
ГУ «ИГиРНИГМ»
Ташкент, Узбекистан

ПРОБЛЕМЫ КОРРЕЛЯЦИИ ОСАДОЧНЫХ РАЗРЕЗОВ МОРСКИХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ФАНЕРОЗОЯ

Аннотация. Предлагаемый комплексный стратиграфический подход помогает при расчленении и сопоставлении удалённых разрезов на детальном уровне преодолеть эффект сдвига биозон.

V.R. Lee
IGiRNiGM State Institution
Tashkent, Uzbekistan

PROBLEMS OF CORRELATION OF SEDIMENTARY SECTIONS OF MARINE AND CONTINENTAL DEPOSITS OF THE PHANEROZOIC

Abstract. The proposed integrated stratigraphic approach helps to overcome the effect of biozone shift when dissecting and comparing remote sections at a detailed level.

Ключевым проблемам геологии относятся проблемы геологического времени (датирование времени образование геологических тел, последовательность и длительность геологических событий, корректность геологической истории развития) и корреляции морских и континентальных отложений, из которых вытекают и другие проблемы [1,2].

В качестве примера оценки валидности имеющегося материала, а также для палеогеографических реконструкций построены карты значений скорости осадконакопления для позднемеловой эпохи в целом, а также для компактного и маастрихтского веков для юга Русской плиты по 38 точкам (в основном по скважинам). Анализ скорости седиментации (Габдуллин и др., 2007а, б) позволил выделить области с её явно завышенными (в следствии неучтённых перерывов) и заниженными значениями (результат неправильного расчленения разреза, например включение части Дания и Кампана в Маастрихт). Таким образом, необходимо методика, позволяющая найти общие корреляционные уровни и восстановить утраченное при бурении фрагменты разреза, т.е. стратиграфическое расчленение высокой точности [3,4].

Цель и задачи исследований. Методологическая статья нацелена на модернизацию корреляции и повышению её точности путём комбинации четырёх стратиграфических методов: событийного, палеомагнитного, секветного и циклического. Практическое приложение – оптимизация процесса производственного бурения и анализа его результатов.

В задачи входила, во-первых разработка циклостратиграфической шкалы, позволяющей упорядочить циклиты, начиная от элементарных пластовых и заканчивая циклитами высоких порядков (эветатические, секветные и др), что позволит, во-первых, циклостратиграфическую корреляцию планетарного масштаба, включая решение проблемы геологического времени и проблемы корреляции морских и континентальных отложений (Габдуллин, 2004 и др., на данный момент эта задача выполнена); во-вторых, модернизация метода циклостратиграфической корреляции на примере разрезов фанерозоя, а в третьих комплексная корреляция разрезов фанерозоя методами событийной, палеомагнитной секветной и циклической стратиграфии [1,2].

Для детальной корреляции в пределах площадки, района или части геологической структуры, как правило достаточно двух из

четырёх методов (событийная, палеомагнитная, секветная и циклическая стратиграфия).

Комплексная корреляция разрезов фанерозоя методами событийной, палеомагнитной, секретной и циклической стратиграфии. Все упомянутые методы (за исключения секветного) характеризуется глобальным общепланетарным влиянием и применимы для глобальной корреляции. Секветный анализ незаметным для отдельных площадей и районов (строительные площадки и месторождения) и их палеогеографической оценки.

В качестве примера одного из переломных моментов в геологической истории рассмотрим границу мелового и палеогенового периодов. На палинспатической схеме отображён ряд геологических разрезов (позиционированы в палеокоординатах) континентов и скважин глубоководного бурения, приведены корреляционные профили и событийные маркеры – проявления траппового вулканизма на платах (нагорье) Деккан в Индии и метеоритный кратер на полуострове Юкатан в Мексике. Ниже кровли терминального маастрихта в полных разрезах выделяются 4 маркирующих уровня (А-Д), которые соответствуют пластам и видны на графиках аналитических и каротажных диаграмм.

В северном полушарии проходят по периферии современного Средиземного моря и соответствует северной и южной ветвям океана Тетис и его периферии-Перитетис.

В Испании 4 маркирующих уровня (А-Д) представлены сравнительно глубоководными известняками, в отличии от окружающих их относительно мелководных мергелей. Эти уровни отвечают увеличению глубины бассейна и его трансгрессии в приближении низменности, например во впадину Эбро. В одном из континентальных разрезов этой впадины наблюдаются 4 уровня экскурса магнитного поля, которым соответствует эпизоды относительной гумидизации климата: увеличение числа угольных пластов, а также, дорожки следов, кости и яйца динозавров. В формировании осадков со следами и фрагментами скелетов рептилий важную роль играли временные водные потоки, запечатывавшие следы и, переносившие их кости и яйца. Уровни А-Д отвечают максимум глинистости (данные гамма-каротажа) в разрезе скважины Гамбургцена-2 более карбонатным песчаникам и песчанистым известнякам внутри терригенных разрезов Крыма (г Бош-Кош, Ак-Кая) и Ирана, а также минимумам на кривой КС (скв. Лысогорская-6, Ставрополье) и экскурсам магнитного поля (Торонглы, Туркмениста).

Глубоководный, трансгрессивный характер уровней подтверждается ещё и секветным анализом (Иран, тракт высокого стояния – ТВС). Ранг циклов, которые генерируют эти маркирующие пласты, фиксируемые в морских и континентальных осадках, скорее всего, отвечает вариация эксцентриситета орбиты Земли.

Уровни А-Д отвечают сравнительно более тёплым и мелководным фациям и трактам (тракт низкого строения – ТНС, трансгрессивный системный тракт – ТНС), чем окружающие их осадки (ТВС). Диахронность биостратиграфических зон и предоставление проблемы немых зон. Сверху Циклы Миланковича и инверсии магнитного поля Земли, как и важные геологические события – падения метеорита (импактное событие), трапповый вулканизм (Деккан), чётко позиционированы во времени. «Распрямив» каркас из корреляционных линий увидим геохронность биозон (их границы пересекают абсолютные отметки геологического времени) на профиле сдвига нет. Реперные уровни чётко увязаны с палеомагнитной шкалой. Небольшие вариации связаны с шагом отбора образцов. Восточное течение определяло направление и скорость расселение планктонных организмов.

На профиле от Антарктиды через Южную Америку видно, что реперные пласты А-Д отвечают регрессии и потеплению, это подтверждается присутствием более мелководных фаций, чем окружающие их осадки (размеры о-ва Сеймур и о-ва Левингстона в Антарктиде, разрезы Рио-Негро, Чубут, Ньюкейн, Церро Бутало, Сальта в Аргентине), а также находками более теплолюбивых мелководоморских (строматолиты в разрезе Сальта, моллюски в разрезе Церро Бутало, уровни биотурмации в керне скв DSDP 363) форм фауны и континентальной формы (Церро Бутало).

При корреляции магнитно- и циклостратиграфических шкал с биостратиграфической виден временной сдвиг зоны по наноплактону SF4 в результате трансгрессии на переперию фрагментов бывшей Гондвань из расширяющегося Атлантического океана в конце маастрихта.

Астрономо-климатическая природа цикличности и методы её исследования помогают пролить свет на реконструкцию детальной палеогеографической обстановки осадконакопления, прогнозировать физические свойства пород для нефтяной и инженерной геологии.

Список использованных источников

1. Габдулин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и её южного обрамления. Статья 1 Предпосылки и принципы создания шкалы, Вестник Московского университета, Сер 4. Геология 2004а, №2 С 11-20.

2. Габдулин Р.Р. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и её южного обрамления. Статья 2. Совмещение шкал циклов Миланковича // Вестник Московского университета, 2004б. №3 С. 28-34.

3. Косарев В.С., Копыльцов А.И., Корреляция отложений маастрихта естественных разрезов моноклинали Северного Кавказа и нефтяных площадей Восточного Ставрополя // Геология нефти и газа 1982 № 11 С 15-25.

4. Никшин А.М. Звгт Побудова Комплексной геологической модели продуктивных уровней сходной части Чёрного моря Этап 1. Киев ДП Науканефтигаз, ЗАТ Недра, 2005. 423 с.

УДК 622.276.63:552.08

В.Р. Ли

ГУ «ИГиРНиГМ»
Ташкент, Узбекистан

К КЛАССИФИКАЦИИ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Аннотация. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности с использованием понятий “ресурсы” и “резервы” становится более объективной, так как более чётко, чем при действующим сейчас классификационным подходе, разграничивает прогнозные объекты с разной степенью обоснованности геологическими методами.

V.R. Lee

IGiRNiGM State Institution
Tashkent, Uzbekistan

CLASSIFICATION OF HYDROCARBON RESOURCES

Abstract. The quantitative assessment of oil and gas potential using the concepts of “resources” and “reserves” is becoming more objective, since it distinguishes forecast objects with varying degrees of validity by geological methods more clearly than with the current classification approach.

Классификация и система учёта неразведанных ресурсов углеводородов (УВ) разрабатываются в течение многих десятилетий, но до сих пор имеются спорные и недостаточно отработанные положения (Аленин В.В., Орлов Н.А., Мустафинов Р.А., 1984; Клещев К.А., Мирончев Ю.П., Бассерман Б.Я., и др., что большой степени сказывается на точности абсолютных оценок ресурсов УВ крупных регионов и возможности их сопоставлении в межрегиональном, государственном или плановом масштабах. Значительно увеличиваются, например, оценки, ресурсов УВ России, опубликованные в последние годы отечественными (Клещев К.А., Мирончев Ю.П., Васерман Б.Я. и др., 1996) и американскими специалистами. Анализ этой проблемы приводит к выводу, что разница в оценках образуется главным образом за счёт территории и акватории, где нефтегазоносность ещё принципиально не подтверждена открытием месторождений. Выделяется несколько различий подход к оценке и учёту неоткрытых ресурсов, и отсюда возникает необходимость сосуществования критериев количественной оценки УВ, в том числе с позиции принципиального подтверждения нефтегазоносности осадочного бассейна и крупных подразделений осадочного чехла [1-3].

Авторы, занимаясь проблемой подтверждения методики приводят оценки УВ, одной из задач поставили уточнение терминологической базы и классификации ресурсов.

По действующей “Классификации запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов” к неразведанным относятся перспективные ресурсы категории С3 и прогнозные – категории Д1 и Д2. Между степенями обоснованности ресурсов, выделенных категории, имеется принципиальная разница. Она заключается в том, что ресурсы категории С3 и Д1 оцениваются в стратиграфических комплексах с доказанной промышленной нефтегазоносностью, а прогнозные ресурсы категории Д2 – в стратиграфическом комплексах крупных региональных структур, промышленная нефтегазоносность которых не доказана. То есть в понятии “прогнозные ресурсы” объединены в принципиально разные, с точки зрения главных классификационных признаков, категории. В одном случае – это ресурсы, прогноз которых базируется на факторе наличие одного или в совокупности промышленных скоплений УВ, в другом – только на прямых или косвенных геологических свидетельствах в пользу возможной нефтегазоносности оцениваемого объекта.

Ресурсы категории СЗ имеют строгую привязку к конкретным выявляемым локальным структурам, а ресурсы категории Д1 – конкретным стратиграфическим комплексам, изучаемым, по крайней мере на базовых (эталонных) участках, бурение, геофизическими методами и набором промышленных исследований. Наислабейшее звено при использовании этой классификационной - системы категория Д2, которая в большинстве случаев базируется на материалах геологической аналогии близко или отдалённо расположенными нефтегазоносными регионами сходного геологического строения. Допустимыми параметрами этой аналогии строго не очевидны, в результате чего к категории Д2 относятся как объекты с “почти с доказанной нефтегазоносностью” типа Московской синеклизы, так и практически не изучаемые, проблематические по-своему факту существования стратиграфические комплексы, например в разрезах акватории морей восточного сектора Арктики (Лаптовых, Восточно-Сибирского) и т.п.

Нужно отметить, что аналогичные проблемы характерны и для зарубежных классификации. В наиболее распространённой американской классификации строго очернены границы только “доказанных” запасов (proved), в то время как последующие категории ресурсов (возможные вероятные, умозрительные и т.д.) имеют спорные определения и понимаются по-разному с точки зрения объёма ресурсов, их геологической обоснованности и экономической целесообразности выделения.

Количественная оценка ресурсов носит вероятностный характер и по степени достоверности неравноценна оценки запасов промышленных категории. Поэтому необходимо сопровождать подсчёт ресурсов вероятным распределением оценок.

Резервы – это предполагаемое количество УВ в пределах осадочных бассейнов, промышленная нефтегазоносность которых не установлена, но допускается на основании благоприятных геолого-геофизических и геохимических характеристик или по аналогии с известными бассейнами (провинциями) с доказанной нефтегазоносностью. Чтобы подчеркнуть отличие резервов от ресурсов предлагается индексировать их буквой Е.

Резервы могут быть оценены количественно только для крупных территорий и акваторий без локализации с использованием внешних эталонов методами геологических аналогий или объёмно-генетическим методом или характеристикой более низкой достоверности прогнозные ресурсы. С точки зрения современной изученности и подготовленности к прогнозной оценке резервы не

однородны и условно могут быть подразделены на категории E1, E2 и E3.

Категория E1 – возможные резервы УВ, т.е. предполагаемый объём УВ в недрах недостаточно изученных территорий (акваторий), непосредственно примыкающих к бассейнам с доказанной нефтегазоносностью и обладающих существенными элементами геологического сходства (аналогии) с последними. К этой категории можно отнести предполагаемые УВ Московской синеклизы, Мезозойского прогиба Тунгусской синеклизы и др.

Категория E2 – потенциальные резервы УВ в недрах неизученных или слабоизученных территорий (акваторий), об ожидаемой нефтегазоносности которых можно судить преимущественно по аналогии со средними или отдельными нефтегазоносными бассейнами. К ним относятся предполагаемые УВ на акваториях Чукотского, Лаптевых, Восточно-Сибирского морей и др.

Категория E3 – гипотетические резервы УВ, теоретически допускаемые; например, в каменноугольном-девонском автохтоне под аллохтонными структурами Магнитогорского синклинория Урала, в газогидратных залежах морей и зон вечной мерзлоты, в сверхглубоких горизонтах (9-10 км и ниже), в структурах глубоководных акваторий, не доступных современному изучению и использованию и др.

В случае отсутствия обоснованных данных для количественной оценки перспектив нефтегазоносности следует ограничиться только качественной оценкой. Для таких объектов рекомендуется выделять земли: перспективные и бесперспективные. Качественная оценка перспектив нефтегазоносности по своей значимости сопоставима с количественной оценкой резервов УВ.

Количественная оценка прогнозных ресурсов используется при обосновании объёмов и направлений поисково-разведочных работ, планирование прироста запасов нефти и газа и при прогнозе развития нефтяной и газовой промышленности на перспективу. Оценки резервов и качества оценки, основные, как правило, на общих аналогиях геологического строения, целесообразно использовать при планировании региональных работ и выборе направлений начальной стадии поисков.

Список использованных источников

1. Инструкция по применению “Классификации запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов. Россия 1984.

2. Методическое указания по количественной оценке прогнозных ресурсов нефти, газа и конденсата. 1983.

3. Методы оценки прогнозных запасов нефти и газа / Перевод с английского, редакция М.С. Моделевского – М Недрa 1978.

УДК 622.276.63:552.08

В.Р. Ли

ГУ «ИГиРНиГМ»
Ташкент, Узбекистан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ

Аннотация. Сложность технологических циклов при создании и поддержке цифровых геологических моделей нефтяных проектов требует оценки достоверности параметров моделей, введение в модели оценки доверительных интервалов параметров.

V.R. Lee

IGiRNiGM State Institution,
Tashkent, Uzbekistan

IMPROVEMENT OF GEOLOGICAL MODELS OF OIL AND GAS PROJECTS

Abstract. The complexity of technological cycles in the creation and support of digital geological models of oil projects requires an assessment of the reliability of model parameters, the introduction of confidence intervals of parameters into models.

Понятие геологической модели до настоящего времени не формализовано. Вероятно, оно и не может быть до конца формализовано. Так как информационные составляющие модели часто отражают лишь собранные составные геологической науки, её технических средств и возможности дистанционных методов. Исходя из этого приведём описание компонентов геологических моделей, их информационных составляющих и самого процесса моделирования [1,2].

Любое моделирование, в том числе и геологическое, предполагает, что мы заменяем реальный природный объект на некоторое формализованное представление о нём. При этом приходится выдвигать гипотезы как о незначительности отклонений

тех или иных свойств реального объекта от принятых значений параметров модели, так и о геологических процессах, которые в дальнейшем могут и не подтвердиться [3].

Несмотря на это, в практике геолого-разведочных работ широко используется моделирование, в частности в нефтяных проектах, с применением компьютерных технологий, что потребовало упорядочения – терминологии, описание основных подходов к использованию геолого-геофизической информации при создании моделей, разработки требований как технических, так и технологических к оценке работ по созданию моделей в рамках нефтяных проектов [4].

Моделирование и геологические модели.

Рассмотрим основные компоненты моделирования:

Объект: Параметры и характеристика этого объекта;

Процесс моделирования и результаты моделирования.

Кажущая очевидность этой стороны модели при ближайшем рассмотрении требует значительных усилий при формировании. Объект моделирования зависит от таких факторов, как степень изученности, задачи, поставленные при моделировании и т.п. Например, когда мы говорим о «поисковых зонах», то под объектом подразумевается весь геологический разрез, а задачи включают оценку ресурсов территории категории Д0 или Д1, выбор направлений дальнейших поисковых и разведочных работ, когда как на этапе разведки или до разведки при задачи подсчёта запасов категории С1 и С2 объекты локализованы, т.е. залежи имеют пространственные границы.

Процесс перехода объект от одного типа к другому находит отражение как в стадийности поисково-разведочных работ, так и в категорийности запасов и ресурсов нефти и газа. Это относится и к объектам типа резервуаров при рассмотрении происходящих в них гидродинамических процессов. Таким образом стадийность нефтяного проекта определяет различия геологических объектов на разных этапах.

Параметры и характеристики объекта:

Параметры объекта можно разделить на две основные группы: первая описывает непосредственно прямые характеристики геологической среды. Это также параметры, как пористость, глубина, кровли, нефтенасыщенность и т.п;

Вторая включает косвенные характеристики геологической среды, позволяющие определить или рассчитать параметры первой группы. К ним можно отнести кажущееся сопротивление, время

пробега волны T_0 и т.д.

При рассмотрении разных характеристик особенно важен учёт изменчивости параметра в пространстве. Обычные замеры по ГИС или керну является «точными», т.е. описывающими небольшую, по сравнению с размерами моделей, область геологической среды. Процедуры интерполяции наших «точечных» значений на всю область модели во многих определяют её корректность и достоверность.

Рассмотрим, какие свойства модели обеспечивают ей возможности развития и мониторинга. Предположим, что мы имеем дело с объектом типа залежь. Её модель содержит структурную карту, построенную по результатам сейсморазведки 2D и данным ГИС; полученным в результате разведочного бурения. Далее, на этапе до разведки были пробурены ещё две скважины, которые в той или иной мере не подтвердили структурную карту. Эту же ситуацию можно рассмотреть и для других компонентов модели (карт параметров, эффективных толщин мощностей) и установить, что появление новой информации всегда приводит к частичному несовпадению имеющихся параметров модели и вновь полученных данных. Для того чтобы учесть новые данные модели, в большинстве случаев требуется переосмысление и переинтерпретация всего объёма данных, которые будут использованы для построения модели. Так как интерпретация информации выполняется обычно сервисными геофизическими компаниями, а окончательные результаты получают и используют нефтяные компании, то понятна сложность, возникающая при таком подходе к сопровождению или мониторингу моделей в реальной жизни.

Набор средств, в том числе и компьютерных, для интерпретации параметров, увязки методов, обладающих разной разрешающей способностью, очень велик, поэтому «повторение эксперимента» невозможно. Например, если, используя некоторые компьютерные программы, мы получили прогнозную карту эффективных мощностей, то, не имея данного программного обеспечения, не зная всех параметров расчёта, мы не можем «повторить эксперимент» и получить точно такую же карту, даже имея всю исходную геолого-геофизическую информацию.

Каким же образом создать модель так, чтобы обеспечить возможности его развития и мониторинга? Какие свойства модели позволят сохранить актуальность (соответствие новым исходным данным)? Для ответа на эти вопросы необходимо рассмотреть точность, или достоверность, входящих в модель параметров. Как уже отмечалось, параметры модели формируются в результате процедур

интерпретации и интерполяции. Каждая из таких процедур имеет определённые уровни точности, которые в итоге определяют доверительные интервалы оценки того или иного параметра модели.

Значение доверительных интервалов могут быть получены осреднённо на весь объект или в отдельных точках. Если в модели заложена не только карта значений параметра для объекта, но ещё и карта доверительных интервалов этого параметра, то появляется возможность не перестраивать модель после получения новой информации, если значение параметров модели лежат в диапазоне доверительного интервала данного параметра, или перестраивать модель лишь в ограниченной окрестности данной точки. Если же новые параметры отличаются от параметров модели более, чем предполагают доверительные интервалы.

Геологическое моделирование нефтяных проектов на современном этапе развитие с использование компьютерных технологий требует формализации.

Этапность геолого-разведочного процесса определяет различия в объектах и задачах моделирование и соответственно в моделях и их свойствах.

Введение в практику моделирования нефтяных проектов вероятных подходов позволяет сформировать новые требования к разработчикам программ как на этапах непосредственного создание моделей, так и на этапах составление программ интерпретации и интерполяции данных.

Список использованных источников

1. Закревский К.Е. // Геологическое 3D моделирование. М.: ООО ИПЦ Маска, 2009, 376 с.

2. Хакимова А.С. // Основные этапы геологического моделирования месторождений нефти и газа, Международный научный журнал Символ науки №8, 2016, С. 35-36.

3. Закревский К.Е. // Оценка качества 3D моделей. М.: ООО ИПЦ Маска, 2008, 272 с.

4. Закиров Р.Х. Роль геолого-гидродинамического моделирования при проектировании разработки нефтяных месторождений. Научно-исследовательский журнал Георесурсы 2009, С. 34-36.

А.М. Французова, Е.В. Россоха

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА ДОСТУПНОСТИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

***Аннотация.** Повышение уровня доступности жилья является одной из целей проекта Концепции государственной жилищной политики до 2030 года. Для достижения этой и других целей государством используется ряд инструментов, способов и механизмов для повышения уровня доступности. Проводимая государством политика важна для всех слоёв населения, так как касается действительно важного вопроса – комфортных условий жизни в доступной жилой недвижимости.*

A.M. Frantsuzova, Y.V. Rassokha

Belarussian State Technological University
Minsk, Belarus

STATE POLICY OF RESIDENTIAL REAL ESTATE AFFORDABILITY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

***Abstract.** Improving housing affordability is one of the goals of the draft Concept of State Housing Policy until 2030. To achieve this and other goals, the state has used a number of tools, techniques and mechanisms to increase accessibility. The government's policy is important for all segments of the population, because it deals with the really important issue - comfortable living conditions in affordable housing.*

Жилая недвижимость является одной из ключевых ценностей, которые придают гражданам чувство экономической стабильности и безопасности, а также побуждают их к продуктивной деятельности. Качество и доступность жилой недвижимости для населения существенно влияют на восприятие общества о государстве. Результаты решения проблем жилой недвижимости становятся важным критерием для граждан в оценке эффективности выполнения государством своих функций в целом.

Доступность жилой недвижимости с точки зрения расходов является одним из важнейших аспектов права на достаточную жилую недвижимость, что было признано еще в 1991 году Комитетом по экономическим, социальным и культурным правам ООН. В рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года страны приняли на себя обязательство обеспечить всеобщий доступ к безопасной и недорогой жилой недвижимости и основным услугам. В

Новой программе развития городов также подтверждается концепция инклюзивных городов, где уделяется особое внимание финансовой доступности, жизнестойкости и устойчивости в целях содействия процветанию всех жителей.

Следует отметить, что в международной профессиональной среде используются два английских термина, переводимых на русский как «доступность» – «affordability» и «accessibility». Слово «affordability» в контексте обеспечения жилой недвижимости имеет четкое социальное значение и обозначает возможность предоставления жилой недвижимости тем группам населения, которые не могут самостоятельно его приобрести на рыночных условиях. В то время как термин «accessibility» подразумевает совершенно другой смысл: это достаточное предложение жилой недвижимости на открытом рынке для всех доступных механизмов его покупки или аренды.

Эффективность государственной политики в последнее время оценивается в международной практике с акцентом на доступность жилой недвижимости в конкретной стране. Важным аспектом этого вопроса является удовлетворение основных жизненных потребностей населения, среди которых обеспечение достойных условий проживания занимает центральное место.

В целях создания условий для удовлетворения гражданами Республики Беларусь потребности в доступной и качественной жилой недвижимости реализуются:

– Государственная программа «Строительство жилья» на 2021–2025 годы. Приоритетным направлением реализации Государственной программы является сбалансированное развитие разных форм удовлетворения потребностей жилой недвижимости у граждан в зависимости от их доходов, предпочтений и места проживания как с использованием мер государственной поддержки социально незащищенных категорий населения, так и с применением новых механизмов финансирования строительства (приобретение жилой недвижимости в собственность, аренда, развитие системы строительных сбережений жилой недвижимости, совершенствование механизмов ипотечного кредитования) [1]. В соответствии с отчетом о реализации программы сводный целевой показатель «уровень обеспеченности населения жилой недвижимостью в расчете на одного жителя» в 2023 году составил 29,9 кв. метра на человека (100,7% к плану), вырос по сравнению с 2022 годом на 1,7 %. В 2021–2023 гг. объем ввода в эксплуатацию общей площади жилой недвижимости, построенных для граждан, состоящих на учете нуждающихся в улучшении условий жилой недвижимости, с государственной

поддержкой при задании в 3500 тыс. кв. метров составил 3774,3 тыс. кв. метров (107,8 % от задания).

– Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы. Цель – обеспечение комфортных условий проживания и благоприятной среды обитания. Достижение цели Государственной программы будет осуществляться за счет повышения эффективности и надежности функционирования объектов жилищно-коммунального хозяйства с одновременным снижением затрат на оказание жилищно-коммунальных услуг, а также предоставления качественных бытовых услуг и обеспечения более широкого доступа граждан к энергетическим ресурсам [2]. В отчете О реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» за 2023 год основными результатами являются: ввод в эксплуатацию после капитального ремонта 3 454,8 тыс. кв. м общей площади жилой недвижимости или 95,1% от плана (3 632,3 тыс. кв. м); выполнение сводного целевого показателя «Снижение затрат на оказание ЖКУ населению (в сопоставимых условиях)» – 6,2% при плане – 5% [3].

– Кредитная политика: Указ Президента Республики Беларусь № 240 от 4 июля 2017 года «О государственной поддержке граждан при строительстве (реконструкции) жилых помещений», а также льготный кредит на строительство (реконструкцию) или приобретение жилой недвижимости по Указу Президента Республики Беларусь №13 от 6 января 2012 (который выдает только Беларусбанк). 7 июля 2017 года вступил в силу Указ Президента № 240, который предусматривает новую форму государственной поддержки граждан в виде адресных субсидий на жалую недвижимость. Субсидия выдается на уплату части процентов за пользование займами, выдаваемыми банками на постройку (реконструкцию) жилой недвижимости и/или на погашение основного долга. Получить субсидию могут только граждане, состоящие на учете нуждающихся в улучшении условий жилой недвижимости.

Альтернативой ипотеке на рынке недвижимости стала аренда квартиры с последующим выкупом, что является трендом в зарубежных странах. Преимущество выражается в возможности у человека, исходя из его доходов, решать, продолжать ли аренду квартиры или в будущем ее приобрести. При этом выкуп квартиры является правом, а не обязанностью арендатора, и арендодатель не может принудить арендатора выкупить жилье по истечении срока аренды.

Таким образом, в Республике Беларусь вопросы доступности жилой недвижимости является важнейшим направлением социальной политики. Есть все основания полагать, что обеспечение доступности жилой недвижимости на макроуровне является долгосрочным проектом. Однако следующим шагом развития жилой недвижимости видится развитие микрофакторов, связанных с обеспечением комфорта проживания.

Список использованных источников

1. О Государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100051>. – Дата доступа: 01.10.2024.

1. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050>. – Дата доступа: 03.10.2024.

2. Отчет О реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы» в 2023 году // Министерство ЖКХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mjkh.gov.by/docs/gp-komfortnoe-zhile-i-blagopriyatnaya-sreda/20241116-otchet.pdf>. Дата доступа: 05.10.2024.

УДК-623.746.-519

**Г.Н. Глазкова В.С. Патрикян, Н.М. Сыч,
М.А. Берестовский, А.И. Марденюк**

Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов
Минск, Беларусь

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Аннотация. Данный материал содержит анализ областей применения БПЛА в обслуживании систем водоподготовки и водоочистки, в охране и контроле водных ресурсов, по обслуживанию линий ЛЭП и атомных станций, по работе в сельском хозяйстве. С каждым годом области применения БПЛА будут проникать во все сферы жизнедеятельности человека.

**G.N. Glazkova, V.S. Patrikyan, N.M. Sych,
M.A. Berestovsky, A.I. Mardenok**
Belarussian State Colledge of Bulding Materials Industry
Minsk, Belarus

UNMANNED AIRCRAFT (UAV)

***Abstract.** This material contains an analysis of the areas of application of UAV in maintenance of water treatment and water purification systems, in the control and protection of water resources, maintenance of power lines and nuclear power plant, in agriculture. Every year the areas of application of UAV will expand, they will penetrate in all spheres of human activity.*

БПЛА все шире и шире применяются во всех отраслях хозяйства нашей страны, значительно увеличивая производительность и снижая затраты. Это сельское хозяйство, геодезия (картография), энергетика, добыча полезных ископаемых, строительство, транспортировка и доставка, природоохранные функции, экстренные службы, фото и видео съемка и т.д. Чтобы оценить все преимущества БПЛА выпускникам - специалистам филиала БГТУ БГКПСМ надо знать, как они могут использоваться на объектах сферы их деятельности. Рассмотрим эти области.

1. Обслуживание систем водоподготовки и водоочистки, охрана и контроль водных ресурсов.

Республика Беларусь - страна многих рек и озер, которые часто могут использоваться для обеспечения водой крупных жилых районов, промышленных центров или объектов. С помощью БПЛА в любом районе страны можно осуществлять охрану и контроль водных ресурсов используя видеокамеру, потом, произведя анализ отснятого материала, можно определить проблемы, нарушения или даже загрязнения водных богатств страны. БПЛА могут применяться для отбора проб и тестирования воды. Использование БПЛА для сбора проб воды имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами: быстрее, безопаснее и эффективнее собирает данные, позволяя исследователям лучше понять водные экосистемы. Также совместно используют беспилотные летательные аппараты и надводно-подводные комплексы для обследования гидроэлектростанций и плотин, анализа состояния гидротехнических сооружений, водохранилищ. БПЛА могут использоваться для различных задач в ЖКХ, начиная от инспекции и мониторинга состояния зданий до контроля за инфраструктурой и придомовой территорией. Они обеспечивают возможность проводить визуальные обследования с высокой точностью, такие как: аэрофотосъемка (АФС), лазерное

сканирование, тепловизионный мониторинг, видео мониторинг. Кроме того, использование БПЛА в ЖКХ способствует увеличению безопасности и экологической устойчивости [1]. Эти технологии могут использоваться для мониторинга загрязнения окружающей среды, контроля за биоотходами и оценки уровня энергопотребления зданий, что важно для улучшения экологической безопасности жилых районов.

2. Беспилотники - оптимальное решение для сферы электроэнергетики. Фото и видеоматериалы, полученные с помощью современных БПЛА, положительно влияют на развитие системы мониторинга объектов энергетической инфраструктуры. Это возможность повысить эффективность и безопасность работ, а также уменьшить финансовые затраты. Глобальный рынок решений для энергоотрасли с применением беспилотников высоко оценен и имеет устойчивые перспективы роста. Обследование высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) и электростанций с применением БПЛА - это распространенная практика, которая сегодня актуальна во всем мире. Беспилотная аэросъемка позволяет оперативно обнаружить повреждения и предотвратить аварийное отключение ЛЭП. Как правило, осмотр одной высоковольтной линии, расположенной в труднодоступной местности, требует несколько дней. Если использовать дрон, время диагностики можно сократить до 30 минут. Кроме того, этот метод воздушной съемки превосходит все альтернативные способы с применением наземной техники и малой авиации, благодаря ряду других преимуществ: безопасность и облегчение труда персонала; высокая точность результатов и большой объем данных; возможность обследовать труднопроходимые участки; значительная экономия затрат на выполнение работ. БПЛА позволяют проводить: плановую диагностику, которая включает регулярные облеты ЛЭП, фото- и видеосъемку на небольших высотах, контроль охранной зоны, своевременное обнаружение нарушений и повреждений, определение размеров просеки и расстояние проводов до земли, аварийно-восстановительные мероприятия, направленные на осмотр объектов энергетики на средних высотах в любое время суток и при разных метеоусловиях, а также сопровождение строительства и реконструкции ЛЭП. В результате создаются цифровые топографические и кадастровые планы, 3D-модели местности. Дроны формируют отдельный сегмент глобального энергетического рынка в связи с переходом мировой отрасли на энергоэффективные технологии. Эксперты отмечают, что использование энергетиками беспилотных летательных аппаратов позволяет минимизировать потери. Дроны значительно упрощают и ускоряют технические обследования ЛЭП и

электростанций. Снимки с воздуха позволяют выявить практически любые дефекты. По результатам съемки составляется отчет, оценивается реальное состояние объектов и составляется план работ по дальнейшему обслуживанию и ремонту. При условии, что диагностика выполняется на регулярной основе, полученные данные загружаются в геоинформационную систему, они позволяют выполнять ретроспективный анализ и точно понимать причинно-следственные связи. Тепловизионное обследование - это важнейший элемент профилактических работ, который поможет гарантировать безотказную работу объекта электроэнергетики, за счет обнаружения неисправностей на начальном этапе. Тепловизор, установленный на дрон, делает снимки инфракрасного теплового излучения и обнаруживает самые минимальные различия $0,01^{\circ}\text{C}$. Эта информация затем отображается в виде различных цветов на дисплее, в ПО или приложениях. Возможен точечный замер температуры объекта с помощью радиометрического тепловизионного подвеса. Тепловизионная (инфракрасная) съемка помогает идентифицировать ненадежные контакты и участки, которые перегреваются, в каждой линии электропередач намного быстрее, чем обход с визуальным осмотром. Также это возможность оперативно находить источники потерь энергии в сети. Данный способ мониторинга гораздо безопаснее нежели физический осмотр и поиск поврежденных элементов [2]. Специальное программное обеспечение позволяет преобразовать данные с БПЛА в цифровые 3D-модели ЛЭП, электростанций и других объектов электросети, которые применяются для дальнейшего изучения специалистами и принятия взвешенных решений. Встроенные инструменты обеспечивают возможность измерять линейную длину, площадь, объем и оценивать масштаб планируемых работ. Для составления отчетов и облегчения коммуникаций в команде предусмотрена возможность добавлять аннотации и комментарии, редактировать метки и выполнять другие действия.

3. В атомной сфере дроны или БПЛА обычно используются для радиологического обследования территорий и определения мощности памиентного эквивалента дозы (ПЭД) гамма-излучения. Сначала дроны оборудуют детекторами излучения, камерами и приемниками GPS. Во время взлета дрон синхронизируется с наземной станцией с помощью GPS-координат и в режиме реального времени передает данные измерений, которые сохраняются в бортовой системе. Визуализировать радиационную обстановку обследованных территорий можно после приземления дрона, соединив фотографическую и географическую информацию с

радиометрическими данными. Дроны в атомной отрасли можно использовать не только для радиологического обследования, но и для более рутинных задач на атомных электростанциях, таких как проверка оборудования, считывание показаний датчиков, сбор данных и т.п. Используя искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения, можно применять программу дистанционной управляемой беспилотной навигации дронов для обеспечения автономной работы в пределах атомной электростанции посредством расширенного анализа изображений и считывания QR-кодов. Сканируя QR-коды, размещенные на АЭС, дрон определяет свое местонахождение и таким образом выполняет прописанную кодом задачу, таких как сбор данных или проверка показателей датчиков. Полученная информация передается контроллеру на стационарный компьютер, а после выполнения всех задач дрон вернется на зарядную площадку. Программное обеспечение позволяет дронам быстро двигаться в замкнутом пространстве промышленных помещений, преодолевать большие расстояния за короткий промежуток времени. Создав программу дистанционной управляемой беспилотной навигации дронов, можно применять их для осуществления проверки территории АЭС, контроля запасов ядерных материалов, сбора данных и проверки оборудования. Таким образом беспилотники и БПЛА помогают человеку в работе на АЭС. С их помощью человек может работать в зонах повышенной радиации. В скорейшем времени дроны смогут полностью заменить человека и сделать АЭС полностью автономной [3].

4. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Ежегодно возрастающая численность населения планеты привела к проникновению высоких технологий в сельское хозяйство и созданию точного земледелия. Одним из направлений точного земледелия является использование БПЛА, которые могут применяться для решения следующих задач: инвентаризация сельхозугодий, создание электронных карт полей, оценка объема работ и контроль их выполнения, оперативный мониторинг состояния посевов, оценка всхожести сельскохозяйственных культур, охрана сельхозугодий, обработка посевов пестицидами для борьбы с вредными объектами. В Московском авиационном институте (МАИ) проходят доводочные испытания беспилотника, созданного специально для сельхозотрасли - «Агродрона». Кроме того, в вузе разработали еще один перспективный проект для аграриев - «Агроскаут». Доля иностранных комплектующих в разработках минимальна, сообщили в пресс-службе МАИ. «С помощью системы

«Агроскаут» фермеры смогут автоматически обследовать свои поля и оценивать состояние урожая. В Республике Беларусь в Витебском зональном институте сельского хозяйства уже четыре года применяется малый дрон, с помощью которого инспектируются поля с высоты. БПЛА помогут в следующих аспектах хозяйства: контурное картирование (измерение топографии участков и создание 3D карт), управление животноводством (регулярные осмотры стад животных); оценка урожая; целевание (выявление пятен невсхожести семян); страхование и т.п. Отмечено, что в ближайшее время БПЛА будут активно проникать во все сферы жизнедеятельности человека [4].

Список использованных источников

1. Лунев С. Использование БПЛА в ЖКХ: <https://tenchat.ru/media/1972254-bpla-uav-v-sfere-zhkkh-i-drugiye-umnyye-resheniya>.
2. Обследование воздушных линий с БПЛА и другие методы контроля и поиска повреждений на воздушных линиях: <https://test-energy.ru/obsledovanie-vl-s-bpla>.
3. Дроны БПЛА: <https://www.uatom/org/ru/2022/08/31/primeneniye-sovremennyh-tehnologii-naaes.html>.
4. Зубарев Ю.Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyai-stve/viewer>.

**Р.Э. Григорян¹, В.П. Курченко², Е.В. Чудновская²,
Н.А. Головнева³, Д.А. Салманова¹, И.В. Ржепаковский¹,
Л.Р. Алиева¹, А.Д. Лодыгин¹, И.А. Евдокимов¹**

¹Северо-Кавказский Федеральный Университет
Ставрополь, Россия

²Белорусский государственный университет

³Институт микробиологии НАН Беларуси
Минск, Беларусь

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОКАПСУЛ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ С *LACTIPLANTIBACILLUS ACIDOPHILUS* В ОБОЛОЧКУ АЛЬГИНАТА КАЛЬЦИЯ

Аннотация. Предложена технология получения микрокапсул с *L. acidophilus* с использованием экспериментальной установки ИИ 0.35-1.5. Путем изменения скорости привода диспергатора получены микрокапсулы различного размера *L. acidophilus*. С уменьшением размера микрокапсул количество жизнеспособных клеток уменьшается.

**R.E. Grigorian¹, V.P. Kurchenko², E.V. Chudnovskaya²,
N.A. Golovnyova³, D.A. Salmanova¹, I.V. Rzhepakovsky¹,
L.R. Alieva¹, A.D. Lodygin¹, I.A. Evdokimov¹**

¹North-Caucasian Federal University
Stavropol, Russia

²Belarusian State University

³Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Belarus

OBTAINING MICROCAPSULES OF VARIOUS SIZES WITH *LACTIPLANTIBACILLUS ACIDOPHILUS* IN A CALCIUM ALGINATE SHELL

Abstract. A technology for obtaining microcapsules with *L. acidophilus* using the experimental setup II 0.35-1.5 is proposed. By changing the speed of the disperser drive, microcapsules of different sizes of *L. acidophilus* are obtained. With a decrease in the size of the microcapsules, the number of viable cells decreases.

В последние десятилетия проведено большое количество научных исследований, посвященных повышению качества и функциональной ценности пищевых продуктов, поскольку функциональные продукты могут обеспечить повышение качества жизни и здоровья людей по сравнению с обычными продуктами

питания [1]. Среди функциональных продуктов питания особое место занимают кисломолочные напитки, изготовленные путем ферментации молока ацидофильной палочкой (*Lactobacillus acidophilus*) [1, 2]. Штаммы *L. acidophilus* способны синтезировать низкомолекулярные метаболиты: лактоцин, ацидоцин, короткоцепочечные жирные кислоты и другие вещества. От содержания и количественного соотношения разных карбонильных соединений, в том числе летучих карбоновых кислот (уксусной, масляной, пропионовой и др.) и кетонов (ацетона, диацетила и др.), во многом зависит специфический вкус и аромат кисло-сливочного кисломолочных и других продуктов [2]. Благодаря им кисломолочные напитки, содержащие *L. acidophilus* нашли широкое применение в качестве лечебно-профилактических средств. При хранении *L. acidophilus* происходит процесс снижения количества жизнеспособных микроорганизмов ниже терапевтической дозы. Для сохранения жизнеспособности и адресной доставки в достаточных количествах лактобактерии можно капсулировать в оболочку, которая защитит их от экстремальных воздействий [1, 3]. При инкапсуляции полимер образует капсулу, оболочка которой изолирует лактобактерии и защищает их от неблагоприятных воздействий [3]. Альгинат натрия является наиболее часто используемым материалом, пригодным практически для всех методов инкапсуляции [1]. Мономеры гулуруновой кислоты альгината натрия связываются с ионами кальция, в результате образуется водонерастворимая трехмерная сеть альгинатных нитей, которые удерживаются вместе за счет ионных взаимодействий [3].

Одним из широко используемых методов инкапсуляции является экструзия. Этот метод заключается в приготовлении раствора альгината натрия, добавлении в него микроорганизмов и формировании капель путем выдавливания суспензии через экструдер для свободного падения. Полученные гидратированные сферы обрабатываются хлоридом кальция, что приводит к образованию водонерастворимых стенок капсул из альгината кальция, внутренняя фаза которых содержит лактобактерии [1, 3]. Размеры образовавшихся микрокапсул зависят от скорости привода диспергатора, подающего гидратированные сферы для обработки хлористым кальцием.

Важной задачей для сохранения жизнеспособности *L. acidophilus* является разработка технологий получения микрокапсул различного размера. В зависимости от размера микрокапсул внутренняя фаза может содержать разное количество жизнеспособных лактобактерий. Кроме этого, их водонерастворимая оболочка может содержать различное количество альгината и связанных с ним ионов кальция. Их

соотношение будет определять физико-химические свойства капсул: устойчивость к термическому разложению и перевариванию в желудочно-кишечном тракте, а также сохранению жизнеспособности *L. acidophilus* в процессе длительного хранения.

В связи с этим, разработана технология инкапсулирования бактерий *L. acidophilus* в альгинат натрия методом экструзии для получения капсул различных размеров. Исследованы их физико-химические свойства и жизнеспособность лактобактерий.

Инкапсулирование *L. acidophilus* методом экструзии проводили на установке ИИ 0.35-1.5 (ООО «МЗТА», г. Муром). Для капсулирования готовили смесь культуральной жидкости *L. acidophilus* с 2 % раствором альгината натрия в соотношении 1:9. Для получения микрокапсул различных размеров при постоянной частоте насоса 24,5 Гц подачи смеси изменяли скорость привода диспергатора, которая составляла 9,0; 12,0; 20,0 об/мин. Капсулы получали обработкой микросфер 4 % раствором хлористого кальция. Полученные микрокапсулы сублимировали. С использованием световой микроскопии и динамического светорассеивания измеряли размеры гидратированных и сублимированных микрокапсул. Количество жизнеспособных клеток бактерий в 1 г капсул (число колониеобразующих единиц – КОЕ) определяли по ГОСТ 10444.11-2013 «Методы определения молочнокислых микроорганизмов» методом предельных разведений при высеве на модифицированную среду МРС. Определяли технологические параметры получения микрокапсул.

В таблице представлены результаты получения гидратированных капсул *L. acidophilus* различного размера в зависимости от скорости привода диспергатора. Измерение размеров гидратированных капсул проводили с использованием динамического светорассеивания и световом микроскопе Axio ZOOM.V16 (Carl Zeiss Microscopy, Oberkochen, Germany) с увеличением x50.

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает, что с увеличением скорости привода диспергатора с 9,0 до 20,0 об/мин продолжительность технологического процесса микрокапсулирования дисперсной системы объемом 2 л остается постоянной. Масса полученных гидратированных микрокапсул с увеличением скорости привода диспергатора возрастает в 1,6 раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение скорости подачи дисперсной смеси повышает производительность технологического процесса получения микрокапсул с *L. acidophilus* в альгинат натрия в 1,7 раза. Средний размер гидратированных капсул в зависимости от скорости

привода диспергатора уменьшается в 6 раз, а сублимированных в 5,7 раза.

Таблица - Параметры капсул, полученных при различной скорости привода диспергатора и постоянной частоте насоса подачи смеси 24,5 Гц

Параметры капсул	Скорость привода диспергатора, об/мин		
	9,0	12,0	20,0
Время получения капсул, мин	58	60	53
Вес полученных гидратированных капсул, г	211,53	275,63	338,58
Производительность получения капсул, г/мин	3,64	4,59	6,38
Средний размер гидратированных капсул, мкм	1200±620	1000±530	200±102
Вес полученных сублимированных капсул, г	8,65	12,46	17,09
Потеря массы капсул после сублимации, %	95,9	95,47	94,95
Средний размер сублимированных капсул, мкм	850±75	500±35	150±12
Количество сублимированных капсул г/шт	6 000	118 000	475 000
Содержание КОЕ/г капсул	3×10 ⁶	4×10 ⁶	0,7×10 ⁶
Содержание КОЕ/ в 1 капсуле	5×10 ²	0,3×10 ²	1,47

При постоянной частоте насоса подачи дисперсной смеси 24,5 Гц скорость привода диспергатора играет определяющую роль в получении микрокапсул различного размера. Размер частиц и их количество являются важными свойствами, которые непосредственно влияют на использование микрокапсул в пищевых продуктах [19]. Как видно из таблицы, с уменьшением размера сублимированных микрокапсул, их количество в пересчете на 1 г возрастает в 79,2 раза.

Количество жизнеспособных клеток *L. acidophilus*, входящих в микрокапсулы, является ключевым показателем, который определяет возможность их практического использования. Количество жизнеспособных клеток в полученных микрокапсулах различного размера представлено в таблице. Анализ результатов показывает, что наибольшее количество жизнеспособных клеток содержится в сублимированных микрокапсулах большего размера. Уменьшение размера микрокапсул ведёт к снижению содержания жизнеспособных клеток *L. acidophilus* в 4,3 раза. Наибольшие различия в количестве жизнеспособных клеток наблюдаются при расчёте на 1 среднюю капсулу каждого из полученных размеров. Из таблицы видно, что с уменьшением размера частиц, жизнеспособность лактобактерий

значительно снижается с 5×10^2 КОЕ до 1,47 КОЕ в расчете на одну капсулу.

Таким образом, разработана технология получения методом экструзии микрокапсул различных размеров с лактобактериями *L. acidophilus* на основе альгината натрия. Изменение скорости привода диспергатора оказывает влияние на такие параметры, как количество, средний размер гидратированных и сублимированных частиц, морфологические особенности микрокапсул и количество жизнеспособных клеток в них. Эти характеристики являются определяющими для дальнейшего применения технологии при производстве пробиотиков с продленными сроками хранения, а также при производстве пищевых продуктов функционального назначения.

Список использованных источников

1. Ali, U., Saeed, M., Ahmad, Z., Shah, F.-u.-H., Rehman, M. A., Mehmood, T., Rahman, A. (2023). Stability and survivability of alginate gum-coated lactobacillus rhamnosus GG in simulated gastrointestinal conditions and probiotic juice development. *Journal of Food Quality*, 2023.

2. Barajas-Alvarez, P., Gonzalez-Avila, M., & Espinosa-Andrews, H. (2023). Recent advances in probiotic encapsulation to improve viability under storage and gastrointestinal conditions and their impact on functional food formulation. *Food Reviews International*, 39(2), 992-1013.

3. Fu S, Thacker A, Sperger DM, Boni RL, Buckner IS, Velankar S, Munson EJ, Block LH (2011). Relevance of Rheological Properties of Sodium Alginate in Solution to Calcium Alginate Gel Properties. *AAPS Pharm. Sci. Tech*, 12(2), 453-460.

УДК 621.3.011.712

Д.А. Гринюк, П.Д. Петручук, Н.М. Олиферович, И.Г. Сухорукова
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

НАСТРОЙКА АДАПТИВНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРЕНДОВ

Аннотация. Проведено имитационное моделирование, которое показало, что локальная аппроксимация вносит небольшие искажения в процесс

фильтрации. На основании этого также получены формулы для расчета ширины окна по частоте или скорости сигнала с учетом коэффициента передачи и искажения.

D. Hryniuk, P. Petrushuk, N. Aliferovich, I. Sukhorukova

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

ADAPTIVE SMOOTHING OF MEASUREMENT TRENDS SETUP

Abstract. Simulation modeling was performed, which showed that local approximation introduces small distortions into the filtering process. Based on the change in amplitude for the harmonic signal and the total harmonic distortion coefficient, formulas were obtained for calculating the window width by frequency or signal speed.

Измерительный сигнал от датчиков требует различных процедур для извлечения желаемой информации. Первичный полезный сигнал сенсоров всегда содержит высокий уровень шумов, которые могут иметь различную природу происхождения. По этой причине, результаты работы сенсоров после преобразования в цифровой вид подвергаются обработке или непосредственно измерительной схемой преобразователя или последующими устройствами. Процедуры сглаживания измерительных трендов приводят к различным динамическим и статическим ошибкам и искажениям [1].

В целом алгоритмы снижения шума можно разделить на следующие группы в зависимости от выполняемой задачи:

- фильтрация для оценки значения в момент времени t_j с использованием данных x_j, x_{j-1}, \dots и x_{i+1}, x_{i+2} ;
- сглаживание для оценки значения в точке t_i на основании данных x_j, x_{j-1}, \dots и x_{j+1}, x_{j+2} ;
- прогнозирование выходного значения для времени t_i с использованием данные x_i, x_{i-1}, \dots и x_{i+1}, x_{i+2} .

В работах [2, 3] было показано, что весьма эффективно производить процесс сглаживания, если ограничивать полином аппроксимации по методу СГ не выше второго порядка. Это значительно снижает потребность в вычислениях. Кроме этого, изменение оператора времени t_s может позволить регулировать динамические характеристики процесса сглаживания. Применение на практике показало эффективность данного подхода для обработки данных [2, 3].

В литературе можно найти разные варианты получения весовых функций для локальной аппроксимации [4]. Данный подход к сглаживанию занимает промежуточное положение между бегущим

средним и методом Савицкого-Голея. Одним из самых простых решений по поиску весовых коэффициентов могут быть линейная и квадратичная аппроксимации:

$$y(t) = c_1 + c_2 t; \quad (1)$$

$$y(t) = d_1 + d_2 t + d_3 t^2, \quad (2)$$

где

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_2 & w_1 \\ w_3 & w_2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}; \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_3 & w_2 & w_1 \\ w_4 & w_3 & w_2 \\ w_5 & w_4 & w_3 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}; \quad (4)$$

$$w_j = \sum_{k=1}^N (t_k)^{j-1}; \quad b_j = \sum_{k=1}^N x_{i-k+1} (t_k)^{j-1}; \quad t_k = (k-1) \Delta t \text{ где } k = 1, 2, \dots, N; \quad (5)$$

N – окно аппроксимации; x_i – последнее измеренное значение; Δt – время квантования.

Уравнения (3) и (4) вытекают из метода наименьших квадратов и не требуют больших вычислений. Но могут быть использованы другие весовые функции [5].

Расчета выходного значения y_i может быть использовано любое значение оператора времени в диапазоне от t_1 до t_N . Для значения оператора времени $t_{N/2}$ обычно наблюдается минимальная дисперсия. При сдвиге значения для оператора времени в сторону t_1 можно уменьшить динамическую ошибку и даже прогнозировать значение выходной переменной.

Коэффициенты уравнения (1) и (2) позволяют построить алгоритм адаптации процесса сглаживания так как фактически коэффициенты c_2 и d_2 являются значениями мгновенной скорости, а d_3 – ускорения.

С целью определения связи между динамикой информационного сигнала и параметрами настройки метода локальной аппроксимации как ширина окна N и оператор времени t_s было проведено имитационное моделирование и проведен анализ результатов для гармонического сигнала $x_1(t)$ и периодического сигнала с дополнительными гармониками (рис. 1). Второй сигнал создавался с помощью функции

$$x_2(t) = \sin(2\pi ft) (1 + 0,4 \sin(4\pi f(t + 0,12))), \quad (6)$$

где f – частота.

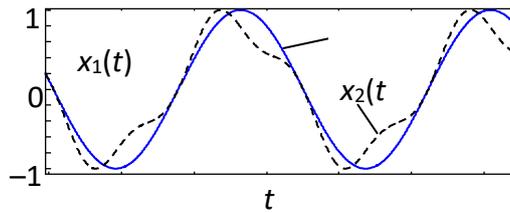


Рис. 1 - Сигналы имитационного моделирования

Оценку производили по коэффициенту искажения гармоник (*THD*):

$$THD(\%) = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} c_n^2}}{c_1}, \quad (6)$$

где c_n – амплитуда n гармоники после разложения в ряд Фурье.

Для оценки влияния ЛА использовано среднее значение суммы квадратов ошибок отклонения исходной информации от обработанной ЛА за период D (СКОО).

Результаты и обсуждение. Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) фильтрации в сравнении с фильтром Баттерворта 3, 8 и 16 порядков представлены на рис. 2.

Как видно из графиков, до достижения ширины окна полупериода сигнала ЛА проявляет линейные свойства. По сравнению с фильтром Баттерворта, он имеет более плавное изменение коэффициента передачи до коэффициента среза (рис.2). Однако уже после коэффициента передачи 0,1, крутизна характеристики становится больше чем у БИХ фильтра

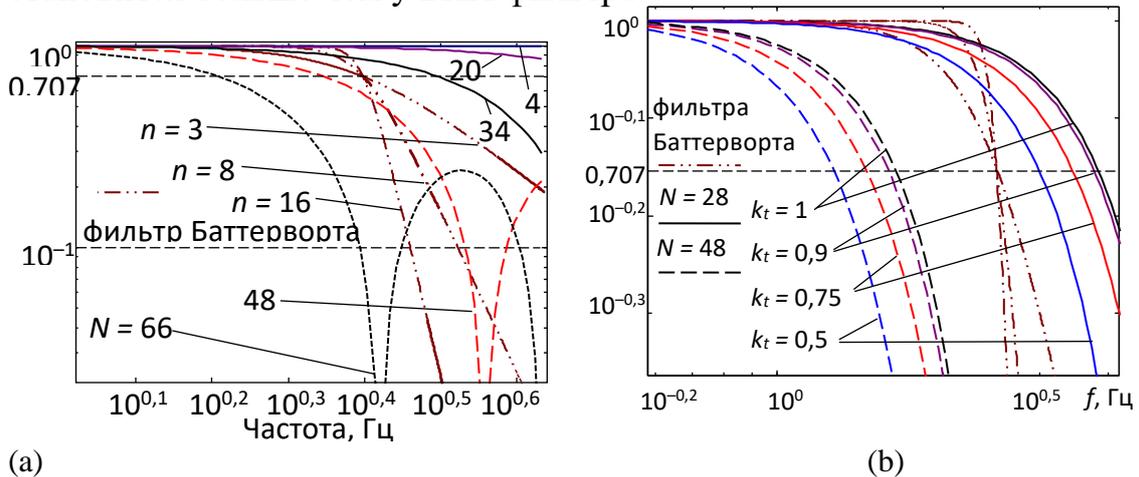


Рис. 2 - Коэффициент передачи при аппроксимации по (13) при разных значениях N (а) и оператора времени (б)

Оператор времени также влияет на полосу пропускание процесса фильтрации. Отклонение данного параметра от значения $N/2$ в ту или иную сторону приводит к смещению характеристики в

сторону низкой частоты. На рис. 2 (а) приведены характеристики в сторону начала отсчета выборки, но такая же картина наблюдается, если брать коэффициенты k_t больше 1.

На основании анализа значений для АЧХ были получены зависимости ширины окна аппроксимации от частоты f_c для двух пороговых значений 0,95 и 0,707 (рис. 5-6). Они имеют гиперболическую зависимость и хорошо аппроксимируются формулой вида

$$N = \exp(a - b \ln(f_c)) = \frac{\exp(a)}{f_c^b}. \quad (7)$$

Оператор времени следует осторожно использовать для регулирования процесса сглаживания с помощью предложенной аппроксимации. После некоторого значения t_s полоса пропускания перестает сужаться и начинается процесс расширения. Данный эффект является следствием того, что в точках максима и минимума гармонической функции сигнала начинаются существенные деформации формы, что приводит к увеличению амплитуды сигнала.

Оценка искажений сигнала в процессе ЛА с помощью коэффициента искажений THD для гармонического сигнала показала малое влияние окна аппроксимации, формулы аппроксимации и оператора времени на данный показатель. Как и следовало ожидать, по мере увеличения частоты искажения, нарастают фактически по экспоненте. При приближении к частоте среза начинает проявляться нелинейное влияние окна аппроксимации, однако значение коэффициента THD не превысило 1%. И, как следствие, настройка процесса сглаживания по амплитуде сигнала является более эффективной.

При использовании ЛА для негармонического сигнала могут наблюдаться различные нелинейные эффекты, особенно при широком значении окна аппроксимации или высокой частоте сигнала.

Для полинома аппроксимации второго порядка коэффициент b , в первом приближении, можно принимать равным 1, так как отклонения более чем на 5% наблюдаются за границами рациональной вариации параметра k_t .

Модуль средней скорости V и ускорения A может быть рассчитан для гармонического сигнала по следующим формулам

$$V = 4f; A = 8\pi f^2 \quad (8)$$

Исходя из этого можно заключить, что формула (7) может быть использована для построения адаптивного процесса сглаживания с помощью ЛА, поскольку для данного метода фильтрации происходит постоянное определение скорости (в (1) это c_2 ; в (2) – d_2 ; в (2) – g_2) на

каждом такте. На основании данных параметров можно менять окно аппроксимации, а вместе с ним, по необходимости, и k_t .

Исходя из этого, можно учитывать значения d_3 и g_3 для формирования окна аппроксимации на следующем такте.

Проведенное моделирование открывает перспективы для эффективного использования исследованного метода сглаживания. Разработаны правила выбора оптимального значения окна аппроксимации, оператора времени и порядка полинома. Нелинейные искажения метода приемлемы для многих прикладных задач.

Список использованных источников

1. Kowalski P. Smyk R. Review and comparison of smoothing algorithms for one-dimensional data noise reduction // International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPHDW). Świnouście, Poland, 2018. P. 277-281. DOI: 10.1109/IIPHDW.2018.8388373.

2. Hryniuk D., Suhorukova I., Oliferovich N. Adaptive smoothing and filtering in transducers // Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream). Vilnius, Lithuania, 2016. P.1–4. DOI: 10.1109/eStream39242.2016.7485917.

3. Гринюк Д. А., Олиферович Н. М., Сухорукова И. Г. Использование алгоритмов аппроксимации для сглаживания трендов измерительных преобразователей // Труды БГТУ. 2017. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика, № 2 (200). С. 82–87.

4. Катковник В. Я. Непараметрическая идентификация и сглаживание данных: метод локальной аппроксимации. М.: Наука, 1985. 336 с.

5. Гринюк Д. А., Олиферович Н. М., Сухорукова И. Г. Оптимизация процесса сглаживания сигналов // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2021. № 2 (248). С. 72–79.

УДК 678.652.41.21:665.947.4

**Е.В. Дубоделова, В.Э. Рассолько, И.М. Грошев, Ю.В. Дойлин,
К.И. Тарутько, В.В. Ревин**

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь
ОАО «Витебскдрев»
Витебск, Беларусь
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
Саранск, Россия

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОКЛЕЕВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ЛИСТОВЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В работе представлены результаты совместных научно-исследовательских работ по применению биоклеев (ферментированных и окисленных крахмалов, ржаной и пшеничной муки; поверхностно-активных биоотвердителей на основе гидролизного лигнина, биотрансформированных отходов медицинской и пищевой промышленности в составе формальдегидных связующих для получения листовых древесных материалов.

**E.V. Dubodelova, V.E. Rassolko, I.M. Groshev, Yu.V. Doylin,
K.I. Tarutko, V.V. Revin**

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus
JSC «Vitebskdrev»
Vitebsk, Belarus
Mordovia State University named after N.P. Ogarev
Saransk, Russia

EXPERIENCE OF USING BIO-ADHESIVES TO PRODUCE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY WOOD SHEET MATERIALS

Abstract. The paper presents the results of joint research projects on the use of bioadhesives (fermented and oxidized starches, rye and wheat flour; surface-active biohardeners based on hydrolytic lignin, biotransformed waste from the medical and food industries in the composition of formaldehyde binders for the production of sheet wood materials.

Интенсивный рост строительства в мире требует широкого ассортимента ряда строительных материалов, обладающих сравнительно низкой стоимостью и высокой экологической безопасностью [1]. Широкое распространение получают листовые древесные материалы, например фанера, древесноволокнистые и древесностружечные плиты и др.

К ним предъявляются повышенные требования к прочности и способности противостоять переменным климатическим условиям. В связи с этим были разработаны синтетические клея на основе фенола, карбамида, формальдегида. В настоящее время они являются основой производства листовых древесных материалов различного назначения. Основным недостатком продукции на основе фенолформальдегидных и карбамидформальдегидных смол – выделение в воздух токсичных веществ (фенол, формальдегид, аммиак и др.). Они оказывают отрицательное воздействие на человека, а само производство – на окружающую среду. Повышенные санитарно-гигиенические требования к производству и готовым изделиям требует создания новых высокорекреационных малотоксичных смол на основе фенола, формальдегида и карбамида, эффективных акцепторов формальдегида. Следует отметить, что клея органического происхождения, изготовленные из материалов животного или растительного происхождения (костный, мездровый, рыбный, казеиновый, крахмальный (декстриновый), желатиновый, на основе смол и воска и пр.) широко применялись и ограничено применяются сегодня для изготовления клееных изделий из древесины, мебели [2]. Преимущества – доступность, экологичность, гигиеничность, технологичность и др. Недостатки – низкая водостойкость, отсутствие массового производства. В производстве ДВП мокрого способа производства до недавнего времени использовался альбумин (белковый клей на основе крови животных). В 80-е – 90-е годы прошлого века широко рекламировались технологии использования в производстве ДСтП, фенольных смол, в клеевой композиции для фанеры гидролизного лигнина. К сожалению, работы в этом направлении успеха ни авторам, ни производству не принесли. Рациональное зерно в этом имелось, но, на наш взгляд, была слабая научная проработка вопроса.

В целях повышения экологической безопасности листовых древесных материалов и технологических процессов проведены научно-исследовательские работы по использованию высокомолекулярных соединений природного происхождения – ферментированного и окисленного крахмала, ржаной и пшеничной муки, поверхностно-активных биоотвердителей на основе гидролизного лигнина и биоклеев на основе отходов медицинской и пищевой промышленности.

Особенностью решения использования крахмальных соединений заключается в их ферментной обработке в целях обеспечения ими технологических свойств в качестве акцептора формальдегида. При этом получение акцептора может быть реализовано производителем древесных плит на территории своего предприятия, поскольку не требует значительных капитальных затрат и стоимость ферментных препаратов в

структуре себестоимости акцептора незначительна. Нами были апробированы также следующие высокомолекулярные органические соединения природного происхождения: картофельный крахмал (ГОСТ 7999), ржаная и пшеничная мука (ГОСТ 7045, ГОСТ 9353). Мука содержит в своем составе не только крахмал, но и белковые соединения, обладающие высокой клеящей способностью. Результаты опытно-промышленных испытаний древесностружечных плит, проведенные в условиях работы ОАО «Ивацевичдрев» и ОАО «Витебскдрев» показали, что замена 8...14 % карбамидоформальдегидной смолы на клейстер с расходом 2,4 % (к смоле) обеспечивает соответствие показателей качества и безопасности плит требованиям действующих ТНПА. При этом наблюдалось снижение токсичности на 9...35 % при улучшении физико-механических показателей древесностружечных плит: предел прочности при разрыве перпендикулярно пласти плиты возрастал до 17 %, предел прочности при изгибе – до 14 %. При проведении отделки экспериментальных плит не только не наблюдалось затруднений в ведении технологического процесса, но и улучшался показатель удельного сопротивления при нормальном отрыве покрытия. Достигнуто снижение расхода карбамидоформальдегидных смол на величину до 14 %. Клеевые композиции защищены патентами РБ (Патент № 1034 РБ, Патент № 11771РБ).

ООО «СинерджиКом» разработало линейку лигниновых компонентов S-Drill™ CL в целях применения в композиции связующих при изготовлении листовых древесных материалов. Лигниновые реагенты получены при глубокой переработке отвалов гидролизного лигнина, скопившихся при функционировании гидролизного завода в г. Речица (Республика Беларусь). Лигнин, как известно, является аморфным биополимером, выполняющим роль связующего и армирующего компонента в природной древесине, а в процессе его деполимеризации образуется значительное количество активных групп, характеризующихся высокой склонностью к поликонденсации. Эти свойства лигнина были использованы для связывания свободного формальдегида, образующегося в воздухе рабочей зоны, а также повышения эффективности связующих на основе карбамидоформальдегидных смол. Лигниновый реагент S-Drill™ BND 20 вводили в период реализации экологических мероприятий в процессе осмоления древесного волокна в количестве 1% к а.с. карбамидоформальдегидной смоле с исключением из рецептуры отвердителя (сульфата аммония). Наблюдалось повышение физико-механических показателей МДФ в сравнении с контрольным образцом в целом на 33% и снижение токсичности изготавливаемой продукции на 11%. Разбухание по толщине за 24 часа снизилось на 13,7%; прочность на поперечное растяжение

увеличилась на 20%, прочность на изгиб - на 7,7%, модуль эластичности при изгибе возрос на 93%. Установлено снижение уровня содержания формальдегида в рабочей зоне на 27 %. В связи с уменьшением времени желатинизации был сокращен цикл прессования на 20 с; разработаны новые режимы прессования для однопролетного пресса периодического действия с увеличением производительности линии на (4,0-6,5) %.

Модифицированные продукты гидролизного лигнина кислого и щелочного характера (поликарбосилатные лигнины линейки S-Drill™ BND) применялись в процессе синтеза карбамидоформальдегидных смол для создания условий по образованию повышенного количества метилольных групп и разветвленной структуры образуемых олигомеров. Установлено, что массовая доля свободного формальдегида в модифицированной смоле после синтеза за период 24 ч снижается с меньшей интенсивностью по сравнению с контрольным образцом КФС на 70,0 и 57,6 % соответственно. При этом время желатинизации при 100 °С увеличивается на 31,4 % для контрольного образца КФС, а для экспериментального – на 2,6 %. Образцы древесностружечных плит, полученные с использованием модифицированной поликарбосилатным лигнином карбамидоформальдегидной смолы, соответствовали требованиям ГОСТ 10632 для марки Р1. Для образцов плит на экспериментальных смолах наблюдалось возрастание предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти в среднем на 43%. Результаты исследований прошли комплексную промышленную апробацию на ОАО «Речицадрев».

В композиции клеевых составов на основе карбамидоформальдегидной смолы для фанеры общего назначения использовались порошкообразные продукты валоризации гидролизного лигнина нейтрального и инертного характера линейки S-Drill™ в целях повышения предела прочности при скалывании по клеевому слою и снижения эмиссии свободного формальдегида. В экспериментальных рецептурах технические лигносульфонаты заменяли на лигниновый продукт линейки S-Drill™ BND 02 с рН=7 в количестве 0,5 и 2,5 %. Так же мел и каолин заменяли на инертный высокодисперсный лигнин линейки S-Drill SB в количестве 1 и 2 %. Применение поликарбосилатных лигнинов позволило повысить показатель предела прочности при скалывании по клеевому слою для всех экспериментальных образцов на величину от 55 до 59 % в сравнении с образцами, полученными по контрольным рецептурам в диапазоне дозировок от 0,5 до 2,5 %. При этом выделение формальдегида снижалось на 7,7 % при минимальной дозировке и на 18 % при максимальной.

Технологию изготовления древесных плит без токсичных связующих разработана Мордовским государственным университетом им.

Н.П. Огарёва (г. Саранск) на основе биотехнологических разработок путем микробного воздействия на древесные отходы. Ксилотрофные грибы, при росте на растительном субстрате синтезируют окислительные и гидролитические ферменты, которые участвуют в разложении целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина. Биотрансформация полимеров древесины под воздействием гриба и его метаболитов приводит к образованию активных центров и реакционноспособных групп в молекулах биополимеров. При горячем прессовании возникают химические связи между молекулами древесных частиц с образованием общей полимерной структуры. УФ- и ИК-спектры подтверждают, что биообработка создает условия для полимеризации. Образцы биоклея в виде геля концентраций 28 и 10 %, жидкости концентраций 46 и 10 % использовались для изготовления ДВП мокрого способа производства в условиях цеха ДВП ОАО «Витебскдрев». Фенольная смола в древесную массу не добавлялась. При расходе биоклея в количестве 0,5-1,0 % к а.с.м. волокна получены плиты с физико-механическими показателями сравнимыми с контрольными плитами. В сточных водах снизилось до нормативных содержание формальдегида и фенола. Проведены исследования по замене традиционных связующих на биологические адгезивы, содержащие декстран, леван, гидрофобизаторы в производстве ДСтП. Декстран, леван и другие микробные полисахариды получают микробиологическим путем из вторичного сырья пищевых производств: меласса, молочная сыворотка, послеспиртовая барда. Совместное использование лигносульфата с леваном повышает влагостойкость биокомпозиционных материалов с сохранением прочности.

Таким образом, анализ свидетельствует о высоком внимании к проблеме использования биоклеев в производстве листовых древесных материалов. Кроме научно-исследовательских работ имеются практические результаты их применения. С учетом ужесточения экологических и санитарно-гигиенических требований, перехода промышленности на «зеленую» (циркулярную) экономику использование биоклеев является перспективным направлением развития производства древесных листовых материалов.

Список использованных источников

1. О Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 10 декабря 2021 г. № 710. Зарегистрировано в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 14 декабря 2021 г. N 5/49733.

2. Памятка по клеям: Персональные записи в журнале Ярмарки Мастеров. <https://www.livemaster.by/topic/12208-памуатка-по-клеям>

УДК 667.622.1+546.723

Л.С. Ещенко, Р.А. Воронцов

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПРОДУКТЫ И ПРОЦЕССЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА

Аннотация. В данной работе предлагаются способы комплексной переработки железного купороса с получением технических материалов с комплексом заданных свойств. Охарактеризованы ключевые стадии, лежащие в основе получения пигментов-наполнителей, оксидов железа как пигментных материалов и сульфата калия в виде водорастворимого минерального удобрения.

L.S. Eshchenko, R.A. Vorontsov

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

PRODUCTS AND PROCESSES OF COMPLEX PROCESSING OF GREEN VITRIOL

Abstract. This paper proposes methods for the complex processing of ferrous sulfate to produce technical materials with a set of specified properties. The key stages underlying the production of pigment fillers, iron oxides as pigment materials, and potassium sulfate as a water-soluble mineral fertilizer are characterized.

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь существует возможность реализации комплексной переработки местного сырья – технического железного купороса. Железный купорос является побочным продуктом таких предприятий как ОАО «Белорусский металлургический завод» и ОАО «Речицкий метизный завод». Это значит, что металлургические предприятия могут повысить эффективность производства за счет вовлечения в него дополнительной переработки имеющегося побочного сырья с получением достаточно актуальных на сегодняшний день продуктов. Такими продуктами могут быть железосодержащие соединения, в частности оксиды железа (II, III) и растворимые сульфатсодержащие

соли аммония, калия, которые представляют интерес как минеральные удобрения.

Растущая потребность придания эстетической ценности современным жилым и промышленным зданиям влечет за собой увеличенный спрос на лакокрасочные покрытия и пигментные материалы. Данный факт стимулирует спрос на железоксидные пигменты, которые из-за своей широкой цветовой гаммы, непрозрачности, равномерного распределения цвета и стабильности используются в бетоне, кирпиче, черепице для крыш, брусчатке и блоках, лакокрасочных материалах. По данным издания [1] объем мирового рынка железоксидных пигментов в 2024 году оценивается в 2,43 миллиарда долларов и, как ожидается, достигнет 3,10 миллиарда долларов к 2029 году, со среднегодовым темпом роста более 4,5%. При этом Азиатско-Тихоокеанский регион является крупнейшим и самым быстрорастущим рынком, с основными потребителями в Китае и Индии.

Кроме железоксидных пигментов, особую значимость приобретают железосодержащие соединения, в частности $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Fe_3O_4 , проявляющие магнитные свойства. Эти оксиды и магнитные нанокompозиты на их основе находят применение в биомедицинских исследованиях [2].

Применяя комплексный подход к переработке железного купороса, направленный на снижение энергопотребления технологических стадий и их количество, а также на охрану окружающей среды, можно создать технологический процесс с одновременным получением как оксидов железа с комплексом заданных свойств, так и водорастворимых минеральных удобрений. Наиболее перспективной, с этой точки зрения, является переработка железного купороса со щелочным реагентом, в присутствии которого можно получить пигмент-наполнитель, железоксидный пигмент и технические соли, такие как, сульфат аммония или сульфат калия. К конкурентным преимуществам данного подхода к переработке железного купороса можно отнести: импортозамещение; использование местного сырья; малостадийность и низкую удельную энергоемкость; экологичность; более низкую, чем у других технологий, стоимость получаемой продукции.

Получение железоксидного пигмента-наполнителя. Получение пигмента-наполнителя осуществляется по схеме, представленной на рис. 1.

Раствор железного купороса (сульфата железа (II)) интенсивно перемешивается с щелочным реагентом, в качестве которого

используется мел. Полученная пастообразная смесь подвергается окислению методом микроволновой термообработки до полного удаления свободной H_2O . Образовавшаяся твердая масса измельчается в мельнице, после чего подвергается термической обработке с целью получения заданной цветовой гаммы.

По описанному способу при заданных условиях были наработаны образцы пигментных материалов, представляющие собой железокальцийсульфатсодержащие соединения для окрашивания силикатного кирпича [3].

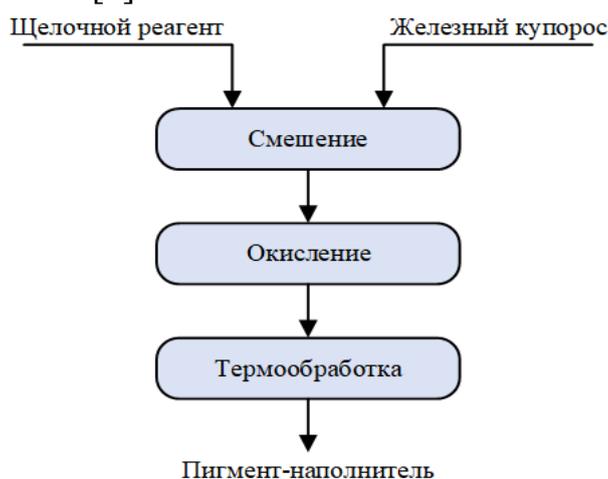


Рис. 1 - Ключевые стадии получения пигмента-наполнителя

Основные расходные коэффициенты по сырью на тонну пигмента-наполнителя составляют:

Железный купорос	1,3 т/т
Мел.....	0,5 т/т
Вода	0,5 т/т

Получение железоксидного пигмента и технических солей.

Способ переработки железного купороса на оксиды железа с заданным комплексом свойств и сульфат калия реализуется по схеме, представленной на рис. 2.

Железный купорос в виде раствора интенсивно перемешивается с щелочным реагентом, в качестве которого используется гидроксид калия (KOH) или поташ (K_2CO_3). Окисление проводят методом микроволновой термообработки с целью интенсификации процесса. Образовавшаяся пастообразная масса разделяется методом фильтрации с репульпацией на твердую и жидкую фазы. Твердая фаза представляет собой оксиды и оксигидроксиды железа с составом и свойствами, устанавливаемыми технологическим режимом процесса окисления (температура, pH в системе). Полученная железоксидная фаза сушится, измельчается в мельнице, после чего подвергается термической

обработке с целью получения заданного конечного фазового и дисперсного состава.

Жидкая фаза представляет собой насыщенный или близкий к насыщению раствор сульфата калия, который можно использовать в качестве основы для приготовления жидкого комплексного минерального удобрения или выделять из него соль в кристаллическом виде. Согласно расчетам, на 1 кг $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ приходится приблизительно 1,72 кг K_2SO_4 , что говорит о целесообразности выделения сульфата калия из продуктов конверсии сульфата железа (II). При этом из 1 тонны железного купороса ориентировочно можно получить 0,31 т железнооксидной фазы и 0,61 т сульфата калия.

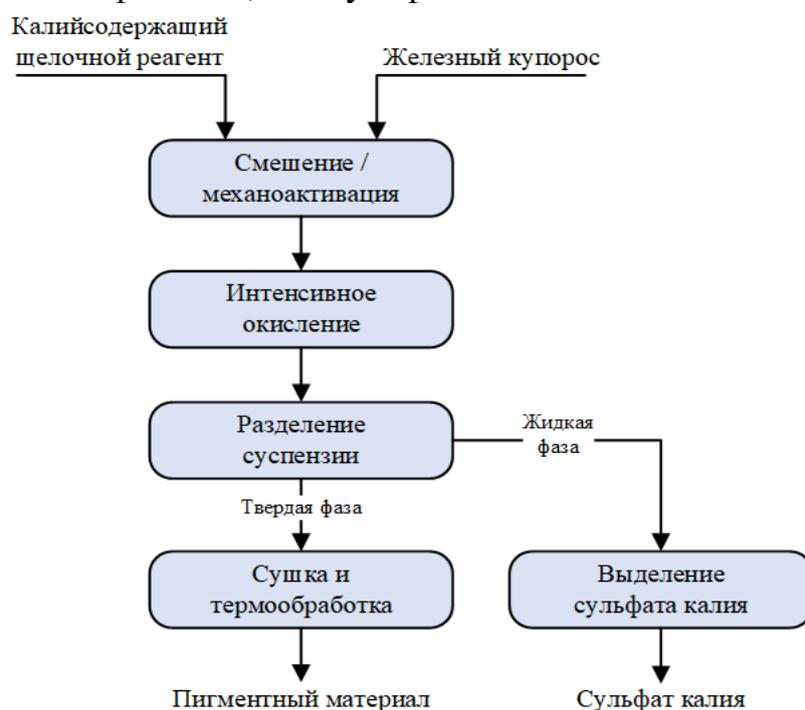


Рис. 2 - Ключевые стадии получения оксидов железа и сульфата калия

В соответствии с предложенным подходом, при термообработке продуктов окисления был получен гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с цветовой палитрой от коричневого до темнокрасного, характеристики которого соответствуют пигментным материалам [3]. Кроме того, по данному методу осуществлено получение магнетита Fe_3O_4 и маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, проявляющих магнитные свойства.

Заключение. Реализация предлагаемых способов комплексной переработки позволит получать пигментные материалы с заданным комплексом свойств. Получаемые пигменты соответствуют предъявляемым к ним требованиям, а широкая цветовая палитра обуславливает их востребованность на строительном рынке. Использование комплексного подхода позволит получать не только железнооксидные соединения, но также и представляющее интерес в

сельском хозяйстве минеральное удобрение – сульфат калия. Таким образом, предлагаемые способы комплексной переработки железного купороса направлены на рациональное использование вторичного продукта металлургических предприятий Республики Беларусь (железного купороса) и позволит реализовать принципы ресурсосбережения и импортозамещения при получении ценных технических продуктов.

Список используемых источников

1. Рынок пигментов оксида железа – Анализ размера, доли и отрасли [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/iron-oxide-pigments-market>. – Дата доступа 06.11.2023.

2. Магнитные нанокompозиты оксид графена/магнетит + кобальтовый феррит ($\text{GrO/Fe}_3\text{O}_4 + \text{CoFe}_2\text{O}_4$) для магнитной гипертермии / А. С. Камзин, I. M. Obaidat, В. С. Козлов [и др.] // Физика твердого тела. – 2021. – Т. 63, № 7. – С. 900-910. – DOI 10.21883/FTT.2021.07.51040.039. – EDN TCKCQU.

3. Влияние состава пигментных материалов на декоративные и физико-механические свойства силикатного кирпича / Е. И. Барановская, Л. С. Ещенко, А. А. Мечай [и др.] // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – № 1(241). – С. 120-125. – EDN JJCUI.

УДК 621.793.14

В.В. Жилинский, О.О. Остапук, В.В. Яскельчик
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПОЛУЧЕНИЕ УПРОЧНЯЮЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. В настоящем исследовании рассматривается электролитическое нанесение железных покрытий с ультрадисперсными алмазами (УДА) на строгальные ножи из стали 60С2А. Электролитическое осаждение железных покрытий с УДА позволяет повысить микротвёрдость поверхности до 820 HV.

OBTAINING HARDENING IRON COATINGS WITH ULTRA-DISPENT DIAMONDS FOR WOOD-CUTTING TOOLS

Abstract. This study examines the electrolytic deposition of iron coatings with ultra-dispersed diamonds (UDD) on steel planing knives made of 60C2A steel. The electrolytic deposition of iron coatings with UDD allows increasing the microhardness of the surface to 820 HV.

При резке древесного материала экстрактивные соединения и диоксид кремния, присутствующие в древесине, катализируют коррозию и механическое истирание стальных лезвий, используемых в режущем аппарате [1]. В результате происходит снижение долговечности фрезерных инструментов, что отрицательно сказывается на общей эффективности промышленного производства. Помимо разработки новых твердых сплавов и быстрорежущих сталей, большое внимание уделяется защите поверхностного слоя инструмента от износа и сохранению его геометрической целостности в интенсивных условиях обработки [1, 2]. В этом контексте текущие исследования направлены на разработку новых технологий изготовления покрытий для режущих инструментов, что позволит существенно улучшить эксплуатационных характеристик таких инструментов.

К этим разработкам относят, в частности, покрытия с наночастицами, многослойные композиты, градиентные покрытия и многокомпонентные покрытия [1]. В настоящее время достигнут заметный прогресс в улучшении основных свойств инструментальных материалов за счет нанесения гальванических покрытий железа, хрома никеля [2].

Электролитическое осаждение железа с ультрадисперсными алмазами (УДА) широко используется в промышленном секторе для получения покрытий повышенной твердости, обеспечивающих снижение износа при резании [2].

Цель исследования – электролитическое нанесение покрытий железа с УДА на поверхность стальных (сталь 60C2A) строгальных ножей с изучение их морфологии и физико-механических характеристик.

В данном исследовании использовалась гальваническая технология нанесения упрочняющего железного покрытия с УДА на

лезвия стальных ножей для деревообработки. Предварительно подготовленные металлические пластины из закалённой стали 60С2А подвергали обезжириванию в 10%-ном водном растворе NaOH при 60°C, а затем промывали горячей дистиллированной водой. После этого их обрабатывали 50%-ным водным раствором HCl для удаления оксидов с поверхности и промывали дистиллированной водой, чтобы обеспечить полное удаление кислоты с поверхности образца. Электролитическое осаждение железа с УДА из сульфатного электролита проводилось при температуре 20, 30, 40°C и плотностях тока 5, 10, 15, 20 А/дм². В качестве УДА использовали ультрадисперсные алмазы марки «Colin 450» (НПО ЗАО «Синта», г. Минск) и «УНМ 99» (г. Санкт-Петербург). Концентрация добавки УДА в электролите составляла 1-5 г/л. После окончания процесса электроосаждения образцы тщательно промываются в горячей воде для удаления остатков электролита.

Подготовленные образцы с покрытиями после сушки использовали в дальнейшем оценки их механических свойств и морфологии покрытия (рис.1).

Установлено, что при плотности тока 15 А/дм² формируется твердая железная основа с микротвёрдостью 450-570 НВ⁵⁰. В этом случае имеет место общее значение микротвёрдости покрытия и основы из закалённой стали 60С2А, которая составляет 520-670 НВ²⁵.

Введение в электролит 1 г/л УДА позволяет повысить микротвёрдость покрытия до 820 НВ²⁵ и микрошероховатость до 2,0-3,8 мкм (Ra), что обусловлено включением в железную матрицу частиц УДА.

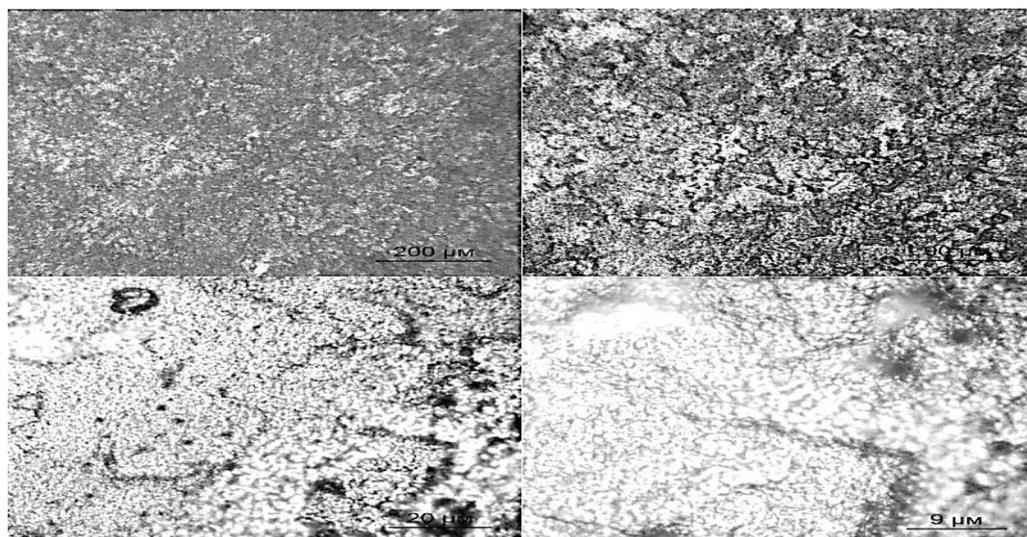


Рис 1 - Морфология электролитически осаждённого железа с УДА марки «Colin 450» при плотности тока 15 А/дм².

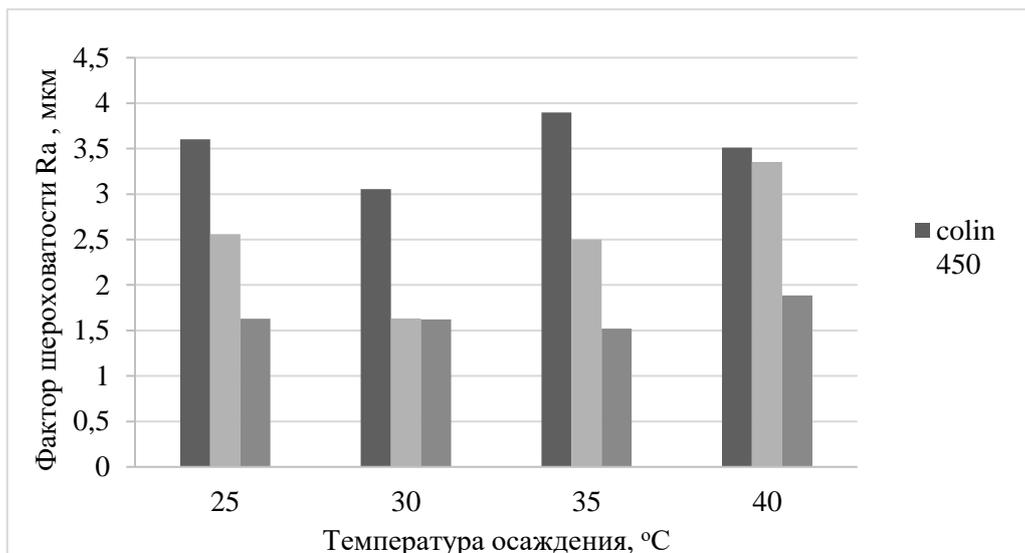


Рис. 2 – Зависимость фактора шероховатости Ra от температуры осаждения железных покрытий при плотности тока 15 А/дм² из сульфатного электролита. Концентрация добавок ультрадисперсных алмазов (УНМ 99, Colin 450) в электролите – 1 г/л.

Шероховатость покрытия (рис. 2), полученного из электролита без добавок УДА составляет 1,6-2,0 мкм (Ra). Введение УДА (УНМ 99, Colin 450) в электролит приводит к увеличению шероховатости до 2,0-3,8 мкм (Ra), что приемлемо для последующей обработки изделия магнито-импульсным способом и нанесения ионно-плазменных слоев из нитридов Ti, Mo, Zr, Cr.

Таким образом, освоение в технологическом процессе предприятий машиностроения технологии формирования железных покрытий с УДА с последующим нанесением ионно-плазменных слоев из нитридов тугоплавких металлов (Ti, Mo, Zr, Cr и др.) будет способствовать созданию решению задач снижения материалоемкости, импортозамещения в деревообрабатывающей промышленности, станкостроении.

Список использованных источников

1. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti-покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А.А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 52-54.

2. Шлугер М.А. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник в 2-х томах Т.1. / М.А. Шлугер, Л.Д. Ток. – М.: Машиностроение, 1985. 240 с.

УДК 665.775.4

**В.И. Жолнеркевич, А.О. Шрубок,
Д.В. Кузёмкин, А.О. Михайловский**

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТА АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ ГУДРОНА

Аннотация. Изучено влияние высокоароматизированной добавки – ароматического экстракта селективной очистки пластификатора ПН-6 на процесс окисления нефтяного гудрона. Показано, что введение концентрата ароматических углеводородов приводит к увеличению скорости окисления гудрона.

**V.I. Zholnerkevich, A.O. Shrubok,
D.V. Kuzyomkin, A.O. Mikhailovsky**

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

CONCENTRATE OF AROMATIC HYDROCARBONS FOR THE PROCESS OF TAR OXIDATION

Abstract. The influence of a highly aromatic additive - an aromatic extract of selective purification of the plasticizer PN-6 on the process of oxidation of oil tar - was studied. It has been shown that the introduction of aromatic hydrocarbon concentrate leads to an increase in the rate of tar oxidation.

Несмотря на расширение ассортимента производимых на базе нефтяного сырья битумных материалов, они пока не удовлетворяют потребность дорожно-строительных предприятий в качественных битумных вяжущих, предназначенных для устройства новых и ремонта существующих дорожных покрытий, получения гидроизоляционных материалов, защиты магистральных и наземных трубопроводов от коррозии, производства лаков и т.д. [1]. Причин, обуславливающих сложность производства битумов требуемого качества, много. Одна из них – это нестабильные состав и свойства перерабатываемого сырья. Поэтому разработка технологических приемов, позволяющих снизить влияние изменяющегося состава перерабатываемого сырья на качество продуктов, получаемых на основе нефтяных битумов, важно как с научной, так и практической точек зрения.

Для улучшения эксплуатационных характеристик битумных материалов современный производственно-технологический комплекс наряду с основным физико-химическим термоокислительным процессом широко использует технологии компаундирования и введения добавок на стадиях подготовки сырья и выпуска готовой продукции [2]. При этом базовым компонентом исходного сырья является, как правило, нефтяной гудрон, а готовой продукцией – битум, состав и свойства которых могут варьироваться в широких пределах в зависимости от состава перерабатываемой нефти и эффективности работы установки первичной перегонки.

Важную роль в процессе жидкофазного высокотемпературного окисления гудронов играет групповой состав. Чем больше содержание в окисляемом нефтепродукте асфальтенов и смол, чем выше отношение асфальтенов к смолам и меньше содержание парафиновых углеводородов, тем выше качество получаемого окисленного битума. При окислении протекают реакции окисления, дегидрирования и dealкилирования, окислительная полимеризация, поликонденсация, крекинг с последующим уплотнением образующихся продуктов. За счет возрастающей потери водорода при окислении и протекания реакций циклизации образуются высокомолекулярные продукты с высокой степенью ароматичности, т.е. асфальтены. В основном асфальтены образуются из смол, полициклических ароматических углеводородов и практически не подвергаются изменению. От количества асфальтенов будут зависеть такие свойства битумов, как прочность, температура размягчения, пенетрация и температура хрупкости. И для получения качественных битумов при окислении гудрона необходимо затратить больше времени на образование и накопление асфальтенов. Согласно известным схемам термоокисления превращения компонентов гудрона, образование асфальтенов может осуществляться из ароматических соединений за счет радикальных процессов [3]. Следовательно, качество сырья относится к основным факторам, влияющим на эффективность процесса окисления при получении битума.

Цель работы – изучить влияния добавок масляных ароматических компонентов на процесс окисления нефтяного гудрона.

Для придания битумному материалу трещиностойкости исходное сырье должно содержать парафино-нафтеносодержащие углеводороды. Поэтому для расширения температурного интервала работоспособности в качестве добавки к гудрону использовали масляный ароматический экстракт, полученный при очистке пластификатора ПН-6 методом жидкостной экстракции (50°С,

соотношение растворитель : сырье 2 к 1 по массе) и представляющий собой концентрат ароматических соединений (содержание полициклических ароматических углеводородов 9,38 мас.% по методу IP 346). Масляный экстракт вводили в гудрон в количестве 10 мас.% при перемешивании, после чего окисляли кислородом воздуха при 220 °С в течение 6 часов. Влияние добавки на процесс окисления гудрона оценивали по константе скорости окисления по следующей формуле [4]:

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{t_r^t}{t_r^0},$$

где K – константа скорости окисления, ч⁻¹;

t – продолжительность окисления, ч;

t_r – температура размягчения окисленного битума при времени окисления t , °С;

t_r^0 – температура размягчения исходного битума, °С.

На основании формулы рассчитаны константы скорости окисления гудрона без добавки и гудрона в присутствии концентрата ароматических углеводородов (рис. 1).

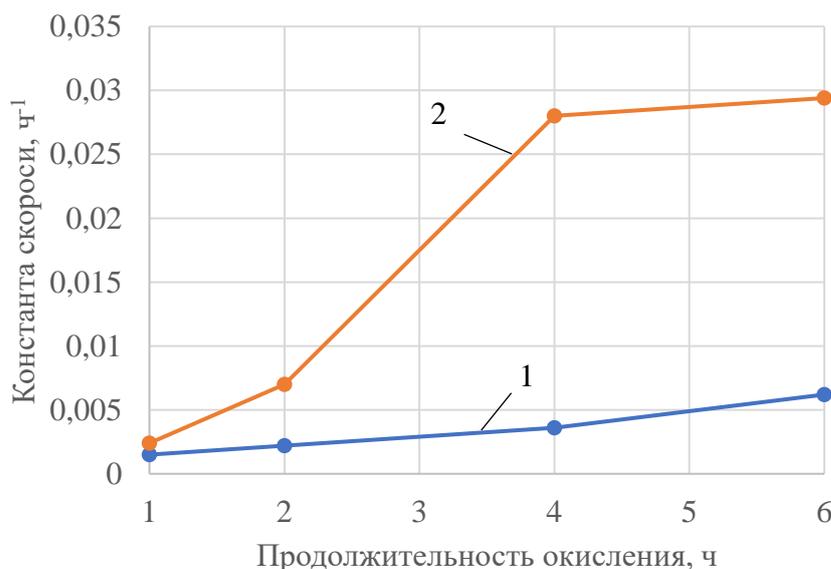


Рис. 1 - Зависимость константы скорости окисления гудрона (1) и гудрона, модифицированного концентратом ароматических углеводородов (2)

Анализ зависимости константы скорости окисления от продолжительности показал, что введение ароматической добавки приводит к резкому увеличению скорости процесса после двух часов окисления по сравнению с чистым гудроном. После 4 часов окисления скорость становится постоянной, что свидетельствует о стационарном режиме окисления.

Таким образом, установлено, что введение ароматических углеводородов в гудрон приводит к увеличению скорости окисления и, соответственно, увеличению производительности данного процесс не снижая качество получаемого продукта

Работа выполнена в рамках государственного задания 6.6 «Разработка научно обоснованных технологических приемов регулирования структурно-механических свойств и стабильности битумных вяжущих для дорожного и коммунального строительства» ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма 8.6 «Строительные материалы, конструкции, технологии» (2021–2025 гг.).

Список использованных источников

1. Евдокимова Н.Г., Грызина Е.В. Подготовка сырья битумного производства с использованием вакуумного остатка установки висбрекинга // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 5. – С. 321-335.

2. Ширкунов А.С., Рябов В.И., Руделева Е.А., Фадеев С.А. Производство окисленных дорожных битумов в соответствии с ГОСТ 33133-2014 на базе гудронов с различной вязкостью // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2018. – № 2. – С. 60-70.

3. Сибгатуллина Р.И. Абдуллин А.И., Елильянычева Е.А., Бикмухамедова Г.К. Влияние параметров окисления гудронов на свойства конечного битумного материала. Кинетические особенности окисления нефтяных остатков до битума // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 41-47.

4. Шрубок А.О., Грушова Е.И. Особенности жидкофазного окисления нефтяного гудрона в присутствии модификаторов-катализаторов // Труды БГТУ. – 2016. – № 4. – С. 48-53.

**Я.Г. Зернов, О.В. Капустина, С.М. Писарев, А.О. Лембиков,
Е.А. Пономарева, А.В. Шурыгин**

Дальневосточный Федеральный университет
Владивосток, Россия

**КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА,
ДИСПЕРСИОННО УПРОЧНЕННЫЙ ПОРОШКАМИ
СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКИ (W, Ti, Ta, Cr) C,
ПОЛУЧЕННОЙ ИСКРОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ СПЕКАНИЕМ**

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования композитного материала на основе железа, упрочненного среднеэнтروпийной керамикой. Такой материал считается перспективным для различных отраслей промышленности и в перспективе способен к повышению технического суверенитета России в области порошковой металлургической промышленности.

**Ya.G. Zernov, O.V. Kapustina, A.M. Pisarev, A.O. Lembikov,
E. A. Ponomareva, A.V. Shurygin**

Far-Eastern Federal University
Vladivostok, Russia

**COMPOSITE MATERIAL BASED ON IRON, DISPERSION-
HARDENED WITH POWDERS OF MEDIUM-ENTROPY
CERAMICS (W, Ti, Ta, Cr) C, OBTAINED BY SPARK PLASMA
SINTERING**

Abstract. This paper presents the results of a study of an iron-based composite material reinforced with medium-entropy ceramics. Such a material is considered promising for various industries and in the future can increase the technical sovereignty of Russia in the field of powder metallurgical industry.

В настоящее время железосодержащие сплавы занимают ключевое место в большинстве промышленных отраслей. Более 90 % всех деталей по-прежнему производятся из материалов на основе железа, главным образом из сталей. Это объясняется высокими механическими свойствами железосодержащих сплавов, которые делают их незаменимыми для современной промышленности. Традиционно прочностные характеристики этих металлов достигаются за счет добавления легирующих элементов, а также проведения термической и механической обработок.

Высокоэнтропийные материалы и среднеэнтропийные материалы демонстрируют выдающиеся показатели прочности и

твердости благодаря сильным искажениям кристаллической решетки. Особенно это касается керамики, которая благодаря этим искажениям существенно улучшает свои механические свойства и зачастую превосходит по этим параметрам традиционные бинарные карбиды, оксиды и нитриды, входящие в ее состав. Внедрение таких инновационных материалов в процесс легирования железа открывает новые возможности для создания сплавов с улучшенными характеристиками, что делает их изучение и развитие крайне важным направлением в современной материаловедческой науке.

В настоящей работе реализован подход к изготовлению композита на основе железной матрицы. Стратегия исследования заключалась в реализации пяти последовательных стадий (рис. 1): изготовление стартовой порошковой композиционной смеси состава WC-TiC-TaC-Cr₃C₂ с эквимольным распределением компонентов; изготовление керамики (W,Ti,Ta,Cr)C; изготовления порошка (W,Ti,Ta,Cr)C; изготовления стартовых композиционных смесей Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C, где n=0.2, 0.5, 1.0 at%; консолидация композитов Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C.

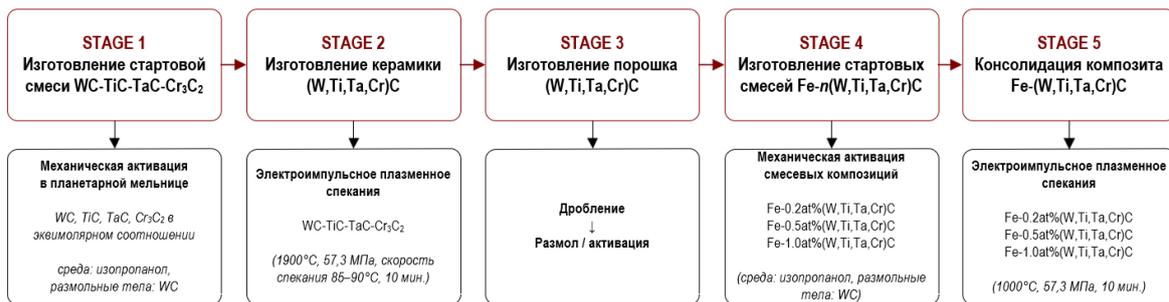


Рис. 1 – Схема метода эксперимента

Порошок композитной смеси состава WC-TiC-TaC-Cr₃C₂ с эквимольным соотношением карбидных составляющих получен механической активацией/перемешиванием на вертикальной планетарной мельнице. Размол проводили мокрым методом в безводной среде изопропанола. Далее ЭИПС образцов проводилось при постоянном давлении прессования. Спекание проводили по следующей схеме: 8 г порошка помещали в графитовую пресс-форму, прессовали, затем заготовку помещали в камеру спекания, вакуумировали и затем спекали. Спеченные образцы выдерживали при максимальной температуре в течение 10 минут, а затем охлаждали в течение 45 минут до комнатной температуры.

После дробления и измельчения порошок (W, Ti, Ta, Cr)C смешивался в массовой доле 0.2, 0.5 и 1.0 at.% с металлическим

порошком для получения композиции Fe-(W,Ti,Ta,Cr)C и далее спекался ЭИПС при температуре 1000 °С/мин.

Исследование образцов полученных материалов проводили с предварительно отполированной поверхности их поперечного сечения.

Анализируя фазовый состав материала при помощи РФА (рис. 2) прийти к выводу об однозначном взаимодействии железа и СЭК. У образцов с содержанием СЭК в 0.2% наблюдается только фаза α -железа и увеличение ее параметра решетки. С повышением до 0.5% СЭК в структуре появляется цементит, следовательно углерод мигрирует от керамики к железу. При 1% СЭК наблюдаются 3 фазы: цементит, α -железо и СЭК.

СЭК значительно повышает свой параметр решетки, что может произойти только благодаря обмену атомами с металлической матрицей, в то же время появление цементита также вновь свидетельствует о миграции углерода из керамики к железу с образованием Fe_3C

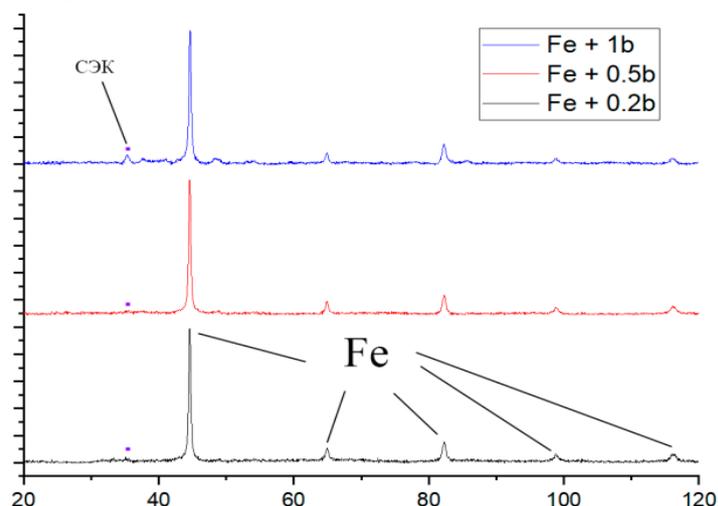


Рис. 2 – Рентгенограммы образцов с различным содержанием СЭК

Характер распределения элементов W, Ti, Ta и Cr на ЭДС картах, полученных с поверхности образцов композита Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C, указывает на образование в структуре спеченного сплава крупных агрегатов протяженностью до 50 мкм, состоящих из мелких частиц (W,Ti,Ta,Cr)C, формируемых еще на этапе механической активации смесей Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C (рис. 2). Что сказывается на микроструктурной неоднородности полученных образцов. Эта неоднородность оценена по критерию дисперсии значений микротвердости и представлена на диаграмме размаха, построенной по результатам микроиндентирования с шагом 200 мкм (рис. 3). Таким образом, повышение концентрации (W,Ti,Ta,Cr)C в составе композита

приводит к существенному увеличению микротвердости образцов в отдельно взятых локальных участках. Дисперсия значений микротвердости образцов указывает на локальное скопление областей с повышенной микротвердостью за счет повышения концентрации локально агрегируемых частиц $(W, Ti, Ta, Cr)C$. Таким образом, для образца с 1.0 % СЭК в составе характерно существенное смещение среднего значения микротвердости в сторону увеличения.

Характер распределения элементов W, Ti, Ta и Cr на ЭДС картах, полученных с поверхности образцов композита $Fe-n(W, Ti, Ta, Cr)C$, указывает на образование в структуре спеченного сплава крупных агрегатов протяженностью до 50 мкм, состоящих из мелких частиц $(W, Ti, Ta, Cr)C$, формируемых еще на этапе механической активации смесей $Fe-n(W, Ti, Ta, Cr)C$ (рис. 3). Эта неоднородность оценена по критерию дисперсии значений микротвердости и представлена на диаграмме размаха, построенной по результатам микроиндентирования с шагом 200 мкм (рис. 10). Таким образом, повышение концентрации $(W, Ti, Ta, Cr)C$ в составе композита приводит к существенному увеличению микротвердости образцов в отдельно взятых локальных участках. Дисперсия значений микротвердости образцов указывает на локальное скопление областей с повышенной микротвердостью за счет повышения концентрации локально агрегируемых частиц $(W, Ti, Ta, Cr)C$. Таким образом, для образца с 1.0 % СЭК в составе характерно существенное смещение среднего значения микротвердости в сторону увеличения

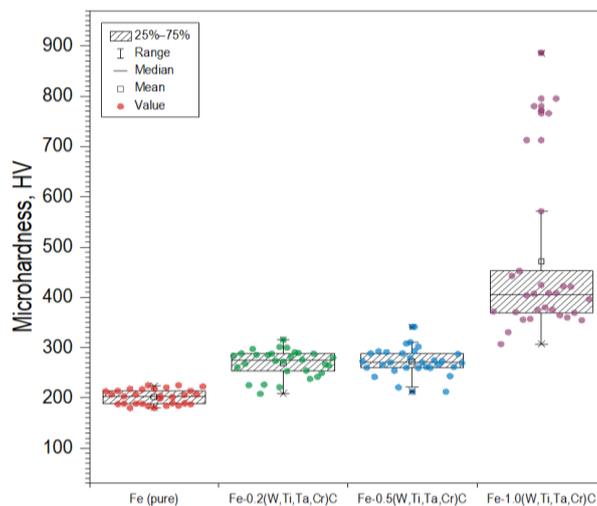


Рис. 3 – Дисперсия значений микротвердости по Виккерсу для образцов керамики композитного материала $Fe-n(W, Ti, Ta, Cr)C$ (где $n = 0.2, 0.5$ и 1.0 at.%), полученные ЭИПС при $1000\text{ }^{\circ}C$.

Значение коэффициента Пуассона полученного композита увеличивается с ростом концентрации вводимого порошка СЭК (таблица 1). Для всех случаев коэффициент Пуансона лежит в пределах значений, характерных для низкоуглеродистых сталей. Плотность также близка к плотностям низколегированных сталей.

Таблица 1 – Значение плотностей и Коэффициента Пуассона для полученных образцов сплавов

Тип матрицы	Тип дисперсионного упрочнителя	Концентрация дисперсионного упрочнителя	Плотность образца, кг/м ³	Коэффициент Пуассона
Fe	WC-TiC-TaC-Cr ₃ C ₂	+0.2 %	7.6117	0.278
Fe	WC-TiC-TaC-Cr ₃ C ₂	+0.5 %	7.6456	0.281
Fe	WC-TiC-TaC-Cr ₃ C ₂	+1.0 %	7.9190	0.287

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZNS-2024-0013).

УДК 632.952.633

**Т.З. Ибрагимов, С.С. Санин, О.М. Рулева,
Л.Г. Корнева, Л.В. Карлова**
Всероссийский НИИ фитопатологии
Б. Вяземы, Россия

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ В ФИТОСАНИТАРНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ

***Аннотация.** Разработка моделей интеллектуального анализа требует наличия больших объемов данных. Синтетические данные – это данные, которые создаются искусственно. Созданы синтетические данные по развитию септориоза листьев пшеницы на основе полевых наблюдений. При увеличении длины ряда точность прогноза развития септориоза увеличилась с 60% (экспериментальные данные, длина ряда 17) до 100% (длина ряда 200 и 400).*

T.Z. Ibragimov, S.S. Sanin, O.M. Ruleva, L.G. Korneva, L.V. Karlova
All-Russia Scientific Research Institute of Phytopathology
B. Vyazemy, Russia

SYNTHETIC DATA IN PHYTOSANITARY FORECASTING

***Abstract.** Development of models of intellectual analysis requires the presence of large volumes of data. Synthetic data are data created artificially. Synthetic data on the development of septoria leaf spot of wheat created based on field observations. With an increase in the length of the row, the accuracy of the forecast increased from 60% (experimental data, row length 17) to 100% (row length 200 and 400).*

Синтетические данные – это **данные, которые создаются (генерируются) искусственно**. Они создаются с помощью алгоритмов и используются для широкого спектра действий, в том числе в качестве данных в системах интеллектуального анализа [5,2]. К 2024 году 60% данных, используемых для разработки проектов в области интеллектуального анализа, будут генерироваться синтетическим путем [4].

Методы синтетических данных были впервые предложены Рубином (1993) [8], Литтлом (1993), Райтером (2005). Монография Дрекслера (2011) обобщает некоторые теоретические, практические и политические аспекты разработки и использования синтетических данных [2].

Синтетические данные делятся на два типа в зависимости от того, созданы они на основе реальных наборов данных или нет. Первый тип синтезируется на основе реальных наборов данных. У исследователя имеется набор реальных данных, на основе которых можно построить распределения и структуру этих данных - статистическую модель данных. Синтетические данные генерируются из этой модели и будут иметь аналогичные статистические свойства, что и реальные данные. Второй тип синтетических данных создается посредством моделирования [2].

В наших исследованиях, для создания синтетических данных по развитию септориоза листьев пшеницы, на основе полевых наблюдений, была использована система MOSTLY AI (<https://synthetic.mostly.ai>) (рис. 1) [4].

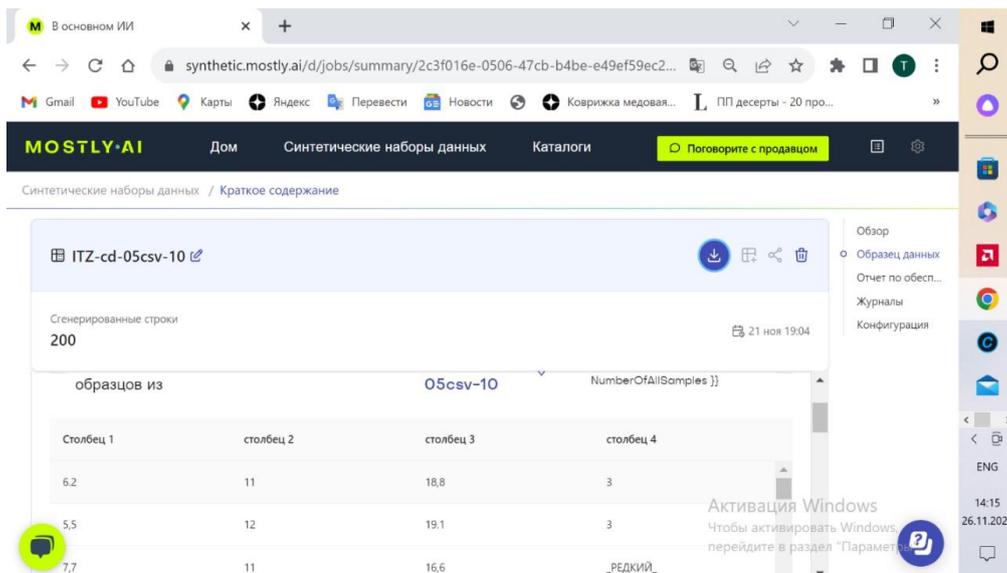


Рис. 1- Интерфейс системы MOSTLY AI

MOSTLY AI – это платформа, которая помогает создавать синтетические данные для использования в машинном обучении, аналитике, тестировании программного обеспечения и т.д. Он генерирует синтетические данные с использованием искусственного интеллекта, который изучает и использует статистические характеристики исходных данных, такие как корреляции, распределения и другие свойства. Это позволяет создавать синтетические данные, которые репрезентативны фактическим данным. В прогнозной аналитике, методы интеллектуального анализа наиболее эффективно используются для классификационного прогнозирования, то есть категориальных данных. Категориальные данные имеют фиксированное количество возможных значений. Чтобы увеличить количество категориальной переменной в наборе данных MOSTLY AI используется специальная функция - разбалансировка данных. Данная процедура может быть применена только к одному столбцу с категориальным типом кодировки. Синтетические данные сохраняют распределение вероятностей категорий и содержат только те категории, которые присутствуют в исходных данных. Редкие категории защищены и обязательно остаются в наборе категориального столбца.

Каждый набор синтетических данных сопровождается отчетом о качестве синтетических данных с диаграммами распределения, корреляции и точности.

С использованием MOSTLY AI были созданы наборы фитосанитарных данных длиной в 100, 200 и 400 наблюдений с разбалансировкой переменной - Развитие болезни в фазе 75.

Точность синтетических данных оценивается путем сравнения распределений статистических характеристик синтетических и исходных данных. В таблице 1 представлена точность синтетических данных.

Таблица 1 - Точность синтетических данных

Переменная	Длина ряда		
	100	200	400
Поражённость листьев в фазе 39	43,8 %	100 %	37,5 %
Средняя температура в фазе 39	43,8 %	31,2 %	43,8 %
Количество дней с осадками в фазе 39	31,2 %	37,5 %	31,2 %
Развитие болезни в фазе 75	68,8 %	100 %	87,5 %
Общая	46,9 %	67,2 %	50,0 %

С помощью многоуровневой нейронной сети прямого распространения (RProp) системы KNIME была оценена их пригодность для прогнозирования развития болезни в фазе 75 для различных наборов данных [3].

При увеличении длины ряда точность прогноза увеличилась с 60% (экспериментальные данные, длина ряда 17 [1]) практически до 100% (длина ряда 200 и 400).

Полученные результаты показывают, что, синтетические данные могут быть использованы для построения фитосанитарных прогнозов в защите растений от болезней.

Список использованных источников

1. Ибрагимов Т.З. Интеллектуальный анализ в фитосанитарии: метод нейронных сетей // Защита и карантин растений. –2022.–№ 10. – С. 8-10.
2. Drechsler J. Synthetic Data Sets for Statistical Disclosure Control, 2011, Springer-Verlag, 981 p
3. Режим доступа: <http://www.knime.org>.
4. Режим доступа: <https://synthetic.mostly.ai>.
5. Rubin D.B. Discussion: Statistical Disclosure Limitation // Journal of Official Statistics, 1993, 9 (2), pp.461–468

УДК 602.44

Е.И. Исаева, В.В. Ревин, Е.В. Мокшин
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
Саранск, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЛАГОПОГЛОЩАЮЩИХ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Статья посвящена вопросу развития безотходных производств и снижению опасности для здоровья гигиенических изделий. Аэрогель из целлюлозы свекловичного жома обладает высокой влагопоглощающей способностью и является дешевым, экологичным и не токсичным материалом для получения гигиенических изделий.

E.I. Isaeva, V.V. Revin, E.V. Mokshin
Mordovia State University named after N.P. Ogarev
Saransk, Russia

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING BEET PULP CELLULOSE IN THE PRODUCTION OF MOISTURE- ABSORBING HYGIENIC PRODUCTSTITLE

Abstract. The article is devoted to the issue of development of waste-free production and reduction of health hazards of hygienic products. Aerogel from beet pulp cellulose has a high moisture absorption capacity and is a cheap, environmentally friendly and non-toxic material for the production of hygienic products.

Введение

Большие возможности представляет разработка влагопоглощающих материалов из целлюлозы свекловичного жома для получения безопасных гигиенических изделий. Получение таких материалов помогло бы не только снизить нагрузку на организмы как младенцев, имеющих пониженный иммунитет, так и инвалидов с нарушением мочевыделения, и активных взрослых, но и оказать благоприятное воздействие на экономику регионов, в которых выращивается и перерабатывается сахарная свекла, а также ослабить вред, наносимый окружающей среде [1].

К сожалению, исследований химического состава одноразовых подгузников очень мало, и поэтому трудно дать однозначный ответ об их безопасности. Однако известно, что подгузники содержат большое количество различных химических соединений, при этом некоторые из них могут представлять потенциальную опасность для здоровья детей

и взрослых, вызывать дерматит кожи и даже иметь канцерогенное действие (полиакрилаты, фталаты, диэтилбензол) [5].

Целью исследования стало изучение возможности использования целлюлозы свекловичного жома в производстве влагопоглощающих гигиенических изделий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) В рамках изучения возможности использования целлюлозы как компонента влагопоглощающих гигиенических изделий провести выделение целлюлозы свекловичного жома и проверить ее чистоту с помощью ИК-спектроскопии.

2) Получить аэрогели из растительной целлюлозы как суперабсорбирующий полимер.

3) Изучить физико-механические характеристики полученных материалов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служили: растительная целлюлоза и аэрогель, полученные из свекловичного жома, абсорбирующий полимер (SAP) японской фирмы Sumitomo.

Для выделения целлюлозы навеску сырого свекловичного жома выдерживали в соляной кислоте 4 часа при постоянном перемешивании при температуре 90 °С. Затем, после фильтрования и промывания осадка до рН 5-6, подвергали целлюлозу щелочной экстракции раствором NaOH в течение 1 часа. Затем отмывали полученную целлюлозу дистиллированной водой до значения рН 5-6 [2].

Для получения аэрогелей использовали влажную навеску растительной целлюлозы, полученную на предыдущем этапе работы. Измельчали целлюлозу на лабораторном гомогенизаторе в течение 5 мин, заливали в форму и замораживали в морозильной камере при температуре -50 °С в течение 24 часов. Далее осуществляли лиофильную сушку заготовки с использованием лиофилизатора FreeZone Plus freeze-dryer (Labconco, США) в течение 72 ч.

Для сравнения физико-химических свойств целлюлозы и суперабсорбирующего полимера, использовали суперабсорбирующий полимер японской фирмы Sumitomo из одноразовых детских подгузников с маркировкой «NaNi».

На первом этапе исследования для установления чистоты полученной целлюлозы свекловичного жома проводили инфракрасную спектроскопию. Снимали ИК-спектр образцов на ИК-Фурье спектрометре IRPrestige-21 (Shimadzu, Япония) при длине волны 400-

4000 см⁻¹ предварительно сняв спектр контроля, в качестве которого выступала таблетка KBr без исследуемого образца в составе.

В дальнейшем изучали физико-механические характеристики и полученной аэрогелевой формы на основе растительной целлюлозы и целлюлозы в гранулярном виде.

Одним из важнейших параметров для изготовления изделий, обладающих высокой гигроскопичностью, является пористость. Пористость – это показатель, показывающий объемную долю пор в материале. Пористость связана с плотностью материала, с природой соединения и наличием пустых пространств между ними [4]. Для того чтобы определить пористость полученных объектов, измеряли их массу, объем и плотность. Массу определяли стандартным взвешиванием, объем определяли по стандартной формуле для фигур, имеющих цилиндрическую форму, а плотность также по стандартной формуле

Для определения пористости пользовались следующей формулой.

$$П = (1 - \rho / \rho_v) \times 100\%, \quad (1)$$

где П – пористость, %;

ρ_v – истинная плотность целлюлозы (1,53 г/см³);

ρ – плотность, г/см³ [4].

Для изготовления влагопоглощающих гигиенических средств одним из важнейших физических показателей является влагопоглощение. Влагопоглощение характеризуется максимальным количеством воды, поглощаемым образцом материала при выдерживании его в воде, отнесенным к массе сухого образца. Влагопоглощающую способность определяли у гранулированной целлюлозы, аэрогеля и полиакрилата натрия.

Результаты

Для изучения возможности использования целлюлозы свекловичного жома (ЦСЖ) в производстве влагопоглощающих гигиенических изделий проводили выделение целлюлозы из свекловичного жома методом кислотно-щелочной экстракции, и определяли ее чистоту при помощи инфракрасной спектроскопии.

На рис. 1 представлен ИК-спектр растительной целлюлозы с характерными для нее пиками поглощения. Для определения чистоты учитывали, что пектиновые вещества состоят из галактуроновой

кислоты, которая несет в своем составе карбоксильные группы. Карбоксильные группы поглощают при 1740 и 1633 cm^{-1} [3]. Исходя из этого, выделенная целлюлоза обладает высокой степени очистки целлюлозы от пектиновых веществ, потому что имеет низкую интенсивность в данных областях.

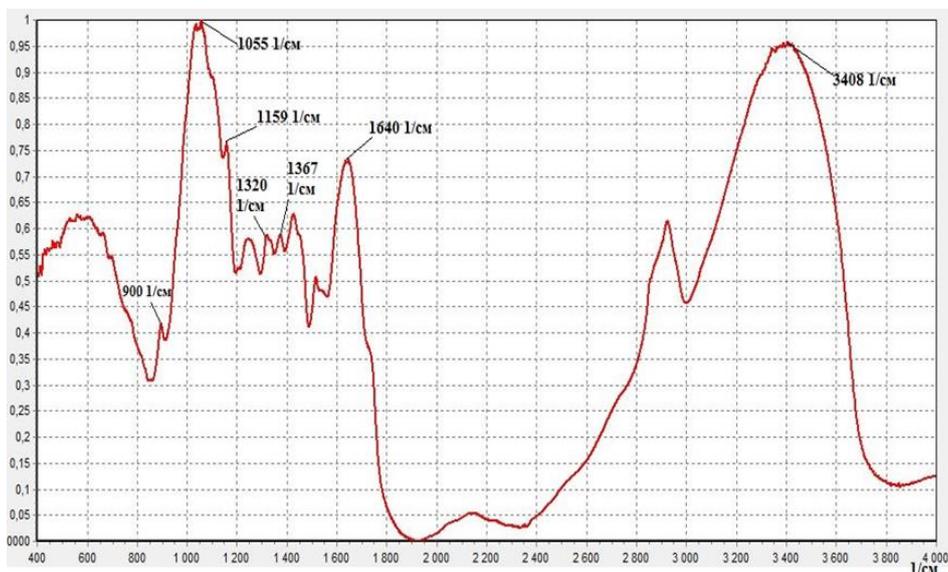


Рис. 1 - ИК спектр растительной целлюлозы

На следующем этапе работы изучали физико-механические характеристики полученных материалов (целлюлозы в гранулярном виде и аэрогеля). Основным показателем, влияющим на влагопоглощение, является пористость. Для сравнения использовали аэрогель на основе растительной целлюлозы и целлюлозы в гранулярном виде. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели плотности и пористости целлюлозы в гранулярном виде и аэрогеля из растительной целлюлозы

	Плотность (ρ), г/см ³	Пористость (Π), %
Целлюлоза в гранулярном виде	0,5138	65,98±0,1
Аэрогель из растительной целлюлозы	0,0554	96,4±0,09

По полученным данным можно сделать вывод, что более высокой пористостью из двух исследуемых материалов обладал аэрогель из растительной целлюлозы – 96,4 %, что подтверждается низким

значением плотности – 0,0554 г/см³. Гранулированная целлюлоза обладала более низким процентом пористости – 65,98%.

Влагопоглощающие материалы обладают способностью впитывать воду при непосредственном контакте с ней и удерживать ее в своих порах. Исходя из этого, была проанализирована влагосвязывающая способность целлюлозы в гранулярном виде, аэрогеля и полиакриата натрия при различном времени экспозиции (1,3,5,7 и 24 ч). Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение влагопоглощающих свойств объектов

Время выдержки, ч	Влагопоглощающая способность исследуемых объектов, %		
	Целлюлоза в гранулярном виде	Аэрогель из ЦСЖ	Полиакриат натрия
1	425	1748	20624
3	447	1808	25521
5	510	1991	27608
7	380	1485	27391
24	373	1332	16982

При анализе полученных данных оказалось, что наилучшим влагопоглощением обладал полиакриат натрия (27608 %). Однако аэрогели из растительной целлюлозы тоже показали отличный результат по сравнению с гранулированной целлюлозой (1991 %). Кроме того, аэрогели из свекловичного жома, служат дешевым, экологичным, легким и, что самое главное, не токсичным материалом для использования их в гигиенических изделиях.

Выводы

Таким образом, на сегодняшний день большой интерес вызывает возможность получения аэрогелей на основе целлюлозы, выделенной из свекловичного жома, которые можно использовать для получения безопасных гигиенических изделий за счет потенциально высоких влагопоглощающих свойств.

Исходя из полученных экспериментальных данных, высокое поглощение воды аэрогелями из ЦСЖ очевидно связано с их высокой пористостью, развитой системой субмикроскопических капилляров, которые образуют многочисленные переплетения, формирующие пористую губку. Это дает выраженную конкуренцию аэрогелей из жомной целлюлозы по влагопоглощающей способности по отношению к другим природным сорбентам.

Список использованных источников

1. Антипов С.Т. Внедрение принципов устойчивого развития производства биоразлагаемой упаковки из вторичных материальных ресурсов пищевых производств: учебное пособие / С. Т. Антипов, С. В. Шахов, М. О. Жигулина. – Воронеж: Лань, 2014. – 57 с. – URL: <https://reader.lanbook.com/journalArticle/162119#1>. – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный (дата обращения: 10.11.2024).
2. Патент № 2580884 Российская Федерация, МПК C08B 37/00. Способ получения пектина и целлюлозы свекловичного жома: № 2014154069/13: заявл. 29.12.2014: опубл. 10.04.2016 / Ревин В. В. ; заявитель МГУ им. Н. П. Огарёва. – 6 с. – Текст: электронный. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2580884C1_20160410 (дата обращения: 10.11.2024).
3. Кузнецова Т. А. Исследование сорбционных свойств целлюлозы свекловичного жома по отношению к ионам никеля / Т. А. Кузнецова, Н. А. Пестов, В. В. Ревин. – DOI 10.14258/jcprn.2020026573. – Текст : электронный // Химия растительного сырья. – 2020. – № 2. – С.307-314. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sorbtsionnyh-svoystv-tsellyulozy-> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Макарова И.А. Строительные материалы: Методические указания к лабораторным работам: учеб. пособие / И. А. Макарова, А. В. Косых. – Братск: БрГТУ, 2003. – 80 с. – URL:<https://studfile.net/preview/7118092/>. – Текст: электронный (дата обращения: 13.11.2024).
5. Mańoś-Chełstowska P. Environmental problems and health risks with disposable baby diapers: Monitoring of toxic compounds by application of analytical techniques and need of education / P. Mańoś-Chełstowska, A. Kurowska-Susdorf, J. Płotka-Wasyłka. – DOI 10.1016/j.trac.2021.116408. – Текст: электронный // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2021. – Vol. 143 – P. 116408. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993621002314> (дата обращения: 13.11.2024).

**А.С. Калиниченко¹, В.Л. Басинюк², Е.И. Мардосевич²,
И.В. Карпова¹**

¹Белорусский государственный технологический университет

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

***Аннотация.** Алюминиевые сплавы широко используются в различных областях техники. Однако, усталостные свойства алюминиевых сплавов недостаточны, и их повышение является очень важной научной и практической задачей. Статья посвящена исследованию влияния композиционных покрытий Al_2O_3 на испытания алюминиевых образцов на усталость при изгибе.*

A. Kalinichenko¹, V. Basinyuk², E. Mardosevich², I. Karpova¹

¹Belarusian State Technological University

²Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus
Minsk, Belarus

***Abstract.** Aluminum alloys are widely used in various fields of engineering. However, the fatigue properties of aluminum alloys are insufficient, and their improvement is a very important scientific and practical task. The article is devoted to the study of the effect of Al_2O_3 composite coatings on the testing of aluminum samples for bending fatigue.*

Современные алюминиевые сплавы широко используются в различных областях техники. Например, объем их использования по массе составляет около 70% от общей массы конструкционных материалов в авиастроительной области применения [1,2]. Это обусловлено сочетанием малого веса и достаточно высокой усталостной прочности и жесткости. Однако нагрузка на важнейшие компоненты этой техники и требования к снижению веса возрастают. Поэтому исследования и разработки в области повышения прочности деталей из алюминиевых сплавов продолжают интенсивно проводиться. В основном, эти усовершенствования охватывают следующие области:

- составы алюминиевых сплавов и способы их получения [3];
- конструкции и технологии изготовления алюминиевых деталей [4];
- упрочнение алюминиевых сплавов как на этапе изготовления деталей, так и на завершающих этапах обработки [5].

К определенным особенностям деталей из алюминиевых сплавов для авиационной и космической техники относятся относительно небольшие сечения деталей. В то же время распределение напряжений в деталях при циклическом изгибающем нагружении происходит только по поверхностным участкам. Таким образом, для улучшения эксплуатационных характеристик деталей можно использовать поверхностное упрочнение алюминиевого сплава путем создания композитных покрытий на этих поверхностях.

К одному из наиболее эффективных методов поверхностного упрочнения алюминиевых деталей можно отнести преобразование их поверхностного слоя путем анодно-катодной микродуговой обработки. Этот метод позволяет создать износостойкий антикоррозийный поверхностный слой из Al_2O_3 толщиной от 70 мкм до 300 мкм. Однако этот слой характеризуется наличием пор и трещин, которые при циклических нагрузках оказываются концентраторами напряжений. В результате снижается усталостная прочность поверхности, что способствует проникновению агрессивной среды в материал основы, который через определенное время разрушается изнутри, а покрытие отслаивается.

Целью исследования является повышение усталостной прочности деталей аэрокосмической промышленности, изготовленных из алюминиевых сплавов, путем формирования композиционных покрытий.

Образцы были изготовлены из листа алюминиевого сплава (тип 2024) толщиной 2,8 мм. После этого поверхностный слой был преобразован в Al_2O_3 на глубину 70...110 мкм путем анодно-катодной микродуговой обработки. Особенностью процесса обработки было наличие пор и трещин в покрытиях. Чтобы преодолеть эту проблему, было решено плакировать покрытие материалом с высокими прочностными свойствами, который, кроме того, заполняет поверхностные поры и трещины этого покрытия. Также должна быть применена надлежащая технология плакировки. Толщина плакированного слоя была в пределах 10 мкм...15 мкм.

Были проведены сравнительные испытания на усталостный изгиб с использованием поставляемых образцов, образцов с покрытием Al_2O_3 и образцов с покрытием Al_2O_3 , покрытых материалом, обладающим высокими прочностными свойствами.

Анализ особенностей покрытия Al_2O_3 , сформированного при анодно-катодной микродуговой обработке на образцах алюминиевого сплава толщиной 2,8 мм, показал следующее (рис. 1):

- твердость поверхности покрытия Al_2O_3 толщиной 90...110 мкм после удаления дефектного слоя (рис. 1а) составляла 11...13 ГПа, а на границе с основным материалом она увеличилась до 17...19 ГПа (рис. 1б);
- покрытия Al_2O_3 , образованные при анодно-катодной микродуговой обработке, даже после удаления поверхностного дефектного слоя характеризуются наличием выступов и впадин разного размера. Кроме того, почти по всему поперечному сечению наблюдаются поры и трещины, которые в некоторых случаях распространяются почти на всю глубину покрытия. Кроме того, количество пор уменьшается по направлению к границе с основным материалом.

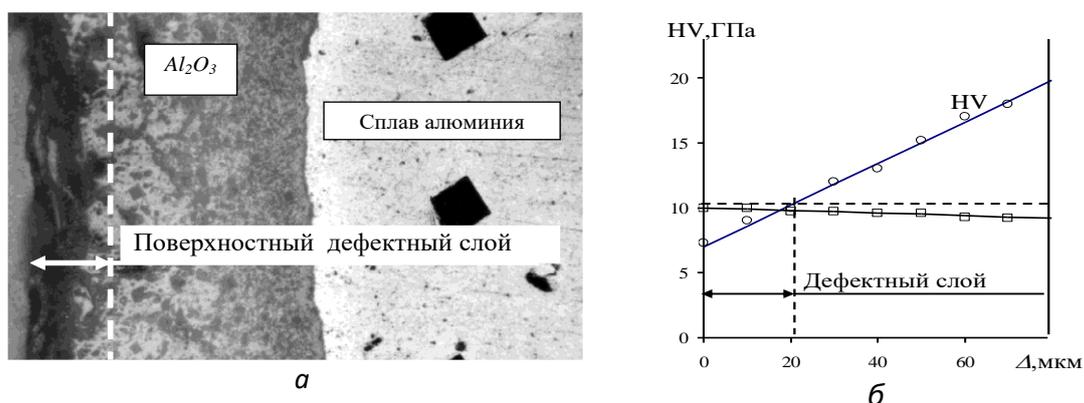


Рис. 1 – Типовая структура МДО-покрытия, сформированного катодно-анодной микродуговой обработкой (а), изменение твердости по глубине МДО-покрытия (б)

Принимая во внимание вышеупомянутые особенности покрытий Al_2O_3 , формируемых при анодно-катодной микродуговой обработке образцов из алюминиевого сплава, необходимо было разработать способ создания плакированного слоя, который устранял бы дефекты покрытия. В качестве основного метода было принято высокопрочное покрытие "Cr-CrC", нанесенное в защитной среде на поверхность образцов из паровой фазы. Это позволило заполнить поры и трещины в покрытии, обеспечив высокие адгезионные свойства.

Толщина слоя "Cr-CrC", покрывающего поверхность покрытия Al_2O_3 , составляла 10...15 мкм. Последующий анализ структуры поверхностного слоя подтвердил заполнение поверхностных пор "Cr-CrC" и проникновение "Cr-CrC" на всю глубину трещин в покрытии Al_2O_3 (рис. 2).

Сравнительные усталостные испытания образцов на изгиб проводились при изгибных напряжениях 30...300 МПа. В результате обработки полученных результатов были определены параметры уравнений регрессионных зависимостей LgN от $Lg\sigma$, соответствующие

наклонным участкам кривых усталости при 50% вероятности не разрушения.

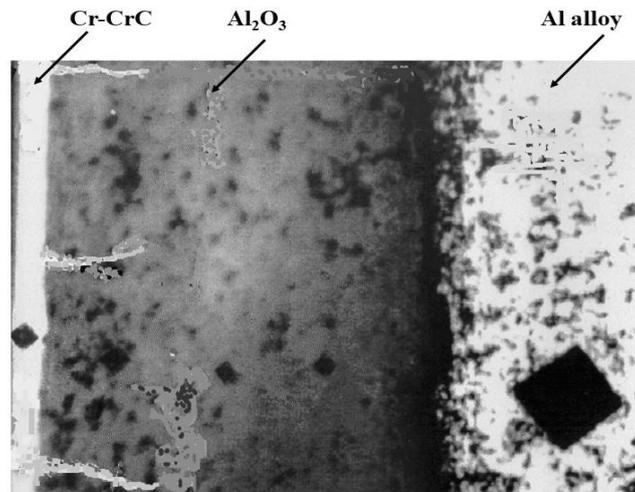


Рис. 2 – Микроструктура покрытия Al_2O_3 , плакированного «Cr-CrC»

Анализ полученных данных по усталости показал следующее. При уровнях нагружения, соответствующих $\sigma_1 = 95$ МПа и $\sigma_2 = 125$ МПа, были определены средние значения числа циклов N_1 и N_2 времени наработки с 50%-ной вероятностью неразрушения образцов, которые оказались равными, соответственно:

- при отсутствии покрытий $N_{1A} = 8,1 \cdot 10^5$ циклов, $N_{2A} = 2,7 \cdot 10^5$ циклов;
- для образцов с покрытиями из Al_2O_3 , $N_{1O} = 4,9 \cdot 10^5$ циклов, $N_{2O} = 2,7 \cdot 10^5$ циклов;
- для образцов с покрытиями Al_2O_3 , плакированных "Cr-CrC", $N_{1X} = 2,5 \cdot 10^6$ циклов, $N_{2X} = 6,8 \cdot 10^5$ циклов.

Установлено, что эффект от сформированных композиционных покрытий наиболее значителен при изгибных напряжениях, близких к пределу прочности при изгибе и ниже него, т.е. ≈ 95 МПа. При высоких значениях растягивающие и сжимающие напряжения приближаются к зоне малоциклового усталостной прочности, где этот эффект незначителен.

Результаты исследований позволили установить:

- формирование анодно-катодной микродуговой обработки покрытий Al_2O_3 привело к снижению предельного предела прочности при изгибе материала основы в 1,75-1,8 раза, что обусловлено наличием пор и трещин в наиболее напряженном поверхностном слое;
- нанесение плакирующего слоя "Cr-CrC" на поверхность Al_2O_3 позволило увеличить предельный предел прочности при циклическом

нагрузении образцов из алюминиевого сплава без покрытия в 1,3-1,4 раза. По сравнению с покрытиями из Al_2O_3 , предел прочности при изгибе увеличивается в 2,4-2,5 раза, что обусловлено двумя факторами: а) состав "Cr-CrC" заполнил поверхностные поры и трещины в покрытии Al_2O_3 , устраняя связанные с ними концентраторы напряжений;

б) из-за различных коэффициентов теплового расширения в покрытии при его охлаждении после поверхностной плакировки "Cr-CrC" возникают остаточные сжимающие напряжения, что позволяет при изгибающих циклических напряжениях значительно увеличить срок службы деталей по сравнению с деталями, изготовленными из алюминиевых сплавов.

При анализе полученных результатов необходимо учитывать, что влияние рассматриваемого композитного покрытия существенно зависит не только от уровня циклических напряжений, но и от толщины сечения детали.

Выводы.

Плакирование покрытия Al_2O_3 составом "Cr-CrC" из паровой фазы обеспечило заполнение пор и трещин. Это позволяет не только надежно изолировать основу из алюминиевого сплава от агрессивной среды, но и значительно увеличить усталостный ресурс детали. В рассматриваемом случае при циклических напряжениях изгиба менее 95 МПа увеличение этого ресурса при толщине образца 2,8 мм составило 1,75-1,8 раза.

Список использованных источников

1. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые сплавы в летательных аппаратах в период 1970-2000 и 2001-2015 гг./ И.Н. Фридляндер // Технологии легких сплавов. - 2002. 0№ 4, С. 12-17.

2. Казаков, М.С. Улучшение структуры и свойств алюминиевых сплавов для изделий перспективной ракетно-космической техники совершенствованием режимов технологических воздействий/М.С. Казаков, диссертация кандидата наук, 2023, 209 С.

3. Применение алюминия в космосе (Материалы и технологии Алюминиевая Ассоциация 11 мая 2021) Источник контента: <https://naukatehnika.com/primenenie-alyuminiya-v-kosmose.html?ysclidlv6m7wiq45629047076> naukatehnika.com.

4. Евсеев, П.С. Исследование и разработка технологического процесса многоциклового прокатки листов и композиционных материалов на основе алюминия и меди с комплексом повышенных

конструкционных и функциональных свойств//П.С. Евсеев. – Автреф. по спец. 05.16.05 - «Обработка металлов давлением» диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва 2015–21С.// <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-tekhnologicheskogo-protssesa-mnogotsiklovoi-prokatki-listov-iz-kom/read>

5. Александров, В.Д. Поверхностное упрочнение алюминиевых сплавов// В.Д. Алесандров– Дис.на соиск. учен. степ. докт. техн. наук по спец. 05.02.01 – материаловедение (машиностроение), М. – 2002, 404С // <https://www.dissercat.com/content/poverkhnostnoe-uprochnenie-alyuminievuykh-lavov>.

УДК 622.279.63:550.8.023

К.Э. Кан
АО «O'ZLITINEFTGAZ»
Ташкент, Узбекистан

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТОВ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Аннотация. С целью восстановления проницаемости применяют методы интенсификации. Одним из таких методов является кислотная обработка. Согласно опыту промысловых работ по интенсификации притока нефти и газа в скважине путем обработки призабойной зоны пласта кислотосодержащими рабочими жидкостями.

К.Е. Kan
JSC "O'ZLITINEFTGAZ"
Tashkent, Uzbekistan

RESEARCH METHODOLOGY FOR INCREASING THE FILTRATION AND CAPACITANCE PROPERTIES OF LAYERS BY ACID TREATMENT

Abstract. In order to restore permeability, intensification methods are used. One of these methods is acid treatment. According to the experience of field operations to intensify the inflow of oil and gas into the well by treating the bottom-hole zone of the formation with acid-containing working fluids.

Эксплуатация добывающих скважин приводит к постепенному ухудшению фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) и призабойной

зоны пласта (ПЗП). Засорение ПЗП вызвано в основном кольматацией поровых каналов частицами горной породы при движении жидкости к забою [1,2]. Во время бурения в ПЗП проникает фильтрат бурового раствора, также уменьшающий продуктивность дебитов. С целью восстановления проницаемости применяют методы интенсификации. Одним из таких методов является кислотная обработка. Согласно опыту промысловых работ по интенсификации притока нефти и газа в скважине путем обработки ПЗП кислотосодержащими рабочими жидкостями успешность операций в целом не превышает 50% [3,4].

Причиной недостаточной эффективности кислотного воздействия на ПЗП часто является не учет особенностей литолого-петрофизических свойств обрабатываемых коллекторов.

Однако накопленный промысловый опыт свидетельствует о недостаточной степени проработанности данного вопроса. Зачастую выбор необходимого кислотного состава проводится без достаточного научно-методологического обоснования. В частности, не принимается во внимание минералогический состав пород конкретного интервала воздействия.

Цель и задачи исследования. является разработка методики экспериментального определения степени повышения проницаемости образцов керна, подлежащего обработке кислотными реагентами представленного состава для повышения газоотдачи пластов в условиях низких пластовых давлений.

Для исследования физических свойств горных пород применяются цилиндрические образцы керна диаметром до 30 мм и высотой до 40-50 мм.

Очистка порового пространства образцов горных пород от бурового раствора, нефти, битумов, воды и солей проводятся в аппаратах Сокслета с помощью органических растворителей. В качестве растворителей используются хлороформ.

Эксперименты были проведены на установке ПИК-ОФП компании «Геологика». Установка ПИК-ОФП является управляемой системой, сконструированной для проведения измерений проницаемости по жидкости при поровых давлениях до 40 МПа и давлением обжима до 70 МПа. Стандартная система включает в себя насосы для прокачки флюидов с расходом от 0,0001 до 50 мл/мин с точностью поддержания давления 0,5%. Для исследования проницаемости горной породы использовались образцы керна цилиндрической формы диаметром около 30 мм и длиной до 50 мм. Штангенциркулем измеряют диаметр и длину образца в пяти сечениях с точностью до 0,2 мм. и определяют среднеарифметические величины.

Цилиндрические образцы керна помещаются в установленный горизонтально кернадержатель

Методика и порядок проведения экспериментальных исследований по определению оптимальных кислотных составов

1. Подготовка образцов к опыту. Для этого из керна изготавливают цилиндрические образцы диаметром 30 мм и высотой 30-45 мм со строго параллельными основаниями.

2. Образцы предварительно очищают от углеводов и органических остатков в аппарате Сокслета, отмывают от солей и высушивают в печи при температуре в 105°C.

3. Определение оптимальных параметров кислотного состава по следующим параметрам, полученным в ходе лабораторных исследований: плотность, растворимость и скорость растворения породы.

4. Определение параметров до кислотной обработки: плотность, открытую пористость, абсолютную проницаемость образца по газу (азот) в атмосферных условиях и проницаемость образца по воде в пластовых условиях.

5. Насыщение образцов моделью пластовой воды и установление в кернадержатель и помещают в камеру установки высокого давления и температуры (УФС-3).

6. Наполняют разделительный цилиндр кислотным раствором и нагнетают в образец этот раствор и выдерживают под давлением 1 МПа и температуры 60°C в течение 2-4 часов.

7. Определяют проницаемость этого образца по воде после кислотной обработке.

8. Извлекают образец из кернадержателя экстрагируют и высушивают при температуре 105 °С.

9. Определяют: открытую пористость и абсолютной проницаемость образца по газу в атмосферных условиях после кислотной обработке.

Результаты и обсуждение. Для исследованные по влиянию кислотного воздействия на фильтрационно-емкостные свойства для примера выбраны 8 образцов карбонатных пород из XVI горизонта месторождения Восточный Ташлы из интервала 1531-1535 м. Определены их фильтрационно-емкостные свойства, результаты которых и кратко описаны ниже.

Месторождение Восточный Ташлы XVI горизонта интервала 1531-1535 м представлено 8 образцами. Коэффициент открытой пористости изменяется от 5,24% до 11,53%, а проницаемость по газу (азот) от $0,43 \cdot 10^{-3}$ мкм² до $9,48 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Уточнение минерального состава исследуемых пород позволяет подбирать оптимальную рецептуру кислотного состава.

Интерпретация результатов проводилась в программном обеспечении «SearchMatch». Данные регистрации дифрагированных лучей, дающих дифрактограмму порошкового образца хранятся в формате *.ORG и *.RAW с помощью собственного программного обеспечения установки XRD (X-Ray Diffractometer). Интерпретация данных дифрактограмм проводится на специализированном программном обеспечении SearchMatch с сопоставлением пиков с базой данных образцов PDF ICDD (Powder Diffraction Files, International Center for Diffraction Data). В данной работе использованы результаты полученные исследования керна скважины 137 месторождения Восточного Ташлы.

При проведении тестовых испытаний были проверены 2 составов кислот отличающиеся содержанием.

Стоит отметить то, что расчет рецептур проводился поэтапно – эффективность каждой компоненты проверялась на отдельной пластинке горной породы. Для того чтобы минимизировать влияния неоднородности пород на результат, все пластины были высверлены из интервала 1531,3-1531,4 м.

Одной из наиболее важных характеристик кислотных составов для обработки призабойных зон пласта является скорость реакции кислотного раствора с породой.

Для приведения масс образцов, прореагировавших с кислотными составами, к единому показателю применяется сравнение площади поверхности контакта до реакции с единой площадью поверхности контакта (образец с параметрами $d=30$ мм, $l=10$ мм), т.е. происходит пересчет масс. Были рассчитаны растворимости образцов по данным лабораторного анализа в каждый промежуток времени и построены зависимости растворимости отдельных образцов от времени реакции при температуре 60°C в течение 4 часов. Опыты проводились с использованием водяной бани.

Количество растворенной породы рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{КВ}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1},$$

где m_1 – масса насыщенного пробы до опыта, г; m_2 – масса насыщенного пробы после опыта, г.

Относительная скорость растворения рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ОТН}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot \frac{1}{t} \cdot 1000 = \frac{P_{\text{КВ}}}{t} \cdot 1000,$$

где V – скорость растворения пробы, $10^{-3} \cdot 1/\text{мин}$; $P_{\text{кв}}$ – количество растворенной породы, д.е.; t – время испытания, мин.

Увеличение содержания соляной кислоты увеличивает скорость реакции на протяжении всего периода наблюдения. Стоит отметить незначительную скорость реакции после 2-х часового наблюдения.

Внешний вид пластинок после температурного воздействия кислотного состава подтверждает факт растворения карбонатной составляющей цемента. Наблюдается значительное увеличение пор и появление каверн. При этом включения доломита и прочих нерастворимых минералов образуют основу минерального скелета.

Разработана методика экспериментального определения степени повышения проницаемости образцов керна, подлежащего обработке кислотными реагентами представленного состава

Кислотная обработка один из самых эффективных и широко применяющихся методов воздействия на призабойную зону пласта, также применяющийся для интенсификации добычи нефти и газа.

Влияние технологических жидкостей на проницаемость пласта в призабойной зоне скважины, а значит, и продуктивность при разработке месторождений газа. При составлении программ освоения скважин, планируется проведение мероприятий по восстановлению начальных характеристик продуктивного пласта, одним из которых является кислотная обработка.

Список использованных источников

1. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород: Учеб. пособие для вузов. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007 г. - 592 с.

2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников ДА. Петрофизика: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1991 г.

3. Иванов С.И. Интенсификация притока нефти и газа к скважинам: Учеб. пособие. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006 г. - 565 с.

4. Сидоровский В.А. Вскрытие пластов и повышение продуктивности скважин М. «Недра» 1978 г. - 256 с.

УДК 546.05

О.В. Капустина, Я.Г. Зернов, С.М. Писарев, О.О. Шичалин

Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Россия

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ

Аннотация. В работе описан метод получения нового дисперсного биокompозита на основе силиката кальция и гидроксиапатита кальция. Благодаря методу совместного осаждения полученный образец полностью гомогенен, распределение фаз по поверхности и объему материала равномерно, что позволяет добиться улучшенных свойств при эксплуатации в реальных условиях.

O.V. Kapustina, Ya.G. Zernov, S.M. Pisarev, O.O. Shichalin

Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russia

A METHOD FOR SINTERING A DISPERSED BIOCOMPOSITE FOR BONE TISSUE REGENERATION

Abstract. The paper describes a method for obtaining a new dispersed biocomposite based on calcium silicate and calcium hydroxyapatite. Thanks to the method of joint deposition, the resulting sample is completely homogeneous, the phase distribution over the surface and volume of the material is uniform, which allows for improved properties during operation in real conditions.

Восполнение костных дефектов, полученных вследствие механических травм, операций и бактериальных инфекций, требует полного или частичного заполнения для сохранения уровня жизни пациента, поэтому разработка биосовместимых остеогенных материалов является актуальной задачей [1].

В основном для костной пластики используются соединения кальция: гидроксиапатит, сульфат, силикат кальция, трикальцийфосфат [2].

Несмотря на хорошую биологическую активность гидроксиапатита, синтетический ГАП имеет сниженные механические характеристики (очень хрупок) по сравнению с натуральной костью; практика показывает, что использование гидроксиапатита без добавок для изготовления имплантатов неэффективно из-за его низкой прочности. Один из подходов к решению этой проблемы заключается в синтезе композитного материала, сохраняющего структуру и свойства ГАП, но повышающего твердость. Наиболее

распространенной добавкой к гидроксиапатиту является волластонит [3].

Соотношение волластонита и гидроксиапатита в композите оказывает влияние на физико-химические свойства получаемого материала: увеличение содержания волластонита приводит к уменьшению линейной усадки, увеличению пористости, прочности на изгиб скорости растворения и биоактивности [4].

Цель работы: синтезировать и исследовать физико-химические свойства композитной биокерамики с различным соотношением целевых фаз.

Задачи работы:

- провести литературный обзор по теме исследования;
- получить линейку образцов с различным соотношением гидроксиапатита и силиката кальция;
- исследовать и проанализировать основные физико-химические характеристики полученных образцов.

В данной работе была синтезирована линейка образцов с соотношением ГАП:CaSiO₃ от 0:100 (образец 1) до 100:0 (образец 11) методом совместного осаждения с последующей гидротермальной обработкой при 180 °С в течении 6 часов и отжигом на воздухе в муфельной печи при 800 °С.

Данные рентгенофазового анализа (рис. 1) подтвердили получение целевых фаз волластонита и гидроксиапатита в образцах 11 (CaSiO₃–ГАП 0–100, ICSD 87669) и 1 (CaSiO₃–ГАП 100–0, ICSD 20589).

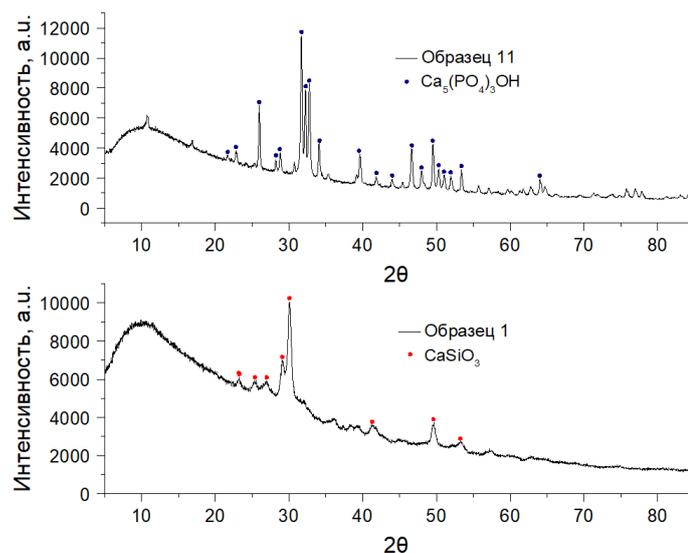


Рис. 1 – Спектры РФА для образцов 11 (ГАП) и 1 (силикат кальция)

Спектры для остальных композитов идентичны спектру РФА для образца 11. Мы предполагаем, что за счет высокой кристалличности волластонита, высокой интенсивности пиков поглощения ГАП и накладывания этих пиков на пики поглощения волластонита, графики РФА не могут быть использованы для доказательства наличия двух целевых фаз в образцах 2-10.

Предполагаемые соотношения волластонита и ГАП были рассчитаны согласно элементному составу образцов, полученному методом ЭДС при условии, что соотношение компонентов соответствует соотношению элементов в фазах, полученных методом РФА, а именно: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и CaSiO_3 . Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение компонентов в полученных композитах

№	$w_{\text{теор.}}, \%$		$W(\text{ЭДС}), \%$		$w_{\text{практ.}}, \%$		$n_{\text{практ.}}, \text{МОЛЬ}$	
	CaSiO_3	ГАП	P	Si	CaSiO_3	ГАП	CaSiO_3	ГАП
11	0	100	9,29	0,00	0,00	0,10	0	100
10	10	90	3,10	13,29	0,47	0,03	93	7
9	20	80	11,79	0,76	0,03	0,13	18	82
8	30	70	11,69	2,70	0,10	0,13	43	57
7	40	60	10,96	2,16	0,08	0,12	39	61
6	50	50	10,70	3,48	0,12	0,12	52	48
5	60	40	9,65	5,10	0,18	0,10	63	37
4	70	30	8,56	6,85	0,24	0,09	73	27
3	80	20	3,23	13,00	0,46	0,03	93	7
2	90	10	13,65	0,30	0,01	0,15	7	93
1	100	0	0,00	15,55	0,55	0,00	100	0

Таким образом, теоретически рассчитанное количество компонентов композита расходится с практически получаемым, что может быть объяснено сложностью совместного осаждения солей из раствора при мокром синтезе. При гидротермальной обработке часто происходит перекристаллизация и растворение солей с последующим образованием осадка. Разность скоростей образования волластонита и ГАП привела к данным расхождениям. Образцы 3 и 10 практически идентичны.

Элементный анализ методом ЭДС представлен на рисунке 2. Равномерное распределение элементов по поверхности материала и отсутствие флуктуаций плотности для отдельного элемента свидетельствует о получении полностью гомологичных композиционных материалов с равномерным распределением компонентов по поверхности и, предположительно, по объему

материала, позволяет гарантировать однородность свойств биоматериалов. Данная характеристика важна для синтезируемых образцов, так как изотропия свойств позволяет предсказывать поведение материала при его непосредственном применении.

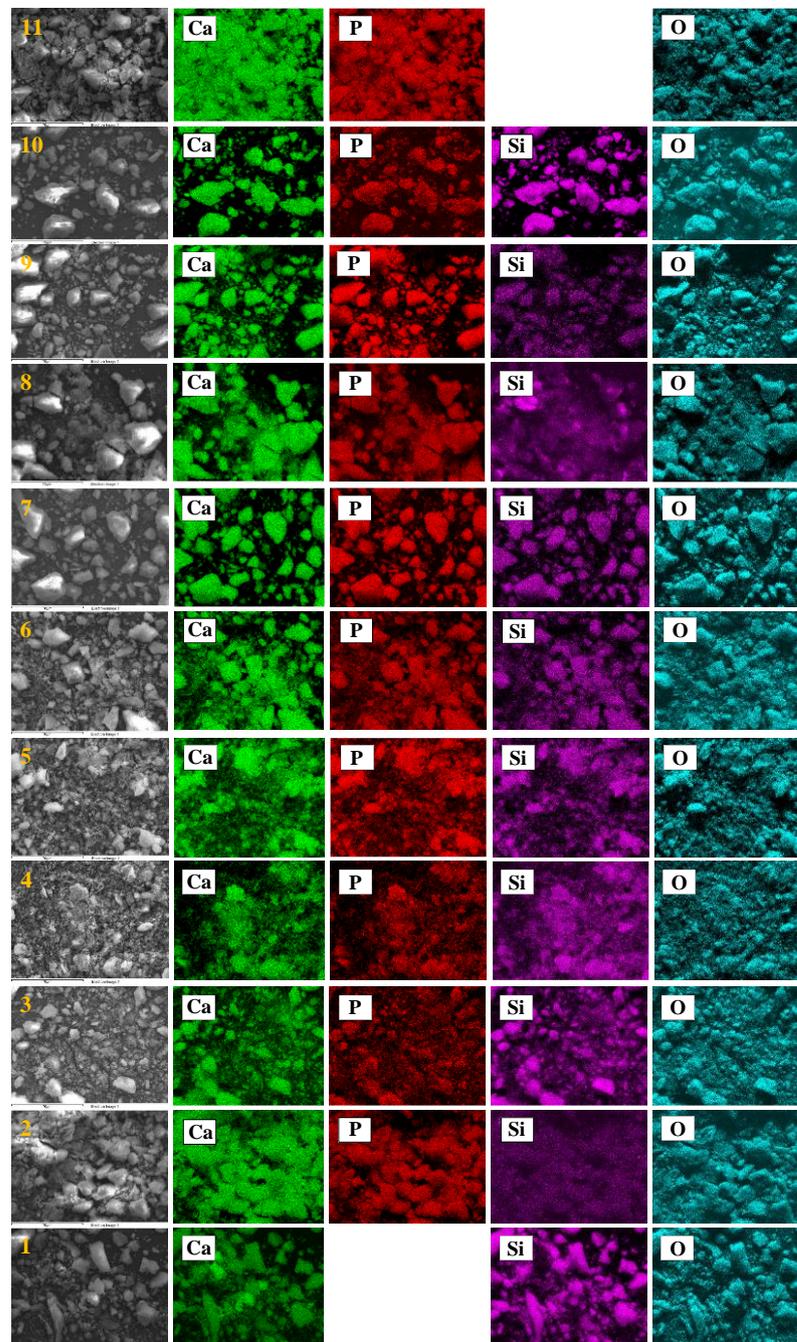


Рис. 2 – ЭДС исследуемых образцов

Таким образом, в работе получена линейка биокompозитов с различным соотношением фаз и их равномерным распределением по поверхности и, вероятно, в объеме

Список использованных источников

1. Smart Cargo Delivery System based on Mesoporous Nanoparticles for Bone Disease Diagnosis and Treatment / P. Pan, Q. Yue, J. Li [et al.] – DOI 10.1002/adv.202004586 // Advanced Science. – 2021. – Vol. 8, № 12. – P. 1-26.
2. The mechanical properties and osteoconductivity of hydroxyapatite bone scaffolds with multi-scale porosity / J. R. Woodard, A. J. Hildore, S. K. Lan [et al. – DOI 10.1016/j.biomaterials.2006.08.021 // Biomaterials. – 2007. – Vol. 28, № 1. – P. 45-54.
3. Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite/Wollastonite Composite Powders by SolGel Processing / M. A. Encinas-Romero, S. Aguayo-Salinas, S. J. Castillo [et al.]. – DOI 10.1111/j.1744-7402.2008.02212.x // Int J Appl Ceram Technol. – 2008. – Vol. 5, № 4. – P. 401-411.
4. Fabrication and Characterization of Hydroxyapatite/Wollastonite Composite Bioceramics with Controllable Properties for Hard Tissue Repair / K. Lin, M. Zhang, W. Zhai [et al.]. – DOI 10.1111/j.1551-2916.2010.04046.x // Journal of the American Ceramic Society. – 2011. – Vol. 94, № 1. – P. 99-105.

УДК 678.046.3

**О.М. Касперович, А.В. Искрицкая, А.В. Касперович,
А.Ф. Петрушеня, Е.А. Марковская**

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОИСТЫМИ СИЛИКАТАМИ

Аннотация. В данном исследовании предложена методика модификации бентонитовой глины с целью придания ей органофильности и разработана технология ее введения в неполярную полимерную матрицу, исследованы деформационно-прочностные свойства полученных композиционных материалов.

**O. M. Kasperovich, A.V. Iskritskaya, A.V. Kasperovich,
A.F. Petrushenya, E.A. Marcovskaya**
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

RESEARCH ON THE PROPERTIES OF POLYETHYLENE COMPOSITIONS MODIFIED WITH LAYERED SILICATES

Abstract. In this study, a method for modifying bentonite clay to impart organophilicity is proposed, and a technology for its incorporation into a non-polar polymer matrix is developed. The deformation and strength properties of the resulting composite materials are investigated.

В последние десятилетия наблюдается значительный интерес к разработке и исследованию полимерных композитов, которые обладают улучшенными физико-механическими свойствами. Одним из перспективных направлений является модификация полимеров с помощью слоистых силикатов, например, бентонитовой глины. Данные материалы способны значительно повысить прочность, термостойкость и устойчивость к воздействию химических веществ полимерных материалов.

Полиэтилен является одним из самых распространённых термопластов, используемых в различных отраслях промышленности. Вопросам его модификации посвящено большое количество работ [1, 2]. Слоистые силикатные материалы, благодаря своей уникальной структуре и свойствам, возможно, также могут служить эффективными модификаторами, способствующими улучшению механических и термических характеристик полиэтилена.

Однако, существуют определенные трудности в смачиваемости гидрофильных глин гидрофобным полимером, интеркаляции полимера в межслойное пространство глины и распределении глины в высоковязкой полимерной матрице, поэтому для улучшения совместимости необходима модификация глины с целью придания ей гидрофобности. В качестве модификаторов в данном случае применяются различные химические вещества органического происхождения, в том числе и аммониевые соединения [3].

Целью данной работы являлось получение полиэтиленовых композиций, модифицированных бентонитовой глиной, и оценка их совместимости.

Методика получения композиций включала несколько этапов. На первом этапе осуществлялась модификация обогащенной и измельченной бентонитовой глины. В качестве модификатора в данном

исследовании применялось четвертичное аммониевое соединение – хлорид кокотриметиламмония марки Arquad 35. Состав углеродного скелета имел следующий вид: 6% – C₁₀, 50% – C₁₂, 19% – C₁₄. Модификация должна была увеличить расстояние между слоями бентонита, придать глине органофильность и облегчить условия распределения бентонита в полимерной матрице.

Следующим этапом являлось приготовление суперконцентрата на основе модифицированного бентонита (БГ_м) и малеинизированного полиэтилена в соотношении 30 масс.% модифицированной бентонитовой глины к 70 масс.% малеинизированного полиэтилена.

Полученные суперконцентраты вводились в полимерную матрицу – линейный полиэтилен низкой плотности марки Vorstar FB4230 – в заданном процентном соотношении при помощи двухшнекового экструдера. Полученные в ходе экструдирования гранулы использовались для изготовления на термопластавтомате стандартных образцов для испытаний.

Для оценки эффективности предложенной технологии была проведена оценка совместимости глин с полимерной матрицей путем исследования деформационно-прочностных свойств разработанных композиций. Повышение свойств при введении дисперсных наполнителей в полимер свидетельствовало бы о совместимости компонентов.

Определение деформационно-прочностных характеристик проводилось согласно ГОСТ 11262–2017 при скорости растяжения 100 мм/мин на разрывной машине Alpha Technologies [4].

Поскольку введение дисперсных наполнителей оказывает существенное влияние на вязкостные характеристики композиций, был определен показатель текучести расплава (ПТР) на экструзионном пластометре XNR-400 согласно ГОСТ 11645–2021 при температуре 190°C с использованием груза массой 2,16 кг [5], с целью оценки способности к переработке разработанных композиций.

Результаты определения деформационно-прочностных свойств полученных композиций представлены в таблице 1.

Введение немодифицированной глины в полимерную матрицу оказалось неэффективным и связанным с технологическими трудностями.

Модификация бентонитовой глины по предлагаемой технологии позволяет незначительно повысить прочностные свойства композиций при значительном снижении деформационных свойств, однако при этом значительно повышается термостойкость полимерного композиционного материала.

Таблица 1 – Деформационно-прочностные композиций

Композиция	Прочность при разрыве, МПа	Деформация при разрыве, %	Модуль упругости при растяжении, МПа
Исходный полимер			
Полиэтилен (ПЭ)	13,02	519,50	156,50
Композиции с модифицированной глиной и полиэтиленом			
БГ _М 0,25 масс. %	13,91	500,37	163,3
БГ _М 0,5 масс. %	14,01	479,47	176,7
БГ _М 1,0 масс. %	14,11	467,37	200,1
БГ _М 1,5 масс. %	14,19	437,47	228,7

Как видно из представленных данных с увеличением содержания наполнителя прочность при разрыве и модуль упругости увеличиваются, в то время как деформация при разрыве незначительно уменьшается с увеличением количества глины. При этом увеличение модуля упругости составило 46 % в сравнении с исходным полимером.

ПТР показал незначительное уменьшение с увеличением содержания глины, что позволит перерабатывать разработанные композиции методом экструзии.

Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии, совмещенной с методом термогравиметрии позволяет определять энергетические эффекты, наблюдаемые при различных экзотермических (кристаллизация, окисление) и эндотермических (плавление, деструкция) процессах, а также для оценки изменения массы полимера в зависимости от температуры в результате протекания химических процессов.

Одной из важнейших характеристик, являющейся критерием термостабильности полимера и оценки скорости протекания процесса деструкции, является температура 50 %-ной потери массы образцом.

Для чистого ПЭ температура максимума пика плавления составила 127,0°C. Начало плавления наблюдалось при 112,02°C, окончание плавления – 134,61°C, таким образом плавление кристаллической фазы наблюдалось в интервале температур 22,59°C. Это обусловлено тем, что кристаллиты полимеров неодинаковы по размерам, обладают различной степенью дефектностью и плавятся с различной скоростью. Температура начала окисления чистого полиэтилена составила 240°C, температура начала деструкции около 340°C. Температура 50 %-ной потери массы составила 375°C. Температура, при которой происходит полное разложение вещества – конечная температура разложения – составила 442°C.

Температура максимума пика плавления для композиции, содержащей $BГ_M$ 0,25 масс. %, составила $127,42^{\circ}\text{C}$, что соответствует максимальной температуре плавления для чистого полиэтилена. Начало плавления наблюдается при $109,98^{\circ}\text{C}$, окончание плавления при $135,38^{\circ}\text{C}$, таким образом, плавление кристаллической фазы наблюдается в интервале температур $25,4^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует об увеличении температурного интервала плавления. Температура начала окисления композиции составляет $239,08^{\circ}\text{C}$, а температура начала деструкции около 382°C . Таким образом, видно, что температура начала окисления не изменяется при введении модифицированной бентонитовой глины с малеинизированным полиэтиленом, однако, температура начала деструкции значительно увеличивается по сравнению с чистым ПЭ на 42°C . Температура, при которой происходит полное разложение вещества – конечная температура разложения – составляет 440°C . Температура 50 %-ной потери массы $T_{50\%}=410^{\circ}\text{C}$, что на 35°C выше, чем у чистого ПЭ. Это свидетельствует о том, что интенсивность окислительных процессов, протекающих в ПЭ, содержащем 0,25 % бентонитовой глины, гораздо ниже.

Установлено, что использование модифицированных глин в количестве 0,25 масс. % в композициях полиэтилена приводит к увеличению термостабильности по сравнению с чистым полиэтиленом, о чем свидетельствует повышение температуры начала деструкции композиций на 42°C , а также повышение температуры 50 %-ной потери массы на 35°C .

Таким образом, на основании полученных данных было выявлено, что введение немодифицированных силикатов приводит к возникновению трудностей с переработкой данного полимерного композиционного материала и падению деформационно-прочностных свойств композиций. Модификация глины способствует уменьшению процессов агломерации, что позволяет достигать более высоких прочностных свойств, модуль упругости возрастает на 46 %.

К тому же введение модифицированной глины в полиолефиновую матрицу приводит к увеличению термостабильности и повышает термостойкость композиций.

Список использованных источников

1. Гусейнова, З.Н., Модифицирование полиэтилена низкой плотности 2,5-дигидрокси-2,5-диметилгексином-3 // Пластические массы. – 2016. – № 1-2. – с. 10-11.

2. Волков, В.П. Механохимическая модификация полиэтилена винилтриалколкисиланами / В.П. Волков [и др.] // Высокомолекулярные соединения. – 2004. – Т. 46, № 5. – с. 815-821.

3. Панасюгин, А.С. Модифицированные глины как сорбенты, катализаторы, носители активных каталитических фаз / А.С. Панасюгин, А.Р. Цыганов, Н.П. Машерова. – Минск: БГТУ, 2022. – 198 с.

4. Пластмассы. Метод испытания на растяжение: ГОСТ 11262. – Введ. 01.10.2018. – М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2018. – 24 с.

5. Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов: ГОСТ 11645–2021. – Введ. 01.09.2022. – М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2022. – 30 с.

УДК 378.1

Е.А. Kozhuhova, Ye.A. Spirina, I.A. Samoylova
Karaganda Buketov University
Karaganda, Kazakhstan

A PROJECT-BASED LEARNING TO TEACHING STUDENTS

Abstract. Currently, there is a need to train specialists with professional and key personal competencies. Project-Based Learning is one of the competence-based approaches that allows you to gain practical experience in project development while studying at the university.

Е.А. Кожухова, Е.А. Спирина, И.А. Самойлова
Карагандинский университет имени Е.А. Букетова
Караганда, Казахстан

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ

Аннотация. В настоящее время возникает потребность подготовки специалистов, обладающих профессиональными и ключевыми личностными компетенциями. Project-Based Learning является одним из компетентностных подходов, который позволяет получить практический опыт разработки проектов еще во время обучения в университете.

Project-based learning (PBL), or the project method, is an approach in which students study in the process of self—planning and developing solutions for a problem or task. Project—based learning is an educational approach that focuses on completing complex real-world projects to improve students' learning skills, engagement, and problem solving [1].

In the modern education system, the project method has become very widespread. The technology of project—based learning is a set of practical, cognitive, analytical and communication techniques that allow you to solve a specific task through independent actions of students with mandatory presentation of results.

Intellectual and moral development of the student's personality is impossible without the formation of critical thinking, creative approach to solving tasks, the ability to work in a team, mastering the methods of productive communication and interaction. The project method refers to problem-based methods and meets the concepts of activity and competence approaches.

Project activity is an actual and effective methodology, which has found wide application in educational and social practice. Back in the early twentieth century in their studies and publications, American teachers J. Dewey, V. Kilpatrick drew their attention to the importance of the implementation of project activities in teaching.

The essence of the concept of “project activity” is related to such scientific categories as “project”, “activity”, “creativity”, which have a diverse nature, both from the point of view of different branches of scientific knowledge and from the point of view of different levels of scientific methodology [2].

A project is a unique process consisting of a set of coordinated and managed activities with start and end dates, undertaken to achieve the goal corresponding to specific requirements, including limitations on time, cost and resources [3]. Teaching project activity involves taking into account both the basic regularities of the pedagogical process and its psychological content. Project activity is a unique activity aimed at achieving a predetermined result, creating a certain unique product or service [2].

Common features that distinguish project activities from other types of activities:

- 1) focus on achieving specific goals with a definite beginning and end;
- 2) limited duration in terms of time, cost and resources;
- 3) unrepeatability and uniqueness (to a certain extent);
- 4) Complexity - the presence of a large number of factors directly or indirectly affecting the progress and results of the project;

5) legal and organizational support - creation of a specific organizational structure for the duration of the project [3].

The purpose of project-based learning is to create conditions in which students are motivated to acquire knowledge from various sources; use the acquired knowledge to solve cognitive and practical problems; acquire communication skills, working in groups of permanent and alternating composition; develop critical thinking. The learning process is designed by the teacher as a specially organized and independently performed by students a set of actions that culminate in the creation of a creative product [4].

In the process of work on the project we can distinguish 6 main stages of design:

- preparatory;
- search and problem formulation;
- defining the goals, subject and object of the project (research);
- planning of the design process;
- realization of the plan;
- reflection and preparation for public defense.

In order to understand the content of all stages of project activity, let us briefly characterize them.

Stage 1: Preparatory. At this stage, the student is given the following tasks:

- selecting a project leader;
- determining the area of design or research;
- determination of the design direction.

Stage 2: Finding and formulating the problem. The primary task of this stage is to define the problem and formulate the name of the project in accordance with the set problem.

Stage 3. Defining the goals, subject and object of the project (research). This stage is the most important and, as a rule, the most difficult for students. The whole process of research or design depends on properly formulated goals, subject and object, and in the case of research work and hypothesis. It is also important to realize that the problem, goal, subject, object, and hypothesis are a whole and must be consistent with each other.

Step 4: Planning the design process. In order to ensure that the research or design work is carried out consistently, within the established timeframe, it is necessary to make a planning of the stages of work performance within the project or research.

Work planning includes:

- determining the deadlines for accomplishing the stages of the work;
- determining the schedule of consultations with the supervisor;
- determining the ways of collecting and analyzing information;

- selection of information sources;
- selection of research (design) methods;
- determining the form of presentation of the results (final product).

Stage 5: Implementation of the project plan. The implementation of the action plan described in the previous paragraph implies working with information sources, consulting on emerging issues and problem situations, conducting experiments and tests, social surveys, creating the final product, etc. At the same stage, the student is tasked with developing a draft version of a project or research paper.

Stage 6: Reflection and preparation for public defense. This stage implies the finalization of the completed work as a complete system. In order to properly summarize the results obtained, to present them in a concrete form, to demonstrate, if available, the final product of their activities, it is necessary to adhere to the following plan:

- to draw up a “clean” (final) version of the text of the project or research work;
- prepare a report on the work done;
- identify the main subjects, processes and phenomena that were considered during the project or research work;
- make conclusions, inferences;
- indicate possible ways of further research of the problem;
- prepare the text of a public speech in the framework of the defense;
- prepare visual material, final product (if available);
- prepare multimedia means of visualization of information for its visual presentation to the expert committee [4].

The main result of design is changes that occur in various systems, institutions, processes. Parallel to these changes, we can fix various effects that can influence people in terms of organization, management, interpersonal relations, etc. For project activities carried out as part of the pedagogical process, it is significant to obtain two types of results:

- 1) “product” - the result as a product of pedagogical design, which can contribute to the mastering of other types of activity (diagnostics, expertise, reflection);
- 2) “human” - change of human properties, qualities, manifestations, relations. For example, development of creative thinking, formation of communicative culture.

Project performance is determined only by the achieved result without taking into account the costs of its achievement, i.e., to measure performance, it is necessary to have clearly defined goals and plans, because without this there will be no reference point for assessing performance [2].

The process of project-based learning promotes not only the creation of a specific product, but also the development of students' critical thinking, communication and creativity skills. An important aspect is the attention to both the “product” result (the final product of the project) and the “human” result associated with changes in the personal qualities of students, such as the development of creativity and communication skills.

Thus, project activity in the process of training students of different profiles becomes a powerful tool, providing an integrated approach to learning, in which students not only gain knowledge, but also develop personal qualities necessary for solving practical problems. Project-based learning promotes the integration of pedagogical and psychological principles, which makes it an effective method of learning, focused on practical activities and real industry results.

References

1. Rochev K.V, Semyashkina A.V. Joint project-based training of IT students based on the use of version control tools and task separation in the project. RUDN Journal of Informatization in Education, 20, 1, 52–62. doi: 10.22363/2312-8631-2023-20-1-52-62

2. Психология, социология и педагогика. 2012. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <https://psychology.snauka.ru/2012/06/673>

3. Дудина И.М. Основы проектной деятельности: учебно-методическое пособие. - Ярославль: ЯрГУ, 2019

4. Внедрение проектно-ориентированных методов в практику обучения в высшей школе: Методическое пособие / Любимов А.К., Борисова И.И., Грудзинская Е.Ю., Левина Л.М., Марико В.В., Швец И.М. Под ред. А.К. Любимова. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2015.

5. Организация проектной деятельности: методическое пособие / А. А. Косярский, Т. И. Дорошкевич, В. Г. Даниш; Департамент образования администрации МО г. Краснодар, Центр детского творчества «Прикубанский». — Казань: Бук, 2019.

К.Э. Кан
АО «O'ZLITINEFTGAZ»
Ташкент, Узбекистан

ПОВЫШЕНИЕ ГАЗОТДАЧИ ПЛАСТОВ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПЛАСТА В УЛОВИЯХ НИЗКИХ ДАВЛЕНИЙ

Аннотация. С целью восстановления проницаемости применяют методы интенсификации. Одним из таких методов является кислотная обработка. Согласно опыту промысловых работ по интенсификации притока нефти и газа в скважине путем обработки призабойной зоны пласта кислотосодержащими рабочими жидкостями.

К.Е. Кан
JSC "O'ZLITINEFTGAZ"
Tashkent, Uzbekistan

INCREASING THE GAS RECOVERY OF FORMATIONS BY ACID TREATMENT OF THE FORMATION AT LOW PRESSURES

Abstract. In order to restore permeability, intensification methods are used. One of these methods is acid treatment. According to the experience of field operations to intensify the inflow of oil and gas into the well by treating the bottom-hole zone of the formation with acid-containing working fluids.

В настоящее время все чаще наблюдается ранее естественное падение добычи газа на газоконденсатных месторождениях, что приводит к необходимости выбора наиболее эффективного использования технологий доразработки месторождения, путем кислотной обработки призабойной зоны пласта (ПЗП) для повышения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), позволяющий вести эффективную и рентабельную добычу газа [1,2].

Причиной недостаточной эффективности кислотного воздействия на ПЗП часто является не учет особенностей литолого-петрофизических свойств обрабатываемых коллекторов [3,4].

В целях подбора оптимального состава рецептур и оценки эффективности воздействия различных кислотных систем на карбонатные коллектора были проведены лабораторные исследования.

Кислотная обработка один из самых эффективных и широко применяющихся методов воздействия на призабойную зону пласта, также применяющийся для интенсификации добычи полезных ископаемых.

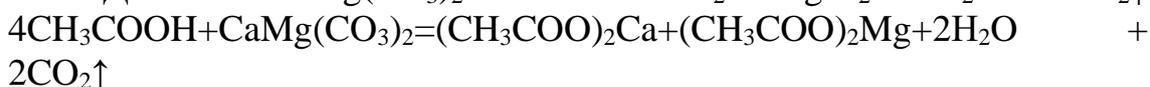
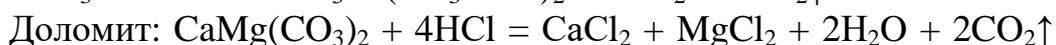
Влияние технологических жидкостей на проницаемость пласта в призабойной зоне скважины, а значит, и продуктивность при бурении, вторичном вскрытии и освоении является ощутимым. При составлении программ освоения скважин, планируется проведение дополнительных мероприятий по восстановлению начальных характеристик продуктивного пласта, одним из которых является кислотная обработка.

Однако накопленный промысловый опыт свидетельствует о недостаточной степени проработанности данного вопроса. Зачастую выбор необходимого кислотного состава проводится без достаточного научно-методологического обоснования. В частности, не принимается во внимание минералогический состав пород конкретного интервала воздействия.

Анализ полученных результатов показал, что основной особенностью минерального состава исследованных карбонатных пород является высокое содержание в них карбонатных минералов – доля кальцита/известняка до 37,6%, доля доломита до 49,9%. Доля глинистых минералов составляет около 3%.

Рецептуры для кислотной обработки были предоставлены представителем Заказчика. В основе рецептов представлена соляная кислота, для ингибирования реакции с кальцитом была добавлена и уксусная кислота.

Карбонатная составляющая пород в основном представлена солями угольной кислоты и карбонатным цементом – кальцит, доломит и сидерит. При кислотной обработке карбонатные минералы, реагируют с соляной (HCl) и уксусной (CH₃COOH) кислотами по уравнениям:



При температурах выше 70°C скорость реакции соляной кислоты с карбонатной составляющей породы сильно возрастает. Поэтому, помимо соляной кислоты, в составы технологических жидкостей включены уксусная кислота. Ее преимуществом является более низкая скорость реакции с карбонатными минералами в сравнении с соляной кислотой, что обеспечивает значительное увеличение длительности действия кислотного состава при повышенных температурах,

способствует глубокому проникновению кислотного состава в пласт и, как следствие, увеличивает эффективность кислотной обработки. Помимо более низкой скорости реакции с карбонатами, уксусная кислота обладает более низкой коррозионной активностью.

Стоит отметить то, что расчет рецептур проводился поэтапно – эффективность каждой компоненты проверялась на отдельной пластинке горной породы. Для того чтобы минимизировать влияния неоднородности пород на результат, все пластины были высверлены из интервала 1531,3-1531,4 м.

Одной из наиболее важных характеристик кислотных составов для обработки призабойных зон пласта является скорость реакции кислотного раствора с породой.

Для приведения масс образцов, прореагировавших с кислотными составами, к единому показателю применяется сравнение площади поверхности контакта до реакции с единой площадью поверхности контакта (образец с параметрами $d=30$ мм, $l=10$ мм), т.е. происходит пересчет масс. Были рассчитаны растворимости образцов по данным лабораторного анализа в каждый промежуток времени и построены зависимости растворимости отдельных образцов от времени реакции при температуре 60°C в течение 4 часов. Количество растворенной породы рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{КВ}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1},$$

где m_1 – масса насыщенной пробы до опыта, г; m_2 – масса насыщенной пробы после опыта, г.

Относительная скорость растворения рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{отн}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot \frac{1}{t} \cdot 1000 = \frac{P_{\text{КВ}}}{t} \cdot 1000,$$

где V – скорость растворения пробы, $10^{-3} \cdot 1/\text{мин}$; $P_{\text{КВ}}$ – количество растворенной породы, д.е.; t – время испытания, мин.

Увеличение содержания соляной кислоты увеличивает скорость реакции на протяжении всего периода наблюдения. Стоит отметить незначительную скорость реакции после 2-х часового наблюдения.

Внешний вид пластинок после температурного воздействия кислотного состава подтверждает факт растворения карбонатной составляющей цемента. Наблюдается значительное увеличение пор и появление каверн. При этом включения доломита и прочих нерастворимых минералов образуют основу минерального скелета.

Дальнейшие исследования с цилиндрическими образцами пород позволит выявить лучший кислотный состав по степени влияния на ФЕС.

В ходе экспериментов было исследовано влияние 2 представленных кислотных составов на 8 образцах месторождения Восточный Ташлы. В ходе исследования был проверен эффект длительного воздействия кислотного состава на образцы (4 часа). Два образца из более глубоко залегающих пластов (825-11 и 831-11) представлены для сравнения взаимодействия растворов с породой близкой по минералогическому составу (825-11) и с повышенным содержанием известняка (831-11 – известняк 87,3%, доломит 0,6%). Дублирование результатов по основному интервалу позволяет уменьшить фактор неоднородности горных пород и улучшить точность прогнозирования результатов кислотной обработки.

Положительный эффект от моделирования кислотной обработки на образцах горных пород проявляется в улучшении фильтрационно-емкостных свойств. В связи с этим, в методике проведения экспериментальных исследований по оценке эффективности закачки кислотных составов на фильтрационно-емкостные свойства испытуемых образцов, предусмотрено определение этих свойств до и после опыта.

Фильтрационные параметры испытуемого образца: проницаемость по воде (пластовой) определяется в ходе опыта, не извлекая образец из камеры высокого давления, в которой создаются пластовые условия. Абсолютная проницаемость по газу и коэффициент открытой пористости образца определяется после извлечения из камеры, ее экстрагирования и сушки. Основным параметром выявления эффективности кислотной обработки была выбрана проницаемость по воде в пластовых условиях.

Были исследованы два варианта воздействия на пласт в течение 2 часов и 4 часов. Результат показал несущественные изменения для раствора №2. Относительно раствора №1 продолжительные 4-х часовые обработки могут привести к частичному осаждению продуктов реакции из-за того, что соляная кислота полностью взаимодействует с горной породой за данный промежуток при концентрации 2,5%.

Реакция с породой (825-11) с близкой по минералогическому составу, но имеющая меньшее содержание доломита, показала положительный эффект. Отсутствие червотчины на стороне выхода кислоты свидетельствует об относительно низкой проникающей способности раствора №1. Порода (831-11) с низкими ФЕС и высоким

содержанием известняков, как и предполагалось, показала отсутствие результата по взаимодействию с кислотой – весь объем породы растворялся равномерно, что и связано с увеличением пористости на 0,79%.

Исходя из полученных результатов считаем то, что для промышленного внедрения кислотной обработки призабойной зоны скважин, как эффективного метода интенсификации добычи углеводородов на месторождениях БХР, считаем целесообразным продолжение промысловых испытаний по влиянию кислотных составов на пласт.

Список использованных источников

1. Сидоровский В.А. Вскрытие пластов и повышение продуктивности скважин М. «Недра» 1978 г. - 256 с.

2. Силин М.А., Магадова Л.А., Цыганков В.А., Мухин М.М., Давлетшина Л.Ф. Кислотные обработки пластов и методики испытания кислотных составов: Учеб. пособие для студентов вузов. - М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011 г. -120 с.

3. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газовых пластов. - М.: Недра, 1976 г. - 295с.

4. Хайитов Н.Ш., Джалилов Г.Г., Муминов А.С. «Разработка рецептур кислотных растворов и методики проведения кислотных обработок с целью увеличения притока углеводородов на месторождениях Шаркий Бердах, Арслан, Бескала». Отчет АО «ИГИРНИГМ», Ташкент-2018г-177с.

УДК 338.465:621.31(470.11)

Л.С. Корельский, А.Г. Голубев, А.Д. Понкратов

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
Архангельск, Россия

ПРОБЛЕМА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И ДЕФИЦИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема образования цен на электроэнергию в Архангельской области вследствие ее дефицита. Представлены варианты его покрытия, а также процент снижения цены на электроэнергию.

THE PROBLEM OF PRICING AND SHORTAGE OF ELECTRICITY IN THE ARKHANGELSK REGION

***Abstract.** The article discusses the problem of setting prices for electricity in the Arkhangelsk region due to its shortage. Options for its coverage are presented, as well as the percentage reduction in electricity prices.*

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе электроэнергия является жизненно важным ресурсом, обеспечивающим нормальное функционирование промышленности, домашнего быта и инфраструктуры. Однако проблема ценообразования электроэнергии становится актуальной в ряде регионов, вызывая беспокойство исследователей, экономистов и потребителей. Основные факторы, влияющие на ценообразование электроэнергии, включают в себя изменения в производственных мощностях, колебания спроса и предложения, а также особенности энергетической инфраструктуры региона. Нарастающая зависимость от возобновляемых источников энергии, вместе с нестабильностью цен на топливо, добавляет сложности в формирование сбалансированных тарифов. **Цель работы** – рассмотреть возможные варианты по снижению цен на электроэнергию в Архангельской области и покрытию ее дефицита.

Задачи исследования:

1. Определить дефицит электроэнергии в Архангельской области и сравнить цены на нее с другим регионом (Мурманская область);
2. Рассмотреть возможные варианты покрытия дефицита и снижения стоимости электроэнергии в Архангельской области;
3. Провести сравнительный анализ и выбрать оптимальный источник дополнительной электроэнергии для Архангельской области.

Объектом исследования является энергетическая инфраструктура Архангельской области, предметом исследования – ценообразование электроэнергии вследствие ее дефицита.

Авторы считают, что сравнительно высокая стоимость электроэнергии в Архангельске (для всех типов потребителей) по сравнению с другими регионами образована вследствие ее дефицита. Известно, что если спрос больше предложения, то это приводит к увеличению цен на предлагаемый товар. Следовательно, если

увеличить предложение относительно растущего спроса, то это, по нашему мнению, позволит снизить конечную стоимость и стабилизировать потребление электроэнергии, а также заложить основу для дальнейшего устойчивого развития.

Определение дефицита

При строительстве 6, 7 и 8 микрорайонов в 2012 году в Архангельске уже начал проявляться дефицит электроэнергии, он составлял порядка 80 – 90 МВт. На 2017 год энергосистема Архангельской области вырабатывала только 74,7 % необходимой ей энергии [1]. В результате величина дефицита электроэнергии определяется в размере порядка 600 МВт.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ

2.1 Ветроэнергетика

Использование ветра для решения энергетической проблемы региона в ряде случаев дает явное преимущество, так как этот источник значительно слабее зависит от сезона, времени суток и географии размещения потребителей по сравнению с другими возобновляющимися источниками энергии. Самые благоприятные места для расположения ветровых станций – это побережье (офшор) Белого моря. В прибрежной зоне Белого моря средняя скорость ветра – около 7 м/с, это устойчивые ветра, которые дуют постоянно. Среди плюсов можно выделить: возобновляемость энергии, отсутствие выбросов вредных веществ во время эксплуатации, простое обслуживание, быструю установку. А среди минусов: непредсказуемость изменения скорости ветра в течение суток, обледенение лопастей, высокие затраты на строительство, угроза для фауны.

2.1.1 Оценка снижения стоимости электроэнергии

Расчет снижения цены на электроэнергию в процентном соотношении [5]:

Формула расчета цены нового источника:

$$C + СК + П = Ц, \quad (1)$$

где C – себестоимость, руб/кВт; $СК$ – услуги по передачи сетевой компании, руб/кВт; $П$ – услуги розничной торговли, руб/кВт; $Ц$ – цена за 1 кВт нового источника, руб/кВт.

Формула расчета цены кВт электроэнергии после дополнительного вливания:

$$\frac{(x \cdot y) + (1739 \cdot 6,06)}{1739 + x} = z, \quad (2)$$

где x – покрытие дефицита в МВт; y – цена за 1 кВт нового источника, руб/кВт; z – цена за 1 кВт после вливания дополнительной энергии,

руб/кВт; 6,06 – цена одноставочного тарифа, руб.; 1739 – выработка электроэнергии, МВт.

Формула для вычисления процента от нынешней цены:

$$\frac{6,06}{z} = \frac{100}{u}, \quad (3)$$

где z – цена за 1 кВт после вливания дополнительной энергии, руб/кВт;
 u – процент от нынешней цены одноставочного тарифа, %.

Формула для расчета снижения цены в процентах:

$$100 - u = k, \quad (4)$$

где u – процент от нынешней цены одноставочного тарифа, %; k – снижение цены в процентах, %.

В последующих главах расчет выполнен по аналогии с этой главой, результаты выведены в таблицу 2.

2.2 Приливо–отливная станция

Значительный гидроэнергетический потенциал Архангельской области связан с энергией морских приливов. Основным источником – Мезенский залив, где возможно строительство нескольких приливных электростанций. Из 53–х исследованных акваторий на побережье Баренцева и Белого морей, обладающих максимальным приливным энергопотенциалом, наиболее оптимальным признан створ в Мезенском заливе Белого моря [2].

Затраты на проект Мезенской ПЭС в 500 МВт оценивались в 50 млрд рублей и на ЛЭП протяженностью 480 км еще 9 млрд рублей.

2.3 Атомная электростанция

На сегодняшний день атомная энергетика является одним из самых выгодных источников электроэнергии. Она обладает рядом преимуществ, такими как: большая выработка электроэнергии, при относительно небольшой себестоимости, экологичность. Также атомная энергетика является выходом для тех регионов, в которые сложно доставить топливо для тепловых электростанций.

2.4 Атомная теплоэлектростанция

Атомная теплоэлектростанция обладает несколькими преимуществами по сравнению с другими источниками энергии. Во-первых, ее установки обладают высокой эффективностью, и одна такая установка способна обеспечить электроэнергией огромные города или даже регионы. Во-вторых, атомная энергия является безопасным источником энергии, поскольку риск аварий или выбросов вредных веществ минимальный. В-третьих, атомные теплоэлектростанции не зависят от колебания цен на нефть или газ и могут работать независимо от времени суток или сезонов.

Однако, несмотря на преимущества, атомная энергетика все еще вызывает некоторые опасения и споры. В основном это связано с вопросами безопасности и утилизации радиоактивных отходов [3].

2.5 Энергомост

Энергомост – это система энергосвязи, которая обеспечивает поставку электроэнергии и стабильное энергоснабжение. Создание энергетического моста для перекачки профицитной электроэнергии из Мурманской в Архангельскую область позволит решить проблему с дефицитом мощностей в Архангельской области и даст возможность для развития экономики региона [4].

Сравнение источников энергии

Таблица 2 – Сравнение характеристик источников энергии

Источник энергии	Проектная стоимость, млрд. руб.	Срок строительства, лет	Срок эксплуатации, лет	Себестоимость энергии 1 Квт, руб.	Покрытие дефицита, %	Снижения стоимости 1 Квт, %
Ветро-генератор 280 штук	5	3	15	0,28	100	8
ПЭС	60	16	>100	0,1	74	7
Энергомост	2	2	25	0,6	92	9
АЭС	80	8	30	0,6	135	8
АТЭЦ	50	8	50	0,6	69	4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнивая приведенные источники энергии друг с другом по таким характеристикам, как сроки строительства и процент покрытия дефицита, авторами предложен вариант со строительством АЭС, в связи с большей выработкой электроэнергии, что покроет дефицит в настоящее время и позволит заложить некоторый потенциал развития за счет возможного профицита электроэнергии. Также позволит развить научную базу города Архангельска в сфере атомной энергетики, появятся новые рабочие места, что поможет развитию нашего города.

Список использованных источников

1. Коновалова О. Е. Современное состояние энергоснабжения Архангельской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. №8-15 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe->

sostoyanie-energосnabzheniya-arhangelskoy-oblasti. (дата обращения 24.11.2023)

2. Лукин Ю. Ф. Гибридная Мезенская водородно–приливная электростанция [Электронный ресурс] / Лукин Юрий Федорович // Арктика и Север - Режим доступа : http://www.arcticandnorth.ru/news.php?ELEMENT_ID=363108, (дата обращения : 29.11.2023)

3. Кузнецов Ю. Н., Колесников К. Э. Реакторная установка ВК-300 для региональной когенерационной энергетики [Электронный ресурс] // Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики – Режим доступа: http://elib.biblioatom.ru/text/atomnye-stantsii-maloy-moschnosti_t2_2015/go,236/ , свободный (дата обращения 02.12.2023)

4. Энергомост с мурманской областью поможет ликвидировать дефицит электроэнергии в поморье. [Электронный ресурс] // Городская газета Архангельск - город воинской славы – газета – Режим доступа : <https://xn--80aec1d.xn--p1ai/news/razvitiye-pomor'ya/5830/?ysclid=lo5t710v4l902299502>, свободный (дата обращения 01.12.2023)

5. Ларин Д. Просто о розничном рынке электроэнергии [Электронный ресурс] / Ларин Дмитрий // Энергомарт – Режим доступа : <https://en-mart.com/o-roznicnom-rynke-elektroenergii/?ysclid=lqdy9vvqts360627246>, свободный (дата обращения : 15.12.2023)

УДК 330.34

Е.М. Коростышевская, О.В. Стоянова, О.Н. Афанасьева

Санкт-Петербургский государственный университет
Санкт-Петербург, Россия

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И БЕЛАРУСИ В КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Аннотация. Решение задачи укрепления научно-технологического пространства Союзного государства невозможно без активизации сотрудничества Российской Федерации и Республики Беларусь в космической

сфере. В исследовании дано системное представление о совместной работе двух стран в данной области в контексте триады: прошлое – настоящее – будущее.

E.M. Korostyshevskaya, O.V. Stoyanova, O.N. Afanasyeva

Saint Petersburg State University
Saint Petersburg, Russia

COOPERATION BETWEEN RUSSIA AND BELARUS IN THE SPACE SECTOR: PAST, PRESENT AND FUTURE

***Abstract.** It is impossible to solve the problem of strengthening the scientific and technological space of the Union State without intensifying cooperation between the Russian Federation and the Republic of Belarus in the space sphere. The study provides a systematic view of the joint work of the two countries in this area in the context of the triad: past – present – future.*

Модернизация российской экономики в настоящее время в определенной степени зависит от внешних факторов. В силу ограниченности возможностей научно-технического прорыва по всем приоритетным направлениям, нашей стране жизненно необходимо взаимовыгодное сотрудничество и интеграция с другими странами. Приоритетное направление – наращивание кооперационных связей между предприятиями Российской Федерации и Республикой Беларусь в рамках Союзного государства, нацеленных на эффективное межфирменное взаимодействие, позволяющее создавать конкурентоспособную продукцию. В интересах стран - обеспечение технологического суверенитета, который в значительной степени зависит от положения дел в космической сфере.

Началом международных отношений между Россией и Беларусью как независимыми государствами можно считать подписание Беловежских соглашений и образование Союза независимых государств (СНГ) после распада СССР в 1991 г.:

- 13 ноября 1992 г. подписано Соглашение о свободной торговле;
- 6 января 1995 г. подписано Соглашение о Таможенном союзе;
- 21 февраля 1995 г. подписан Договор о дружбе, добрососедстве и сотрудничестве сроком на 10 лет;
- 1996 г. подписано соглашение о научно-техническом сотрудничестве;
- 2 апреля 1997 г. Президенты Беларуси и России подписали «Договор о Союзе Беларуси и России».

Дополнительный импульс сотрудничеству придал Договор о создании Союзного государства (СГ). В статье 18 данного документа

стороны согласовали формирование общего научно-технологического и информационного пространства. Дата основания «Союзного государства» – 8 декабря 1999 г.

Совместная работа по космической тематике была начата в рамках Союзной программы «Космос Белорусской Республики». С этого времени достаточно успешно развивается сотрудничество НАН Беларуси с Федеральным космическим агентством России. За десятилетний период (1999-2009) были реализованы три совместные программы: «Разработка и использование космических средств и технологий получения, обработки и отображения космической информации» (шифр «Космос-РБ», 1999-2002 гг.); «Разработка и использование перспективных космических средств и технологий в интересах экономического и научно-технического развития Союзного государства» (шифр «Космог-СГ», 2004-2007 гг.); «Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и наземных средств многофункциональной космической системы» (шифр «Космос-НТ», 2008-2011 гг.). В первой программе участвовало 32 организации РФ и РБ, во второй - уже 60. В результате разработаны новые технологии обработки космической информации, новые образцы космической техники и средства для проведения их испытания [1].

Выполненные совместные исследования в сфере космоса способствовали активизации научной деятельности в смежных областях. Некоторые из реализованных совместных программ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Союзные программы, реализуемые в 2013 - 2020 гг.

Название	Сроки исполнения	Финансирование на весь срок, млн. руб.
Мониторинг-СГ Создание космических аппаратов	2013-2017	2430
Луч Наноструктурная нано-и оптоэлектроника	2016-2020	1840
Технология-СГ Нанотехнологии	2016-2020	1937

До начала тесного сотрудничества РФ и РБ в космической и смежных сферах только три страны в мире назывались космическими сверхдержавами: Россия, КНР, США. В 2019 г. к ним присоединилась Беларусь [2].

Таким образом, до 2023 г. реализовано 8 программ в области использования космического пространства в мирных целях. В 2023 г. запущена еще одна «Комплекс-СГ» – разработка базовых элементов орбитальных и наземных средств в интересах создания много спутниковых группировок малоразмерных космических аппаратов наблюдения земной поверхности и околоземного космического пространства, предполагает совместный выпуск малогабаритных спутников для изучения околоземного пространства. Согласно программе, группировка орбитальных аппаратов будет состоять из одного малого спутника весом около 200 кг (от РФ) и двух нано аппаратов от РФ и РБ. Запуск намечен на 2027 г. [3].

С 2023 г. начинается новый исторический этап взаимодействия России и Беларуси с тем, чтобы интеграция экономик при сохранении суверенитета и независимости наших государств помогала нам быть конкурентоспособными и обеспечила технологический суверенитет.

На заседании Совета министров Союзного государства накануне Дня единения народов Россия и Беларусь подписали 13 документов. В их числе следующие документы: «Межправительственное соглашение о научно-техническом и инновационном сотрудничестве»; а также резолюции:

1. «О разработке Стратегии научно-технологического развития Союзного государства».

2. «О программах Союзного государства в области космоса (о создании спутника (спутниковой группировки) и проведении совместных исследований по дистанционному зондированию Земли)».

3. «О сотрудничестве Беларуси и России в области развития микроэлектронных технологий, проектирования и производства ЭКБ и электронного машиностроения» и др.

Несмотря на успехи в реализации союзных программ, их количество сокращается. По всем направлениям сотрудничества в 2019 г. реализовывалось около 20 программ; 2020 г. - 13 программ; в 2021 г. – 3 программы; в 2022 г. – 3 программы [3].

В качестве причин, помимо изменения внешнеэкономических условий, выделяют следующие.

1. Чрезмерная бюрократизация процесса, программы согласовываются несколько лет, теряется актуальность разработок [4].

2. Работу ученых по внедрению в серийное производство союзных инноваций тормозит разница в российских и белорусских законах [3].

3. Длительное время подготовки проектов [5].

Для их устранения принимаются различные меры. Так подписано постановление Союзного Совмина, которое позволяет сократить работу над программами Союзного Государства. Из этого процесса выкинут самый длинный этап «Обсуждение проекта концепции программы». Теперь горизонт планирования программ до одного года, а раньше на это уходило 5-6 лет [5].

Применяются меры стимулирующего характера. За работу по созданию единой космической системы дистанционного зондирования земли ученые получили премию Союзного Государства.

Интеграция в рамках Союзного Государства доказала свою жизнеспособность. Это реально действующий инструмент для поддержки и развития исторически сложившихся связей. Союзное Государство не стоит на месте и готово к поиску новых направлений и форм сотрудничества, представляющих интерес для обеих стран.

Список использованных источников

1. Евсеев В.В. Политические аспекты научно-технического сотрудничества России, Украины и Беларуси //Иновации. - 2011. - № 12. - С .27-31

2. Беляков Е., Земзюлина Н., Аракелян Е. Заместитель Госсекретаря Союзного Государства Алексей КУБРИН: Мир признал Беларусь космической державой // Газета парламентского собрания Союза Беларуси и России. 18– 5 апреля. - 2019. - №16. - С. 6

3. Юрьев. А. Сверху видно все // Газета парламентского собрания Союза Беларуси и России. 13-19 апреля. - 2022. - № 16. - С. 5.

4. Рахманов Г.С. Руководить должен интеллект, а не бюрократы// Газета парламентского собрания Союза Беларуси и России. 17-23 января. – 2019. - №2. - С. 4.

5. Максимов. А. Курс на стабильность// Газета парламентского собрания Союза Беларуси и России. 5-11 октября. - 2022. - №45. - С.11.

УДК 004

И.О. Кузнецова^{1,2}, Ю.В. Шляпина^{1,2}, С.Л. Шабоха¹

¹Омский институт водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

²АНО ВО Сибирский институт бизнеса и информационных технологий
Омск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ – ДЛЯ СБОРА АНАМНЕЗА, ДИАГНОСТИКИ И УЧЕТА ПАЦИЕНТОВ

Аннотация. В данной статье описываются возможности использования информационных технологий в сфере здравоохранения. А именно, возможности удаленно отслеживать состояние здоровья пациентов, проводить диагностику и собирать данные для улучшения принятия решений о назначении лечения.

I.O. Kuznetsova^{1,2}, Yu.V. Shlyapina.^{1,2}, S.L. Shabokha¹

¹Omsk Institute of Water Transport – branch of the Siberian State University of Water Transport

²Siberian Institute of Business and Information Technologies
Omsk, Russia

THE USE OF IT-TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE - FOR THE COLLECTION OF MEDICAL HISTORY, DIAGNOSIS AND REGISTRATION OF PATIENTS

Abstract. This article describes the possibilities of using information technologies in the field of healthcare. Namely, the ability to remotely monitor the health status of patients, diagnose and collect data to improve decision-making about the appointment of treatment.

Мы живем в век, когда информационные технологии глобально изменили весь мир и проникли во все сферы деятельности человека, в том числе и в здравоохранение. ИТ-технологии позволяют не только систематизировать списки пациентов, их заболевания, назначения лекарственных препаратов, но и удаленно диагностировать и контролировать заболевание, собирать данные и персонализировать медицинские услуги [1].

Удаленное наблюдение течения заболевания.

Одной из технологий, которая способствует расширению стандартных медицинских услуг, является RPM. Данная технология применяется в медицине для сбора, передачи и изучения данных о заболевании вне привычной клинической среды. Эта ИТ-технология позволяет медицинским служащим отслеживать жизненно важные

параметры функционирования организма заболевшего, в режиме реального времени или с определенной периодичностью. Собранные данные могут затем использоваться для: выявления и раннего вмешательства при ухудшении состояния здоровья; оптимизации планов лечения и корректировки дозировки лекарств; обучения пациентов и поддержки их самоконтроля; повышения эффективности и уменьшения финансовых трат при диагностике и лечении [2].

К технологиям RPM относятся следующие устройства для измерения параметров здоровья: глюкометры, тонометры, фитнес-трекеры; мобильные приложения для сбора данных и связи с медработниками; облачные платформы для хранения и анализа данных.

RPM имеет следующие преимущества: удобство для пациентов: пациенты могут отслеживать свое состояние здоровья из дома или в любом другом удобном месте. Своевременное выявление проблем: медицинские работники могут быстро реагировать на ухудшение состояния здоровья и принимать необходимые меры.

Сбор данных о состоянии здоровья пациентов с помощью ИТ-технологий.

Обобщение данных о состоянии здоровья пациентов благодаря информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) позволяют медработникам принимать более обоснованные и правильные решения о лечении, назначении процедур и лекарственных препаратов.

Данные, собираемые при помощи дистанционного мониторинга, носимых устройств и электронных медицинских карт, могут предоставить ценную информацию о: эффективности текущего лечения, побочных эффектах лекарств, общем состоянии здоровья пациента [3].

Анализ этих данных, основанный на искусственном интеллекте, и машинном обучении значительно облегчает и ускоряет постановку диагноза.

Использование ИТ-технологии в здравоохранении имеет огромный потенциал для улучшения здоровья и благополучия пациентов. Удаленный мониторинг, сбор данных и персонализированные медицинские услуги позволяют медицинским работникам предоставлять более эффективное и ориентированное на пациента лечение. По мере дальнейшего развития ИКТ можно ожидать еще более значительных улучшений в системе здравоохранения.

Список использованных источников

1. Борисов И. В., Бондарь В. А., Кудинов Д. А., Некрасова Ю. Ю., Канарский М. М., Прадхан П., Сорокина В. С., Редкин И. В. Проблемы и перспективы ИТ в здравоохранении России: современные реалии. Медицина 2022; 10(4): 10-30.

2. Соболева С.Ю., Голиков В.В., Тажибов А.А. Информационные технологии в здравоохранении: особенности отраслевого применения. E-Management. 2021;4(2):37-43. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2021-4-2-37-43>

3. Ткаченко И. Н. Цифровые технологии в сфере здравоохранения как способ обеспечения качества человеческого капитала // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. Т., вып. С. 163-173. DOI: 10.18500/1994-2540-2023-23-2-163-173

УДК 621.793.182

Д.В. Куис¹, С.Д. Латушкина², О.И. Посылкина²,
Д.Д. Гордиенко¹, А.С. Раковец¹, О.Ю. Цынкович¹, М.В. Белан¹

¹Белорусский государственный технологический университет

²Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА Ti-Al-Cr-Fe-Ni

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния технологических параметров вакуумно-дугового осаждения с сепарацией плазменного потока на элементный состав, структурное состояние и свойства многокомпонентных покрытий на основе высокоэнтропийных сплавов. Проведенные исследования показали, что для улучшения механических свойств покрытий (Al,Ti,Fe,Cr,Ni)N необходимо формирование в их составе твердого раствора замещения с плотной наноразмерной структурой и повышенным относительным содержанием в них алюминия.

**D.V. Kuis¹, S.D. Latushkina, O.I. Posylkina, D.D. Gordienko¹,
A.S. Rakovets¹, O.Y. Tsynkovich¹, M.V. Belan¹**

¹ Belarusian State Technological University

² Physical and Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Belarus

FORMATION OF NITRIDE COATINGS BASED ON Ti-Al-Cr-Fe-Ni HIGH-ENTROPY ALLOY

***Abstract.** This work is devoted to the study of the influence of the technological parameters of vacuum arc deposition with plasma flow separation on the elemental composition on structural state and properties of multicomponent coatings based on high-entropy alloys. The conducted studies have shown that in order to improve the mechanical properties of coatings (Al,Ti,Fe,Cr,Ni)N, it is necessary to form a solid substitution solution in their composition with a dense nanoscale structure and an increased relative content of aluminum in them.*

Эффективным методом повышения производительности и долговечности различных деталей и изделий является формирование защитных покрытий. Принципиально новые перспективы появились с созданием многокомпонентных защитных покрытий на основе высокоэнтروпийных сплавов, обладающих сочетанием высокой твёрдости, вязкости разрушения, жаростойкостью и стабильностью свойств [1, 2]. Кристаллическая решётка таких сплавов сильно искажена, что, в конечном итоге, обеспечивает их стабильность и высокий уровень свойств. Высокое значение энтропии смешения элементов в сплаве обеспечивает повышенную термическую стабильность состава и структурного состояния, механических, физических и химических свойств. Развитие исследований в области высокоэнтропийных сплавов стимулировало интерес к защитным покрытиям на основе таких сплавов. К сожалению, на сегодняшний день опубликованные данные достаточно разрознены, и иногда противоречивы. Применительно к пучковым и плазменным технологиям крайне трудно гарантировать получение оптимального химического состава и структурного состояния покрытий для конденсации сплава в структуре с максимальной энтропией смешения, что определяет актуальность проводимых исследований в этом направлении.

Целью данной работы является исследование закономерностей влияния технологических параметров вакуумно-дугового осаждения с сепарацией плазменного потока на элементный состав, структурное состояние и свойства многокомпонентных покрытий на основе высокоэнтропийных сплавов.

Расчеты показывают, что высокоэнтропийные сплавы на основе IV-й и V-й групп таблицы Менделеева будут обладать электронной концентрацией в пределах 4,25–4,75 эл./атом и все элементы данных групп с высокой вероятностью будут образовывать нитридные соединения (таблица 1), что позволяет обеспечить их высокие физико-механические свойства [3, 4].

Таблица 1- Энтальпии образования (ΔH) нитридов металлов на основе базовых элементов

ΔH	TiN	Ni ₃ N	Fe ₄ N	Fe ₂ N	Cr ₂ N	CrN	AlN
кДж/моль	-337,7	-5,0	-10,9	-3,8	-118,1	-105,5	-319,0

Выбранный в настоящей работе состав покрытия (Al,Ti,Fe,Cr,Ni)N должен обеспечивать возможность формирования широкого спектра различных фаз и сложных соединений на их основе, а также достаточное содержание пластичной металлической фазы для релаксации внутренних напряжений. Исходя из представленных значений, можно предположить, что наиболее активно образовывать нитридные соединения будут титан и алюминий.

В данной работе использовалась технология вакуумно-дугового осаждения с применением плазмооптической системы сепарации плазмы на модифицированной установке УРМ3.279.048 с двухкатодным испарением. При формировании покрытий использовали титановый катод (BT1-0) и составной катод, содержащий алюминий, хром, никель, железо, в качестве реакционного газа использовался азот. Ток дуги на катодах изменялся в пределах от 60А до 80А. Осаждение покрытий производилось при подаче на основу потенциала $U_{\text{п}} = -60-80\text{В}$ и постоянном давлении азота $P_{\text{N}} = 0,4 \text{ Па}$. Начальное давление в рабочей камере $P = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

Свойства высокоэнтропийных сплавов во многом зависят от их фазового состава, стабильности и типа кристаллической решётки. Улучшенными физико-химическими свойствами обладают высокоэнтропийные сплавы, формирующиеся в виде твердого раствора, без включений интерметаллидных и аморфных фаз. [5].

Исследованиями установлено, что структура покрытий отличается бездефектностью, однородностью и отсутствием столбчатой структуры. Установлено, что в структуре покрытий вне зависимости от технологических режимов осаждения наблюдается четкая граница между переходным слоем титана и слоем многокомпонентного покрытия (рис. 1).

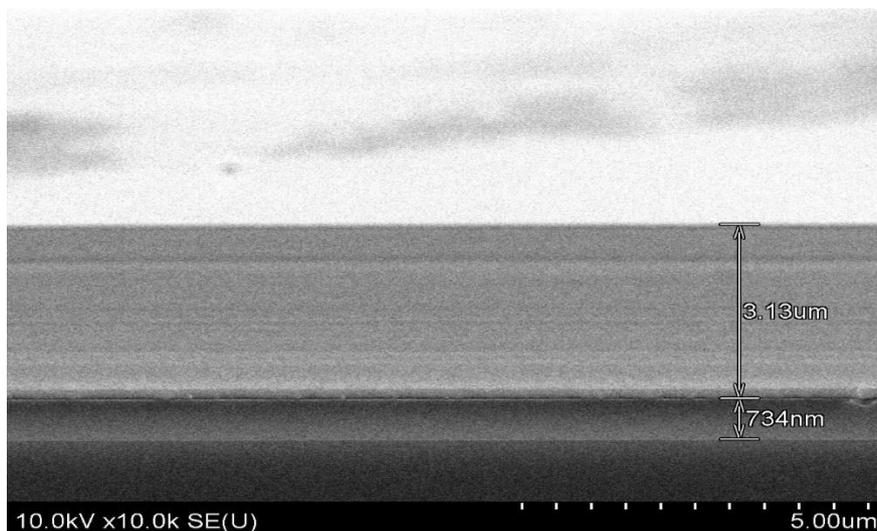


Рис.1 - Структура покрытия (Al,Ti,Fe,Cr,Ni)N

Как показали эксперименты, величина тока дуги на катодах, в основном, оказывает влияние на содержание титана и алюминия при относительно одинаковом содержании ($\approx 5-6\%$) остальных компонентов в покрытии.

В тоже время влияние потенциала смещения на основе на элементный состав покрытий имеет свои особенности. При изменении потенциала от -60 до -80 В в формируемых покрытиях наблюдается снижение количества алюминия при постоянном значении тока дугового разряда на алюминиевом катоде. По-видимому, для ионов алюминия, обладающих меньшей массой, чем ионы титана, необходима и более низкая энергия для их реиспарения с поверхности конденсации во время осаждения покрытия. Поэтому, в определённом интервале значений потенциала, подаваемого на подложку, ионы алюминия начинают рассеиваться, в то время как ионы титана продолжают процесс осаждения на поверхности.

Методом рентгеновской дифракции установлено, что изменение потенциала смещения на подложке приводит к эволюции фазового состава формируемого покрытия от двухфазного покрытия на основе кубического нитрида титана и гексагональной фазы $Ti_3Al_2N_2$ при потенциале -80 В к твердому раствору на основе $(Ti,Al)N$ с параметром решётки $0,4192-0,4262$ мкм при потенциале -60 В, а изменение токов дугового осаждения на катодах не оказывает существенного влияния на фазовый состав. Уширение пиков на рентгенограмме свидетельствует о формировании наноразмерной структуры покрытий, что подтверждается расчётами о.к.р. ($6-13$ нм).

Исследование микротвердости образцов из твердого сплава Т15К6 с исследуемыми покрытиями показало, что покрытия обеспечивают высокие значения показателей микротвердости, которые изменяются в диапазоне 25-30 ГПа. При этом установлено, что увеличение микротвердости наблюдается при повышении содержания титана в покрытии, приводящем к формированию твердого раствора и наноразмерной структуры.

Вывод: Проведенные исследования показали, что выбранная технология позволяет управлять элементным и фазовым составом покрытий. Установлено, что для улучшения механических свойств покрытий необходимо формирование в их составе твердого раствора замещения с плотной наноразмерной структурой и повышенным относительным содержанием в них алюминия.

Список использованных источников

1. Комаров, Ф.Ф. Влияние высокофлюенсного ионного облучения на структуру и механические свойства покрытий из наноструктурированных нитридов высокоэнтропийных сплавов (Ti, Hf, Zr, V, Nb) / Ф. Ф. Комаров, С. В. Константинов, Ф. Д. Погребняк / Доклады НАН Беларуси. – 2015. – Т. 59, С.24–30.

2. S. Latushkina , D. Kuis , O. Posylkina , A. Kasperovich , E. Panin Synthesis of Al-Ti-Fe-Cr-Ni-N protective coatings by the method of vacuum-arc deposition from a separated vacuum flow // Materials Letters 303 (2021) 130527.

3. Guo, S. Phase stability in high entropy alloys: Formation of solid-solution phase or amorphous phase / S. Guo, C. T. Liu // Progress in Natural Science: Materials International, 2011, Volume 21. – P. 433–446.

4. Азаренков, Н. А. Вакуумно-плазменные покрытия на основе многоэлементных нитридов/ Н. А. Азаренков [и др.] // Металлофизика и новейшие технологии. – 2013. – Т. 35, № 8. – С. 1001–1024.

5. Рогачев, А. С. Структура, стабильность и свойства высокоэнтропийных сплавов / Физика металлов и металловедение. – 2020. – Т.121. – № 8. – С. 807–841.

К.С. Куликов, В.А. Миличко, Ю.А. Кенжебаева
Университет ИТМО
Санкт-Петербург, Россия

ДИНАМИКА ОПТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ТОНКИХ СЛОЕВ ГИБКИХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ

Аннотация. В данной работе сообщается о получении тонких слоев металл-органического каркаса (МОК) методом механического расслаивания и в процессе разморозки-заморозки. Установлено, что метод разморозки-заморозки оказался более перспективным для создания тонких слоев МОК. Была охарактеризована структура тонких слоев МОК, а также были проведены эксперименты по анализу трансформации структуры при воздействии лазерного излучения.

K.S. Kulikov, V.A. Milichko, Yu.A. Kenzhebayeva
University ITMO
Sankt-Petersburg, Russia

DYNAMICS OF OPTICAL SWITCHING OF THIN LAYERS OF FLEXIBLE METAL-ORGANIC FRAMEWORKS

Abstract. This paper reports on the production of thin layers of a metal-organic framework (MOF) using mechanical exfoliation and freeze-thaw processes. It was found that the freeze-thaw method was more promising for the creation of thin MOF layers. The structure of thin MOF layers was characterized, and experiments were conducted to analyze the transformation of the structure under the influence of laser radiation.

Введение

В последние несколько лет металл-органические каркасы (МОК), кристаллические пористые полимеры, состоящие из металлических ионов и органических лигандов, стали одной из быстроразвивающихся областей исследования для их последующего применения в области фотоники. Гибкость структуры и способность обратимо и быстро изменять свои оптические свойства под воздействием внешних факторов (давление, температура, лазерное излучение) позволяют применять данные материалы в коммерческих устройствах обработки и хранения информации. Однако использование МОК в качестве активного материала в современных устройствах ограничивается медленной скоростью структурных трансформаций и низкой структурной стабильностью. Данную проблему может решить использование тонких слоев металл-органических каркасов.

МОК занимают особое место среди большого семейства функциональных 2D материалов. Даже на уровне монослоя 2D МОК проявляют уникальные сенсорные, разделительные, каталитические, электронные и проводящие свойства [1]. В данной работе мы показываем, что уменьшение размерности МОК (от 3D до тонких слоев) может способствовать увеличению скорости структурных трансформаций и распространению тепла. Кроме того, использование тонких слоев позволит уменьшить размер современного устройства обработки данных.



Рис. 1 – Концепт перехода от 3D МОК к тонким 2D слоям

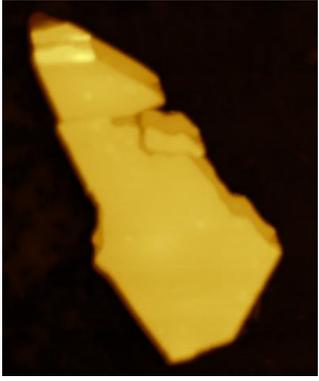
Основная часть

В данной работе материалом исследования является 3D металл-органический каркас, в котором в качестве комплексообразователя выступает катион меди (II) связанный донорно-акцепторной связью с 1,2,4-триазол-карбоксилатным лигандом с углеводородным (адамантановым) линкером [2]. В структуре 2 катиона меди соединены с тремя мостиковыми карбоксильными группами лиганда. Общая структура 3D кристалла является слоистой. Исследуемый МОК был синтезирован сольвотермальным методом.

Для того чтобы получить 2D слои МОК, изначально был применен метод механического расслаивания. Суть метода заключается в том, что с помощью скотча было осуществлено множество циклов наклеивания-отклеивания исходного кристалла, что приводило к его постепенному расслаиванию. Полученные слои были охарактеризованы с помощью атомно-силового микроскопа AIST SmartSPM.

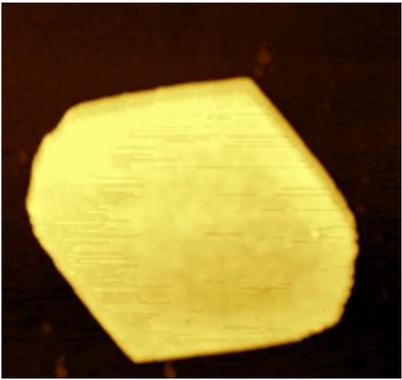
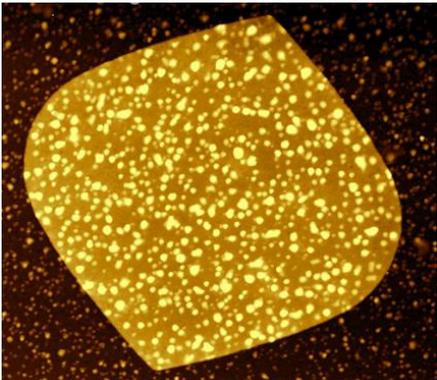
Можно заметить, что с помощью механического метода расслаивания мы можем получать тонкие слои. Однако одновременно с этим, при использовании данного метода слои не получаются столь равномерными и их латеральные размеры остаются малыми и недостаточными. Параметры размеров слоев представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики получаемых слоев с помощью механического расслаивания:

Изображение		
Минимальная толщина (нм)	58,4	2,6
Максимальная длина (мкм)	35,6	3,7

Вторым методом расслаивания, который был использован в нашей работе, является метод заморозки-разморозки. Его идея состоит в том, что, циклически изменяя температуру (от $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура жидкого азота) до $100\text{-}120\text{ }^{\circ}\text{C}$) смеси в эппендорфе с кристаллами МОК в растворителе ДМСО, слои отделялись друг от друга.

Таблица 2 - Характеристики получаемых слоев с помощью метода заморозки-разморозки:

Изображение		
Минимальная толщина (нм)	14,2	1,6
Максимальная длина (мкм)	25,0	14,3

Для характеристики полученных тонких слоев использовали метод атомно-силовой микроскопии, исходя из чего можно было

наблюдать, что толщина полученных слоев составляет не более 100 нм, а их латеральные размеры оказались на порядок выше, чем механически расслоенных.

Таким образом, нам удалось получить слои толщиной не более 15 нм с помощью метода заморозки-разморозки. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что метод заморозки-разморозки оказался более перспективным, так как с его помощью можно получать равномерные и тонкие слои с маленьким соотношением толщины к длине.

В рамках работы, для реализации идеи передачи оптической информации на тонких слоях, были проведены эксперименты по анализу трансформации структуры механически расслоенного слоя 90 нм под воздействием лазерного излучения в спектроскопии отражения.

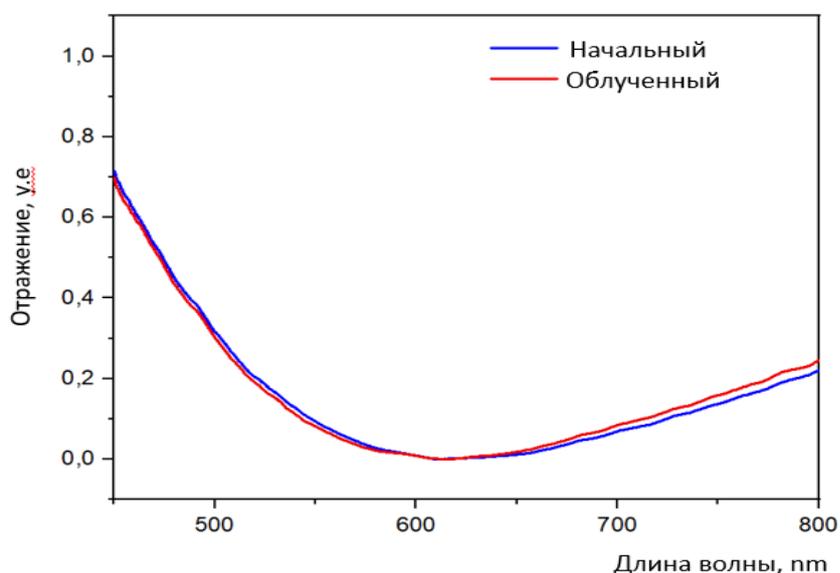


Рис. 2 – График трансформации структуры тонкого 2D слоя

На рис. 2 показано, что действительно происходит изменение отражения слоя в зависимости от лазерной засветки, что говорит о том, что полученные слои имеют гибкую структуру такую же, как и у 3D кристалла. Полученные результаты показывают возможность применения тонких слоев гибких МОК в устройствах обработки и передачи оптической информации.

Список использованных источников

1. Efimova A, Alexeevskiy P, Timofeeva M. Exfoliation of 2D Metal-Organic Frameworks: toward Advanced Scalable Materials for Optical Sensing // Small Methods. - 2023. V. 5 № 11.

2. Kenzhebayeva Y, Kulachenkov N, Rzhevsky S. Light-driven anisotropy of 2D metal-organic framework single crystal for repeatable optical modulation // Communications materials. - 2024. V. 5 № 48.

УДК 621.793.182

**С.Д. Латушкина¹, Д.В. Куйс², О.И. Посылкина¹, И.А. Сечко¹,
Д.Д. Гордиенко², А.С. Раковец², О.Ю. Цынкович²**

¹ Физико-технический институт НАН Беларуси

² Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ti-Cr-N, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ

***Аннотация.** Работа посвящена разработке архитектуры многослойных наноструктурных покрытий системы Ti-Cr-N с чередующимися слоями, обладающими различными механическими свойствами. По результатам исследований предложена архитектура многослойных наноструктурных покрытий TiN-(Ti-Cr-N) с высоким уровнем микротвердости и эксплуатационных свойств режущего инструмента за счет увеличенной протяженности межфазных границ в многослойном покрытии и повышенной энергии межатомной связи в многокомпонентном слое Ti-Cr-N.*

**S.D. Latushkina¹, D.V. Kuis², O.I. Posylkina¹, I.A. Sechko¹,
D.D. Gordienko², A.S. Rakovets², O.Y. Tsynkovich²**

¹ Physical and Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus

² Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF MULTILAYER COATINGS OF THE Ti-Cr-N SYSTEM, FORMED BY THE METHOD OF VACUUM-ARC DEPOSITION

***Abstract.** The work is devoted to the development of the architecture of multilayer nanostructured coatings of the Ti-Cr-N system with alternating layers possessing different mechanical properties. Based on the research results, the architecture of multilayer nanostructured TiN-(Ti-Cr-N) coatings with a high level of microhardness and operational properties of the cutting tool due to the increased length of the interphase boundaries in the multilayer coating and the increased energy of interatomic bonding in the multicomponent Ti-Cr-N layer is proposed.*

В инструментальной промышленности актуальной задачей является разработка металлообрабатывающего инструмента нового поколения, позволяющего выполнять операции механообработки материалов при повышенных скоростях подачи и достигать более высоких точностных параметров при надежном его функционировании. Повышение эффективности эксплуатации инструмента осуществляется в основном по трем направлениям – снижение энергоемкости процесса резания, повышение качества поверхностей обработки и увеличение износостойкости инструмента. При этом основные исследования ведутся в области совершенствования режущей зоны инструмента. В этой связи важная роль отводится разработке технологий по направленной модификации поверхности, в том числе с помощью новых функциональных покрытий, получаемых различными методами физического и химического осаждения из газовой фазы [1]. Наиболее распространенные и известные покрытия нитридной керамики на основе титана не оказывают особого эффекта в случае упрочнения инструмента, к которому предъявляются высокие требования по надежности и работающего в условиях больших либо знакопеременных нагрузок и повышенных температур. Поэтому актуальным является поиск новых решений при формировании покрытий, обладающих особыми физико-механическими свойствами для работы в тяжелых условиях эксплуатации.

Одним из перспективных направлений совершенствования функциональных покрытий является разработка многослойных наноструктурных покрытий, причем толщина отдельных слоев может составлять от нескольких нанометров до единиц микрон [2]. Такие покрытия могут удовлетворять гамме высоких, зачастую противоречивых требований. Слоистая структура позволяет поднять твердость покрытий, существенно снизить уровень остаточных напряжений и улучшить их структуру. Весьма важным свойством многослойных образований структуры является увеличение ударной вязкости из-за подавления межфазными границами развития трещинообразования. Однако эффективность многослойных покрытий существенным образом зависит от четкой границы между слоями. Такую задачу возможно решить при использовании слоев в составе покрытия с различной структурой, например, чередованием монослойных слоев со столбчатой структурой и многокомпонентных нитридов с наноразмерной структурой. В этом случае каждый слой представляет собой самостоятельное керамическое покрытие со своим набором положительных свойств,

не присущих другим слоям. В совокупности они должны обеспечить набор требуемых характеристик для покрытия, применяемого на инструменте (высокие твердость и ударную вязкость, низкую шероховатость, термодинамическую стойкость).

Целью настоящей работы является разработка архитектуры многослойных покрытий системы Ti-Cr-N с чередующимися слоями, обладающих различными механическими свойствами (микротвердость, модуль упругости), формируемых методом вакуумно-дугового осаждения.

Для повышения эксплуатационных свойств изделий, работающих в условиях высоких механических нагрузок и под воздействием коррозионных сред предложено формирование двухслойных покрытий, что должно привести к снижению уровня остаточных напряжений в покрытии и повышению их эксплуатационных свойств.

Для получения покрытий в работе использовали двухкатодную установку нанесения упрочняющих покрытий, оснащенную системой магнитной сепарации плазменного потока [3]. В данной конструкции потоки плазмы от различных источников смешиваются и конденсируются на подложке синхронно, что актуально при синтезе многокомпонентных соединений. Для получения покрытий были использованы катоды титана марки ВТ1-0 и хрома, реакционным газом являлся азот чистоты 99,98. В результате эксперимента была получена серия экспериментальных образцов двухслойных покрытий TiN-(Ti-Cr-N) толщиной 1-4 мкм с различным соотношением толщин слоев на подложках из кремния для структурных исследований, твердого сплава для исследования механических свойств и трибологических испытаний, а также нержавеющей стали для коррозионных испытаний. Исследования полученных образцов проводили методами рентгеновской дифракции, микроскопии и испытаниями физико-механических свойств.

Методом растровой электронной микроскопии определено, что в структуре двухслойных покрытий на основе системы Ti-Cr-N вне зависимости от технологических параметров осаждения наблюдается четкая граница между переходным слоем титана, слоем TiN со столбчатой структурой и многокомпонентным слоем Ti-Cr-N с дисперсной структурой (рис. 1).

Исследованиями установлено, что увеличение толщины верхнего слоя Ti-Cr-N приводит к снижению периода кристаллической решетки и повышению микротвердости двухфазных покрытий TiN-(Ti-Cr-N) всех толщин от 1 мкм до 4 мкм, что, вероятно, связано с ростом

объемной доли в покрытии твердого раствора Ti-Cr-N с нанокристаллической структурой. Наибольшие значения микротвердости (40 ГПа) имеют двухслойные покрытия TiN-(Ti-Cr-N) общей толщиной 3 мкм при соотношении толщин слоев TiN и Ti-Cr-N 1 мкм и 2 мкм, соответственно. При этом двухслойные покрытия TiN-(Ti-Cr-N) общей толщиной 1–4 мкм характеризуются ростом адгезионной прочности при равных толщинах слоев TiN и Ti-Cr-N либо большей толщине нижнего слоя TiN. Причем, увеличение общей толщины покрытия до 4 мкм приводит к значительному снижению силы адгезионного разрушения.

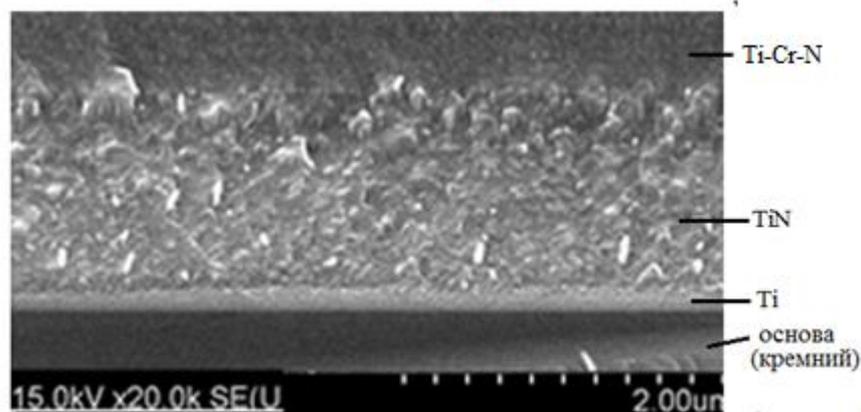


Рис. 1 - Фрактограмма двухслойного покрытия

Анализ приведенных результатов показывает, что для обеспечения оптимального соотношения твердости и адгезии двухслойных покрытий системы Ti-Cr-N необходимо, чтобы общая толщина покрытий не превышала 2–3 мкм, а соотношение толщины верхнего (Ti-Cr-N) и нижнего (TiN) слоев составляло 1:2.

Для улучшения износо- и коррозионной стойкости многослойных покрытий при упрочнении режущего инструмента предлагается архитектура покрытий, включающая последовательно чередующиеся слои нанометровой толщины (30–200 нм) на основе титана и его тугоплавких соединений в количестве от 4 до 50 (рис. 2). Идея такой архитектуры состоит в том, что при прикладывании к поверхности покрытия нормальной силы многослойная архитектура покрытия с чередующимися слоями различной твердости, модулем упругости будет способствовать снижению максимального напряжения при изгибе, пластической деформации твердых слоев, особенно в условиях циклических нагрузок и усталости. Чередование слоев TiN и Ti-Cr-N различной структурированности позволит снизить напряжения, как на границах слоев, так и покрытия в целом. Увеличение количества слоев приведет к росту протяженности

межфазных границ и, следовательно, к торможению процесса разрушения в покрытии, что в совокупности позволит повысить эксплуатационные характеристики инструмента – стойкость при работе в условиях ударных нагрузок и деформаций.

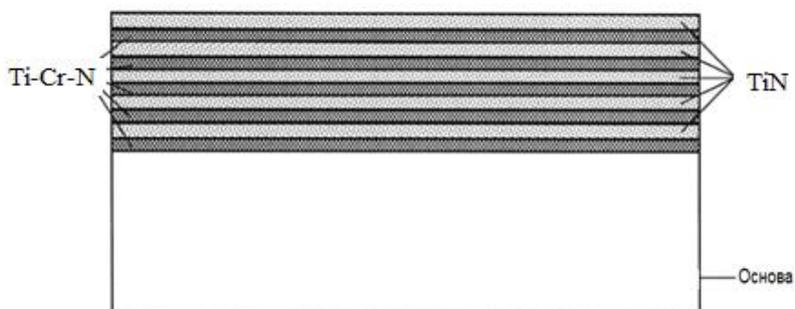


Рис. 2 - Схема многослойного покрытия

Выбор толщины слоев многослойного покрытия в интервале 30–200 нм обусловлен тем, что при толщинах менее 30 нм формируемое покрытие с учетом шероховатости поверхности основы не всегда будет сплошным, что не позволит обеспечить требуемые свойства покрытия. Толщина более 200 нм может быть нецелесообразной в связи с возможностью заметного роста размеров зерна покрытия, приводящего к увеличению внутренних напряжений и снижению эксплуатационных характеристик покрытия в целом.

Вывод: Предложена архитектура многослойных наноструктурных покрытий TiN-(Ti-Cr-N) с высоким уровнем микротвердости (до ~35 ГПа) и эксплуатационных свойств режущего инструмента за счет увеличенной протяженности межфазных границ в многослойном покрытии и повышенной энергии межатомной связи в многокомпонентном слое Ti-Cr-N.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта БРФФИ № T23PHFM-012.

Список использованных источников

1. Инженерия вакуумно–плазменных покрытий / Азаренков Н.А. [и др.]. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2011. –343 с.
2. S. Latushkina , D. Kuis , O. Posylkina , A. Kasperovich , E. Panin Synthesis of Al-Ti-Fe-Cr-Ni-N protective coatings by the method of vacuum-arc deposition from a separated vacuum flow // Materials Letters 303 (2021) 130527.
3. Latushkina, S., Posylkina, O., Kuis, D., Joglik, I., Sechko, I., Gordienko, D., Rakovets, A., Panin, E., Lezhnev, S. Formation of Corrosion-Resistant Nitride Coatings Based on Ti–Al–Cr–Fe–Ni High-Entropy Alloy // Steel Research International, 2024, 2300691, 6 p.

O.Yu. Latyshev¹, P.A. Latysheva¹, M. Luisetto², G.R. Mashori³

¹Mariinsky International Academy named after M. D. Shapovalenko
Moscow, Russia

²Mariinsky International Academy named after M. D. Shapovalenko
Piacenza, Italy

³People's University of Medical Sciences for Women
Islamabad, Pakistan

IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF SOCIALLY VULNERABLE CATEGORIES OF THE POPULATION BASED ON THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Abstract. The article presents an analysis of the prospects for the development of information and communication technologies in the third decade of the 21st century and beyond from the standpoint of improving the quality of life of socially vulnerable categories of the population of the state.

О.Ю. Латышев¹, П.А. Латышева¹, М. Луисетто², Г.Р. Машори³

¹Международная Мариинская Академия им. М.Д. Шаповаленко
Москва, Россия

²Международная Мариинская Академия им. М.Д. Шаповаленк,
Пьяченца, Италия

³Народный университет медицинских наук для женщины,
Исламабад, Пакистан

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СОЦИАЛЬНО УЯЗВИМЫХ КАТЕГОРИЙ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье представлен анализ перспектив развития информационно-коммуникационных технологий в третьем десятилетии XXI столетия и далее с позиций повышения качества жизни социально уязвимых категорий населения государства.

From the point of view of social psychology, fundamental changes occurring in the ideology and structure of information and communication technologies can be considered from the point of view of reflecting the needs of the mass user.

On the other hand, it is imperative to provide reasons for the expert community's concern about individual vectors of development of the information environment.

The subject of special concern for the modern community should be the features of the pronounced multifaceted destructive content of the sphere of information and communication technologies.

Every time it is proposed to strengthen the use of information and communication technologies in the field of education and culture, viable ideas for minimizing the harm they cause should be given in parallel.

To the extent possible, socio-psychological algorithms should be developed to completely eliminate the constructive influence of information and communication technologies on a person by replacing them with positive examples of their proper use.

At the same time, options for public reaction to the use of augmented reality objects for the purposes of fair and unfair advertising, entertainment shows should be demonstrated on a daily basis.

Constructive proposals should also be made on the use of objects in the sphere of information and communication technologies in the interests of modern science, culture and education at all levels.

It is necessary to promptly analyze the range of possible reactions of an unprepared psyche to unexpected angles of using information and communication technologies in the gaming industry, film business and during cultural events.

It seems necessary to regularly conduct research that allows us to determine the ways of domesticating information and communication technologies that can play a significant positive role in the everyday life of people with musculoskeletal disorders, the inevitable difficulties of various kinds that arise and the possibilities of their correct overcoming.

The authors consider it their direct duty to draw attention to the fact that a person who does not have noticeable problems with his musculoskeletal system can either domesticate the newly emerging opportunities of information and communication technologies, or seek ways to bypass this process in his life.

As for people with musculoskeletal disorders, they may be interested in more than just wheelchair modernization technologies or prosthetic devices for any part of the body.

Sensor technology, various remote-controlled devices, and especially new information and communication technologies that bring people with disabilities as close as possible to participation in the life of an equal opportunity society are also taken into account.

The need to organize a ramified experimental activity is also taken into account, which involves, in particular, analyzing the social aspects of the production of scientific knowledge based on STS.

In this case, the priority is seen in the accumulation of scientific knowledge capable of making life as easy as possible for socially vulnerable categories of the population with a fundamental improvement in its quality.

It seems appropriate to note that every year an increasing number of scientists working in the field of STS focus their research attention on the process of producing scientific knowledge.

Indeed, for the further development of society, it is absolutely important what knowledge will be accepted as scientific, research in this area - promising and highly relevant, and what - not, and what further consequences this may lead to.

The ability to protect humanity from as many social, humanitarian, man-made and other disasters as possible is capable, in particular, of improving the system of selection and classification of knowledge obtained as a result of scientific research, based on the balance of cognitive, non-cognitive and implicit values and their explicit recognition.

Considering the significant amount of funding for many of them, it is necessary to understand which areas in the near future will contribute to an increase in the growth of GDP of a particular state, which are destined to influence the course of development of fundamental research. And what areas, in turn, on the contrary, need to be withdrawn from funding due to the dubiousness of the results obtained, and the inability to influence a fundamental improvement in the quality of life of socially vulnerable groups of the country's population.

The main aspect that the authors pay attention to in each of their studies is what the society itself, financing certain studies and experiments, will become in the near and distant future, and to what extent it is possible to improve the quality of life of socially vulnerable groups of citizens of the state in question [1].

It is necessary to understand what influence the needs of people with disabilities have on the development of technologies. The authors proceed from the fact that the democratic ideals of an open society are directly related to the equality of opportunities for all its members.

In particular, it is implied that technologies should come to the aid of everyone, regardless of what the limitation of health opportunities of many of them may be. And if the leading component of this process is educational influence, teaching everyone and everything to listen to the needs of their neighbors, then the search for numerous technologies to satisfy these needs is also put at the forefront.

Speed and energy saving when moving, the ability to examine small objects at a considerable distance, while receiving vital information - this is only a small part of the spectrum of problems considered in this case.

The process of developing technologies that allow you to promptly isolate a signal addressed to you in the noise of a big city, indicating a danger of one kind or another, quickly determine the suitability of food products for consumption in connection with a particular type of disease, the quality of drinking water, etc., requires special analysis at the moment [2].

In this case, the priority is seen in the accumulation of scientific knowledge capable of making life as easy as possible for socially vulnerable categories of the population with a fundamental improvement in its quality.

It seems appropriate to note that every year an increasing number of scientists working in the field of STS focus their research attention on the process of producing scientific knowledge. Indeed, for the further development of society, it is absolutely important what knowledge will be accepted as scientific, research in this area - promising and highly relevant, and what - not, and what further consequences this may lead to.

The ability to protect humanity from as many social, humanitarian, man-made and other disasters as possible is capable, in particular, of improving the system of selection and classification of knowledge obtained as a result of scientific research, based on the balance of cognitive, non-cognitive and implicit values and their explicit recognition [3].

Considering the significant amount of funding for many of them, it is necessary to understand which areas in the near future will contribute to an increase in the growth of GDP of a particular state, which are destined to influence the course of development of fundamental research. And what areas, in turn, on the contrary, need to be withdrawn from funding due to the dubiousness of the results obtained, and the inability to influence a fundamental improvement in the quality of life of socially vulnerable groups of the country's population.

The main aspect that the authors pay attention to in each of their studies is what the society itself, financing certain studies and experiments, will become in the near and distant future, and to what extent it is possible to improve the quality of life of socially vulnerable groups of citizens of the state in question [4].

It is necessary to understand what influence the needs of people with disabilities have on the development of technologies. The authors proceed from the fact that the democratic ideals of an open society are directly related to the equality of opportunities for all its members.

In particular, it is implied that technologies should come to the aid of everyone, regardless of what the limitation of health opportunities of many

of them may be. And if the leading component of this process is educational influence, teaching everyone and everything to listen to the needs of their neighbors, then the search for numerous technologies to satisfy these needs is also put at the forefront [5].

Speed and energy saving when moving, the ability to examine small objects at a considerable distance, while receiving vital information - this is only a small part of the spectrum of problems considered in this case.

The process of developing technologies that allow you to promptly isolate a signal addressed to you in the noise of a big city, indicating a danger of one kind or another, quickly determine the suitability of food products for consumption in connection with a particular type of disease, the quality of drinking water, etc., requires special analysis at the moment.

References

1. Байер Е.А., Петрова Е.В., Латышев О.Ю. ДЕТСКИЙ ДОМ: СПОРТИВНОЕ ВОСПИТАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ / Социальная педагогика. 2014. № 1. С. 67-71.

2. Ильин В.Н., Латышев О.Ю. ОСНОВНОЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЕТЕЙ-СИРОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ / Медиаобразование. 2008. № 1. С. 62-66.

3. Латышев О.Ю. АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ШКОЛЬНОЙ ИННОВАТИКЕ / Школьные технологии. 2007. № 2. С. 182-184.

4. Латышев О.Ю. РАЗВИТИЕ МЕДИАОБРАЗОВАНИЯ В ИНТЕРНАТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ / Медиаобразование. 2008. № 2. С. 33-41.

5. Латышев О.Ю., Байер Е.А. ВОСПИТАНИЕ ОЛИМПЕЙСКОГО РЕЗЕРВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЕТСКИХ ДОМОВ) // На пути к XXII Олимпийским и XI Паралимпийским зимним играм. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Г.Д. Алексанянца. 2008. С. 76-82.

И.А. Левицкий, М.В. Дяденко, А.А. Козловская
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Приведены результаты исследований по повышению светопропускания волоконных оптических элементов на основе жесткого оптического волокна в системе «световедущая жила – светоотражающая оболочка – защитная оболочка».

I.A. Levitskii, M.V. Dyadenko, A.A. Kozlovskaya
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF FIBER-OPTICAL ELEMENTS

Abstract. The results of research on increasing the light transmission of fiber-optical elements based on rigid optical fiber in the "light-guiding core–reflective coat–protective coat" system are presented.

Целью исследований явилось изучение причин брака, возникающих при производстве волоконно-оптических элементов в условиях ОАО «Стеклозавод «Оптик». Действующая технология изготовления обеспечивает выпуск годных оптических элементов, составляющих 58 – 60 %. Кроме того, наблюдаются потери от брака в производстве единичных волокон, составляющие 28 – 32 %.

Единичное оптическое стеклянное волокно имеет световедущую жилу из оптического стекла с высоким показателем преломления, а также светоотражающую оболочку из оптического стекла с меньшим показателем преломления и защитную оболочку, изготовленную из окрашенного стекла.

Энергия светового потока в световедущей жиле способна вызвать рассеяние света, который теряется по следующим направлениям. Прежде всего, наблюдается отражение Френеля на поверхности раздела воздух – стекло и стекло – воздух. Потери могут происходить при отражении от поверхностей раздела световедущей жилы и светоотражающей оболочки. Кроме того, рассеяние может быть вызвано поглощением света стеклами вследствие несогласованности их

показателей преломления.

Разница квадратов показателей преломления стекла световедущей жилы и светоотражающей оболочки, называемая апертурой, должна составлять не менее 1,0.

Кроме значений показателей преломления стекол световедущей жилы и светоотражающей оболочки, светопропускания и спектральных характеристик, стекла должны удовлетворять ряду требований, включающих, кроме того, геометрию жилы и оболочки. К ним относятся химическая совместимость, определенное соотношение температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) в температурной зоне их формирования, учитывающее также сложный характер его зависимости от температурной вязкости [1, 2].

Должна также обеспечиваться требуемая термомеханическая прочность оптического волокна, которая достигается за счет минимального различия по величине ТКЛР между стеклами световедущей жилы и защитной оболочки, составляющая $(0,5 - 0,7) \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$. Стабильность процесса вытягивания единичного оптического волокна обеспечивается согласованностью вязкости стекол световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек в интервале температур 600 – 1100 °С.

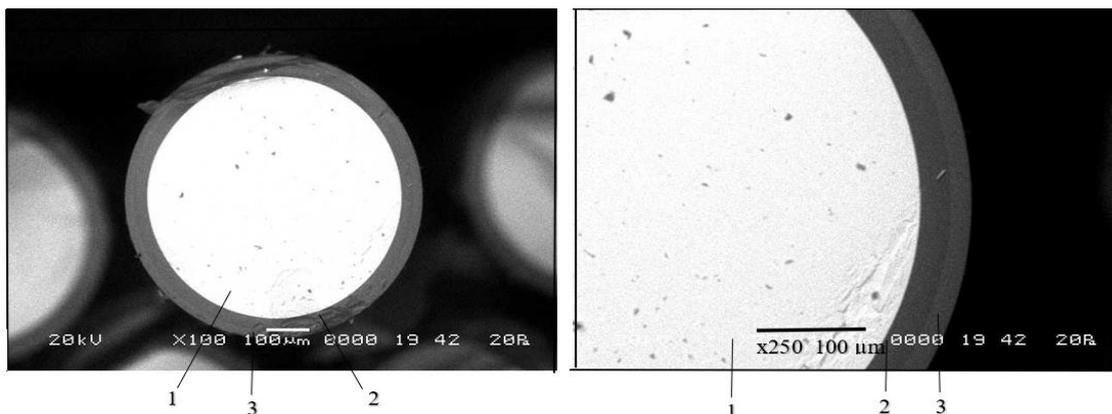
Электронно-микроскопическими исследованиями установлено наличие на поверхности стеклянного волокна световедущей жилы ряда шероховатостей, размеры которых сравнимы с длиной световой волны.

Кроме того, поверхность волокна способна притягивать микрочастицы из окружающей среды. На данных шероховатостях и микрочастицах наблюдается рассеяние энергии световой волны, проникающей за поверхность оптического волокна.

Поглощением называется процесс, при котором неоднородности волокна поглощают оптическую энергию и преобразуют ее в тепло. Свет при этом становится тусклым. Это связано также с наличием молекул воды в волокне. К другим неоднородностям относится наличие ионов железа, меди, кобальта, ванадия и хрома. Доли концентрации этих ионов должна поддерживаться на уровне миллиардной [1].

Наблюдаются также потери, связанные с микроизгибами [1, 2].

Требуется, чтобы оптическая среда, прилегающая к световедущей жиле, обладала прозрачностью и образовывала идеально гладкую поверхность раздела, не имеющую оптических неоднородностей и наличия пузырьков воздуха. Необходимо, чтобы энергия световой волны от светоотражающей оболочки полностью возвращалась в световедущую жилу (рис. 1).



1 – световедущая жила; 2 – светоотражающая оболочка; 3 – защитная оболочка

Рис. 1 - Электронно-микроскопические снимки единичного жесткого оптического волокна

В оптическом волокне, в котором световедущая жила и светоотражающая оболочки выполнены из исследованных оптических стекол, потери световой энергии при полном внутреннем отражении были незначительны и составляли не более 8 %.

Важным фактором является также устранение обрыва волокон на стадии их формирования. Фактором, обуславливающим обрывы, является термическая и химическая неоднородность стекломассы, обусловленная вязкостью. При обрывности волокон в зоне их формирования могут оказывать влияние воздушные потоки, вызываемые сквозняками, естественной конвекцией и вентиляцией, а также другими причинами. Менее значимы местные охлаждения, обусловленные загрузкой холодного гранулята.

При изготовлении волоконно-оптических элементов большое значение имеет температура спекания волокон в блоки, которая зависит от состава стекол, распределения температур в спекаемой заготовке во времени. Важную роль при спекании играет материал формы для опрессовки и создаваемое давление.

При изготовлении пластин и других оптических волоконных изделий необходимо заполнение стеклом защитной оболочки пространства между отдельными волокнами, избегая деформации световедущих жил волокна. Плотной укладке препятствует воздух, заполняющий пространство между отдельными волокнами. Поэтому нарастание давления при опрессовке следует вести постепенно, чтобы уменьшалось расстояние между единичными волокнами постепенно, способствуя вытеснению воздуха.

Соотношение между рабочей площадью торца световедущего элемента и его нерабочей площадью может колебаться в значительных пределах. Это обусловлено следующими факторами: общим наличием

оболочек, количеством дефектных (потухших) волокон, газовых каналов, нарушением сплошности укладки, деформацией волокон и другими причинами.

В волоконно-оптических элементах следует отдавать предпочтение световедущим жилам малого диаметра. В этом случае, при наличии 5 – 10 % дефектных волокон, равномерно расположенных по сечению элемента, происходят потери значений коэффициента светопропускания световода, но практически не изменится его разрешающая способность [1, 2].

Светопропускание оптического волокна и оптических волоконных элементов характеризуется коэффициентом светопропускания, который определяется отношением величины светового потока, падающего на входной торец волокна или волоконно-оптического элемента, отнесенный к величине светового потока, прошедшего через волокно или оптический элемент до его выходного торца.

Потери в многожильных волоконных элементах зависят от полезной площади сечения, обусловленных заполнением площади сечения световедущими жилами. Световой поток, падающий на входной торец, занятый световедущими оболочками, чаще всего обеспечивает нормальное падение. Если падение произойдет под углом на участки, занятые оболочками, то он уйдет через боковую поверхность волокна.

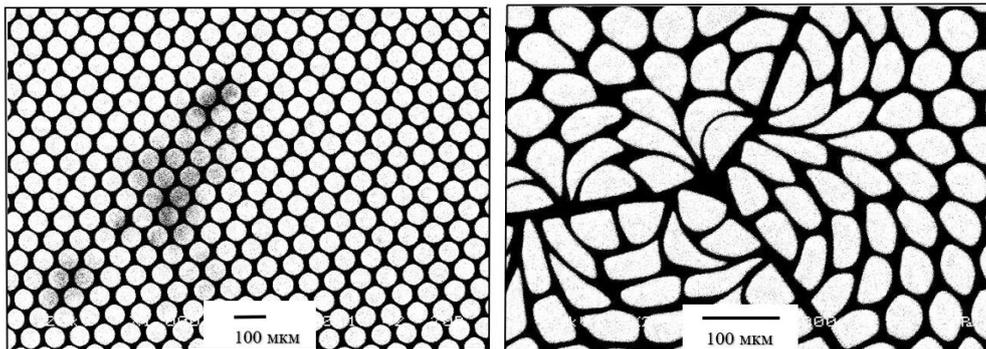
Установлено, что косые лучи, падающие по углом, могут быть переданы только волокнами, имеющими в поперечном сечении идеальный круг, эллипс или правильный многоугольник.

Даже небольшие отклонения от идеально правильной геометрической формы приводит к резкому снижению количества лучей, способных проходить вдоль волокна до его выходного торца.

Известно [1, 2], что для повышения разрешающей способности оптического волоконного элемента необходимо учитывать диаметр световедущей жилы при сохранении определенного оптимального значения толщины светоотражающей оболочки.

Так, в условиях производства ОАО «Стеклозавод «Оптик» толщина световедущей жилы составляет 60 ± 1 мкм, светоотражающей оболочки 32 ± 1 мкм, защитной оболочки – 28 ± 1 мкм.

Кроме того, оптические волокна в пучке, предназначенные для изготовления оптического элемента, должны иметь одинаковый диаметр и постоянное соотношение диаметра световедущих жил и светоотражающих оболочек (рис. 2).



1 – качественная укладка пакета; 2 – нарушение геометрии волокон на границе укладки

Рис. 2 – Электронно-микроскопический снимок пакетов из многожильных волокон

Одним из главных технологических факторов при формировании пакетов является затухание, связанное с потерей световой энергии [1, 2].

Оно может происходить по следующим причинам: из-за поперечной невыравненности световедущей жилы и светоотражающей оболочки, различий в диаметре световедущей жилы, несовпадение осей волокон. При этом числовая апертура волокон световедущей жилы и светоотражающей оболочки может быть ниже допустимой. Важное значение также принадлежит отражению от концов волокон, наличие зазоров между концами волокон, а также конечная отделка и чистота их.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 1.4 ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биорхимия» подпрограммы «Химические технологии, процессы и реагенты» на 2021 – 2025 гг.

Список использованных источников

1. Бейли, Д. Волоконная оптика. Теория и практика / Д. Бейли, Э. Райт. – М.: КУДИЦ – ОБРАЗ. – 2006. – 320 с.
2. Стерлинг, Д. Дж., младший. Техническое руководство по волоконной оптике / Д. Дж. Стерлинг, младший. – М.: ЛОРИ, 1988. – 288 с.
3. Оптические волокна и волоконные элементы: Сб. статей и переводов под ред. Блоха К. И., Соскиной Г. А. – М.: Химия. – 1972. – 264 с.

УДК621.771; 621.777

**С.Н. Лежнев¹, А.Б. Найзабеков¹, Д.В. Куис²,
А.О. Толкушкин¹, Е.А. Панин³, А.С. Арбуз⁴**

¹Рудненский индустриальный университет

Рудный, Казахстан

²Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

³ Карагандинский индустриальный университет

Темиртау, Казахстан

⁴Назарбаев Университет

Астана, Казахстана

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ ВИНТОВОЙ АРМАТУРЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ НОВОЙ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ «РАДИАЛЬНО-СДВИГОВАЯ ПРОКАТКА – СКРУЧИВАНИЕ В ВИНТОВОЙ МАТРИЦЕ»

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния нового способа получения винтовой арматуры - «радиально-сдвиговая прокатка – скручивание в винтовой матрице» на эволюции микроструктуры получаемой арматуры. Проведенные исследования показали, что в ходе реализации разработанного совмещенного процесса была получена винтовая арматура с градиентной ультрамелкозернистой структурой.

**S.N. Lezhnev¹, A.B. Naizabekov¹, D.V. Kuis²,
A.O. Tolkushkin¹, E.A. Panin³, A.S. Arbuz⁴**

¹ Rudny Industrial University

Rudny, Kazakhstan

² Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

³ Karaganda Industrial University, Temirtau

Kazakhstan

⁴ Nazarbayev University

Astana, Kazakhstan

INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE EVOLUTION OF SCREW FITTINGS OBTAINED BY A NEW COMBINED PROCESS "RADIAL SHEAR ROLLING - SCREW TWISTING"

Abstract. This work is devoted to the study of the influence of a new method for producing screw fittings - "radial shear rolling - screw twisting" on the microstructure evolution of the resulting reinforcement. The conducted studies have shown that during the implementation of the developed combined process, screw fittings with a gradient ultrafine-grained structure were obtained.

Винтовая арматура относится к особой группе строительной арматуры. Ее отличительная особенность, которая отличает ее от обычной рифлёной арматуры это то, что ребра ее профиля образуют по всей длине стержня, так называемую винтовую резьбу. На такую резьбу возможно закручивание различных резьбовых крепежных элементов, например: гайки или соединительные муфты. Данная особенность винтовой арматуры открыла ей более широкую область использования в строительной отрасли.

Используемая уже не одно десятилетие в строительной отрасли арматура, в том числе и винтовая, хоть и достаточно прочная, но в условиях возросшего спроса к качеству железобетонных конструкции соответственно возрастают требования и к качеству арматуры, в том числе и к увеличению ее жизненного цикла. Поэтому разработка новых или усовершенствование ранее известных технологий получения высококачественной продукции в виде упрочненного арматурного профиля различного назначения является в настоящее время актуальной задачей.

Ранее нами была разработан новый высокотехнологичный способ получения винтовой арматуры, который совмещает в единый технологический процесс деформирование исходных прутков с помощью радиально-сдвиговой прокатки, а также проталкивание и скручивание деформируемого прутка в винтовой матрице, обеспечивающей формирование винтового профиля арматуры [1]. Возможность реализации данного способа получения винтовой арматуры была доказана, как теоретически с помощью компьютерного моделирования [2-3], так и экспериментально [4].

Целью данной работы является исследование влияния данного способа получения винтовой арматуры на эволюции микроструктуры стали марки 25Г2С, из которой изготавливалась данная винтовая арматура.

Для достижения поставленной цели был проведен лабораторный эксперимент. В качестве исходных заготовок для проведения данного эксперимента были использованы заготовки из стали марки 25Г2С диаметром 30 мм и длиной 150 мм, которые были подвергнуты гомогенизирующему отжигу. Технология получения винтовой арматуры новым способом включала в себя два этапа: 1-й этап - прокатка исходной заготовки на стане радиально-сдвиговой прокатки РСП 10-30 для создания первоначальных условий для формирования в будущем получаемой винтовой арматуре градиентной ультрамелкозернистой структуры; 2-й этап – деформирование полученной на первом этапе цилиндрической заготовки на уже

созданной совмещенной установке с целью получения винтовой арматуры с градиентной ультрамелкозернистой структурой.

При реализации первого этапа заготовки диаметром 30 мм перед деформированием на стане радиально-сдвиговой прокатки РСП 10-30 подвергали нагреву до температуры 1100°C и выдержке при данной температуре. После чего было осуществлено деформирование данных заготовок на стане радиально-сдвиговой прокатки до диаметра 24 мм за 2 прохода по схеме $\text{Ø}30 \rightarrow \text{Ø}27 \rightarrow \text{Ø}24$ с шагом абсолютного обжатия по диаметру за проход равном 3,0 мм. После чего заготовки были отправлены обратно в печь температура, в которой была снижена до 1000 °С для подогрева. На втором этапе деформирование заготовок диаметром 24 мм уже было осуществлено на собранной совмещенной установке, т.е. заготовка прокатывалась в рабочей клетке стана РСП 10-30 с абсолютного обжатия по диаметру 5 мм, на выходе из которой она входила в винтовую матрицу и за счет заталкивающего усилия создаваемого валками, проталкивалась через винтовой канал.

Исследование эволюции микроструктуры, как исходных заготовок, так и полученных после реализации первого этапа деформирования прутков и после второго этапа винтовой арматуры, проводили с помощью оптической микроскопии на микроскопе Olympus VХ63М. На рис. 1 представлена микроструктура исходных заготовок и полученной арматуры.

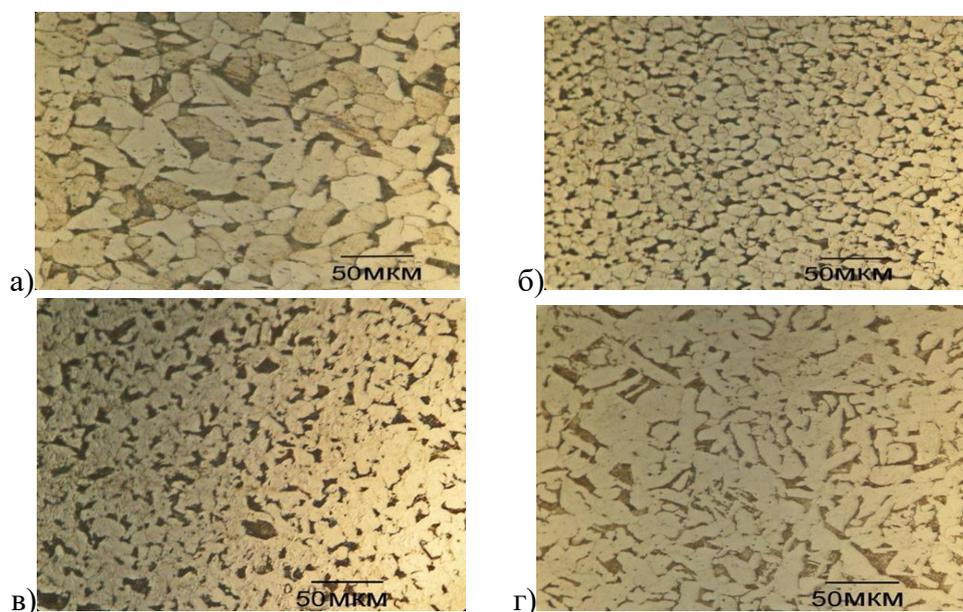


Рис. 1 - Микроструктуры стали марки 25Г2С, $\times 500$ (в продольном направлении):

а – исходная (после отжига); **б, в, г** - винтовой арматуры (**б** – поверхность, **в** – на расстоянии 0,25 диаметра заготовки, **г** - центр)

Проведенный металлографический анализ показал, что исходная структура прутков из стали 25Г2С, подвергнутых гомогенизирующему отжигу, представляет собой зерненую структуру со средним размером равноосного зерна лежащем в интервале 45-50 мкм (рис. 1 а). Исследованиями определено, что после радиально-сдвиговой прокатки исходный размер зерен стали 25Г2С существенно уменьшился. Микроструктура периферийной зоны продеформируемых на стане радиально-сдвиговой прокатки прутков представлена мелкодисперсной равноосной, преимущественно рекристаллизованной зерненной структурой (средний размер зерна 17-20 мкм), а центральная часть сохраняет преимущественно деформированные волокнистые зерна, т.е. вытянутые в направлении прокатки зерна с размерами, лежащими в интервале $25 \div 75 \times 10 \div 50$ мкм. Преимущественная ориентация зерен в центральной зоне продеформированного прутка полностью соответствует воздействию одноосной монотонной деформации, реализуемой при РСП в данной зоне. В промежуточной зоне также наблюдаются вытянутые деформированные зерна, но их размер уменьшился в продольном направлении. При этом, большинство зерен в промежуточной зоне имеет ориентацию отличную от имевшей место в центральной зоне продеформированного прутка. Структура в промежуточной зоне продеформированного на стане РСП прутка, по всем признакам относится к переходной [5]. Т.е. в ходе предварительной радиально-сдвиговой прокатки нами в прутке из стали 25Г2С была получена градиентная по сечению прутка структура.

Анализ микроструктуры стали 25Г2С после реализации последующего (второго) этапа деформирования, т.е. после деформирования уже предварительно прокатанных на стане РСП прутков на совмещенной установке, показал, что за счет установки на стан радиально-сдвиговой прокатки винтовой матрицы, мы не только получаем винтовую арматуру, но и дополнительно модифицируем ранее полученную градиентную структуру стали 25Г2С. Так во всех (центральной, промежуточной и поверхностной) зонах полученной винтовой арматуры размер зерна еще дополнительно уменьшился. В поверхностной зоне размер зерна уменьшился до размеров 12-15 мкм (рис. 1 б). В центральной и промежуточной зонах, за счет возникающего со стороны винтовой матрицы противодействия и дополнительного скручивания прутка в данной матрице, произошло модифицирование ранее полученной после РСП структуры. Так в центральной зоне начало происходить перестроение имеющейся ранее полосчатой текстуры: зерна в данной зоне также остались вытянутые,

но появилась их разориентация по направлениям (рис. 1 в). Промежуточная зона после реализации совмещенного процесса имеет уже преимущественно мелкозернистую равноосную структуру с размером зерен порядка 19-22 мкм (рис. 1 г).

Вывод: Проведенные металлографические исследования показали, что в ходе реализации нового совмещенного процесса была получена винтовая арматура с градиентной структурой. В частности, была получена арматура с ультрамелкозернистой рекристаллизованной зеренной структурой в поверхностной зоне, и с вытянутыми разориентированными по направлению зернами в центральной зоне данной арматуры (в отличие от структуры центральной зоны, получаемой при РСП - ориентированная полосчатая структура).

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP14869135).

Список использованных источников

1. Патент на полезную модель РК №4972. Способ формирования и упрочнения винтового арматурного стержня. Лежнев С.Н., Найзабеков А.Б., Панин Е.А., Толкушкин А.О. 2020. Бюл.20.

2. S. Lezhnev, A. Naizabekov, E. Panin, A. Tolkushkin, D. Kuis, A. Kasperovich, R. Yordanova. Development and computer simulation of the new combined process for producing a rebar profile// Modelling and Simulation in Engineering, 2023, Vol. 2023, 7348592.

3. S. Lezhnev, E. Panin, A. Tolkushkin, D. Kuis, A. Kasperovich. Development and computer simulation of a new technology for forming and strengthening screw fittings/ J. Chem. Technol. Metall., 2023, Vol. 58, Iss. 5. - P. 955-960.

4. С. Лежнев, Е. Ширяева, А. Толкушкин, С. Кузьмин, Е. Панин. Создание и апробация установки для реализации инновационной технологии получения высококачественного винтового арматурного профиля на базе мини-стана радиально-сдвиговой прокатки// XXI International Congress «Machines, Technologies, Materials», Bulgaria, Proceedings, 2024, Volume II. – P.179-180.

5. A. Naizabekov, S. Lezhnev, E. Panin, I. Volokitina, A. Kasperovich. Realization of the innovative potential of radial-shear rolling for forming the structure and mechanical properties of AISI-321 austenitic stainless steel, Revista Materia, 2021 Vol. 26, Iss. 3, e13018

**Л.А. Ленартович, Н.Р. Прокопчук,
А.М. Тригубович, Е.А. Чепелевич**
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПОВЕРХНОСТНОЕ ОКРАШИВАНИЕ ПЭТ-ВОЛОКОН

***Аннотация.** В данной работе исследован процесс поверхностного окрашивания ПЭТ-волокон, содержащих наноксид цинка. Оценивалась способность к окрашиванию ПЭТ пигментом фталоцианиновым зеленым. Результаты экспериментов показали, что добавление наноксида цинка может способствовать сокращению продолжительности окрашивания при одновременном сохранении интенсивной окраски волокон.*

**L.A. Lenartovich, N.R. Prokopchuk,
A.M. Trigubovich, E.A. Chepelevich**
Belarusian State Technological University,
Minsk, Belarus

SURFACE STAINING OF PET FIBERS

***Abstract.** In this paper, the process of staining PET fibers containing zinc nanooxide is investigated. The ability to dye PET with phthalocyanine green pigment is evaluated. The experimental results show that the addition of zinc nanooxide reduces the dyeing time while maintaining the intense color of the fibers.*

В настоящее время наблюдается тенденция к ежегодному росту производства и потребления изделий из полиэтилентерефталата (ПЭТ). Об этом свидетельствует тот факт, что использование ПЭТ в Российской Федерации в 2023 г по сравнению с 2022 г выросло на 8%. Одновременно наблюдается увеличение выпуска волокнистых материалов из ПЭТ. Это связано с их высокой востребованностью для производства одежды, средств индивидуальной защиты, текстиля для строительства и промышленности (геотекстиль), медицинских изделий, корда для автошин и другой разнообразной продукции. Полиэфирные волокна обладают уникальными свойствами: помимо высоких технических характеристик (однородность по толщине, высокая прочность, химическая стойкость, устойчивость к многократным деформациям, истиранию), изделия из них характеризуются хорошими воздухопроницаемостью, гигиеничностью и гипоаллергенностью [1]. Однако, при использовании таких материалов возникают и некоторые трудности. Так технология

получения полимерных волокон включает обязательную стадию термовытяжки, которая приводит к дополнительной ориентации и упрочнению волокна. При вытягивании происходит получение волокна очень плотной упаковки, в связи с чем сильно уменьшается его способность к окрашиванию. Поэтому, полиэфирные волокна относятся к трудно окрашиваемым [2]. Для расширения области применения ПЭТ и повышения эстетических качеств изделий необходимо разрабатывать эффективные методы окрашивания, которые обеспечивают не только привлекательный внешний вид, но и долговечность изделий. В последние годы особое внимание уделяется использованию наноксидов металлов в качестве добавок в полимерные композиции. Поэтому, целью нашего исследования было изучение влияния наноксида цинка, введенного на стадии синтеза в концентрации 0,015 мас.%, на способность к окрашиванию ПЭТ-волокон. Введение наноксида цинка в полимерную матрицу на стадии синтеза проводили с помощью лабораторной установки на ОАО «МогилевХимволокно». Порошок наноксида цинка (ООО «Томские нанопорошки», РФ) имеет распределение частиц по размерам от 40 нм до 90 нм, площадь удельной поверхности составляет 15 м²/г.

Предварительно проводили исследования по выбору красителя, обеспечивающего хорошую интенсивность окрашивания и устойчивость цвета. Для этих целей использовали: сикомин красный, антол бордовый, фталоцианиновый синий, фталоцианиновый зеленый и бриллиантовый зеленый. Окрашивание проводили с различной продолжительностью от 1 до 24 ч. Также изменяли pH-среды от кислого до щелочного. В результате для дальнейших исследований был выбран пигмент фталоцианиновый зеленый. Окрашивание ПЭТ-волокон фталоцианиновый зеленым заключалось в приготовлении раствора пигмента в ацетоне концентрацией 3,5 и 10 мас. % и последующей выдержке образцов в течении 1,2 и 4 ч. Для оценки интенсивности окрашивания волокон использовали относительные значения отличия в цветности, полученные с помощью оптического микроскопа ЛОМО mVizo-103, оснащенного фотокамерой МТ9Т031. Для оценки отличия в цветности окрашенных волокон и контрольных использовали программу для вычисления средних значений цвета для участков двух изображений, определения отличий в цветности и вывода данных в виде графика. Показатель отличия в цветности выражается в разности значений цветового канала для окрашенного образца (RGB) в сравнении с значениями в контроле (неокрашенный ПЭТ).

Полученные относительные значения отличия в цветности после окрашивания волокон, полученных из чистого ПЭТ, и волокон, содержащих 0,015 мас. % наноксида цинка представлены в таблице.

Таблица – Характеристика поверхности ПЭТ-волокон после окрашивания

Концентрация красителя, масс %	Время выдержки, ч	Отличия в цветности	
		ПЭТ	ПЭТ+ZnO
3	1	123	126
	2	77	139
	4	111	109
5	1	111	72
	2	124	128
	4	134	105
10	1	101	129
	2	133	151
	4	159	114

Из представленных данных видно, что интенсивность окрашивания композиций зависит от концентрации красителя в растворе и времени окрашивания. При окрашивании исходного ПЭТ наблюдается повышение интенсивности окраски с увеличением концентрации красителя и времени окрашивания с 1 до 4 ч. Для композиций с оксидом цинка для всех концентраций раствора красителя наблюдается появление максимальной интенсивности окрашивания в течении 2 ч, при увеличении продолжительности окрашивания до 4 ч интенсивность окраски снижается, что, возможно, связано с достижением оптимальной равновесной концентрации красителя на поверхности волокна. Наилучшая интенсивность окрашивания для композиций с ZnO достигается при экспозиции в течение 2 ч в 10%-ном растворе красителя. Такого же результата можно добиться при окрашивании исходного ПЭТ только при увеличении времени окрашивания в 2 раза. Таким образом, можно предположить, что использование наночастиц оксида цинка позволит сократить время окрашивания ПЭТ-волокон.

Список использованных источников

1. Рева О. В., Назарович А. Н., Богданова В. В. Закрепление нетоксичных антипиренов на поверхности полиэфирных волокон // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 107–116.

2. Андросов В. Ф. Крашение синтетических волокон: учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 272 с.

УДК 674.048

О.К. Леонович, С.А. Дупанов, М.О. Шевчук, И.К. Божелко
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СООРУЖЕНИЙ X-XI ВЕКОВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ГОРОДИЩЕ СЕЛИЩЕ

Аннотация. Отобраны образцы археологической древесины, сохранившейся в переувлажнённом грунте с различной глубины на комплексе Городище Селище. Подобраны методики физико-химических исследований. Установлены видовой состав древесины, влажность и зольность образцов, содержание железа в образцах

O.K. Leonovich, S.A. Dupanov, M.O. Shauchuk, I.K. Bazhelka
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

RESEARCH OF WOOD STRUCTURES OF THE 10TH-11TH CENTURIES AT THE ARCHAEOLOGICAL COMPLEX GORODISHE SELISHCHE

Abstract. Samples of archaeological wood preserved in waterlogged soil were selected from various depths at the Gorodishe Selishche complex. Methods for physical and chemical research have been selected. The species composition of wood, moisture and ash content of samples, iron content in samples have been established

Целью данного исследования было извлечение образцов морёного дуба и исследование их свойств. Образцы были извлечены из толщи породы при раскопках, производимых на реке Менке (район деревни Городище).

Примерно в 10 километрах к западу от современного Минска, на берегу реки Менки при впадении в нее ручья Дунай, расположено древнее городище, под остатками земляных укреплений (валов) сотрудниками Государственное научное учреждение «Институт

истории Национальной академии наук Беларуси» были найдены хорошо сохранившиеся деревянные срубы-клетки. По предположению академика НАН Беларуси А.Н. Ясинского, выдвинутому примерно 100 лет тому назад, именно здесь находился летописный Минск. Раскопки, проводимые под руководством Заведующего отделом археологии Средних веков и Нового времени Государственного научного учреждения «Институт истории Национальной академии наук Беларуси», кандидата исторических наук, доцента А. В. Войтеховича подтверждают это утверждение.

Отбор образцов древесины производился сотрудниками кафедр ТДП и ОХ БГТУ (авторами статьи) в мае-сентябре 2024 года с различных глубин залегания в насыпном валу под наблюдением А. В. Войтеховича. Необходимо отметить достаточно хорошую сохранность нижних венцов деревянных клеток.

Авторами был установлен основной видовой состав древесины – дуб.

Радиоуглеродный анализ произведенный по заказу ГНУ «Института Истории НАНБ» показал, что деревья для сооружения деревянных укреплений насыпного вала были срублены в 990-1000 года н. э.

Установлена влажность поднимаемой древесины. Она колеблется в пределах 110%–200%.

Для определения структурных и химических свойств натурального и мореного дуба разных периодов залегания был использован сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201JEO, который позволяет проводить одновременно автоматический качественный и количественный химический анализ.

Микросъемку поверхности заранее подготовленных образцов древесины натурального мореного дуба размером 10×10×10 мм помещали в герметичную камеру рабочей части микроскопа, после чего из пространства автоматически откачивался воздух для увеличения точности измерений и качества снимков. С помощью графического интерфейса, исполненного под MSWindows, и системы автоматического управления подвижным столом микроскопа (по двум координатам), а также приближения-удаления объектива возможно получение 8-битных (оттенки серого) снимков поверхности пробы при различном приближении. Снимки древесины получали с приближением в 100 до 500 раз.

Система химического анализа EDX JED-2201JEO позволяет одновременно проводить автоматический качественный и

количественный химический анализ до 99 участков изображения исследуемого образца, также получать карты и профили распределения элементов.

Разрешающая способность микроскопа JSM-5610 LV составляет 3,0–4,5 нм, кратность увеличения – 18–300 000. Анализируемые элементы системы химического микроанализа от В (бор) до U (уран), диапазон определяемых концентраций – 0,1–100,0%.

В результате проведения спектроскопии натурального мореного дуба широкой возрастной группы были получены следующие данные. Органический состав натурального мореного дуба значительно отличается от любого другого вида дерева. Содержание углерода – 70–90%, кислорода — 2–8%.

Минеральный состав также очень богат: содержание железа – до 16%, кальция – до 8%, а также выявлен ряд других элементов в большом количестве, отраженных в таблице.

Также наблюдается закономерность увеличения процентного содержания минеральной составляющей мореного дуба от времени пребывания в бескислородной среде.

При испытании образцов мореного дуба с установленными периодами возраста 1000 лет определено, что содержание углерода и калия уменьшилось, кислорода, железа и кальция увеличилось в сравнении с древесиной натурального дуба.

Зольность определялась по методике.

Исследуемая проба в количестве 10 г измельчалась, перемешивалась. Перед анализом в пробе определялась влажность высушиванием в сушильном шкафу. В фарфоровый тигель помещалась навеска сырья 2–3 г с точностью 0,0002 г и ставилась на включенную электрическую плитку под тягой. Когда навеска сырья сгорала, тигель помещался в муфельную печь и остаток прокаливался при температуре 600°C в течение 3–4 ч для полного удаления углерода. Если через 4 ч прокаливания зола имела черные частицы или серый цвет, то она смачивалась 3–5 каплями 3%-ного раствора пероксида водорода и тигель ставился на включенную электрическую плитку для испарения жидкости. Затем тигель с золой вновь помещался в муфельную печь, прокаливался в течение 1 ч при температуре 600°C и переносился в эксикатор. После охлаждения до комнатной температуры тигель с золой взвешивался и снова ставился в муфельную печь для контрольного прокаливания на 1 ч. Если при этом количество золы изменилось не более чем на 0,0003 г, то прокаливание считалось законченным. Зольность выражалась в процентах к массе пробы [1, с. 32–33]. Зольность археологической древесины составила 6–8%.

Для определения содержания железа в образцах древесины был использован сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201JEO. Предварительно образцы были сожжены и в золе определялось содержание железа. Содержание железа в образцах древесины составило 0,50–2,00%, что близко с результатами, полученными ранее [2].

Нами были сделаны попытки определения содержания легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГПС) и трудногидролизуемых полисахаридов (ТГПС) по приведённым ниже методикам.

Содержание моносахаридов в гидролизатах определялось по содержанию редуцирующих веществ (РВ) – эбулиостатически по стандартной методике [1, с.33–39].

Эбулиостатический метод основан на принципе прямого титрования горячего меднощелочного раствора раствором сахара в эбулиостате, устройство которого позволяет проводить анализ в токе водяного пара, без доступа воздуха к поверхности реагирующей жидкости [1, с. 33–39].

Определение содержания ЛГПС происходило по следующей методике.

Навеска растительной ткани около 5 г, взвешенная с точностью $\pm 0,0002$ г, помещалась в коническую колбу вместимостью 500 см³, в которую приливалось 200 см³ 2%-ного раствора соляной кислоты

[1, с.139–142]. Колба ставилась на кипящую водяную баню и закрывалась пробкой, в которую вставлен обратный холодильник. Через 3 ч нагревание прекращалось. Содержимое реакционной колбы фильтровалось на воронке Бюхнера через бумажный фильтр. Остаток на фильтре (целлолигнин) промывался горячей водой до отрицательной реакции на кислоту по метиловому оранжевому и сохранялся для определения в нем ТГПС. Фильтрат и промывные воды соединялись вместе в мерной колбе вместимостью 500 см³ и объем доводился дистиллированной водой до метки. Полученный раствор гидролизата ЛГПС после тщательного перемешивания анализировался на содержание РВ эбулиостатическим методом.

Определение содержания ТГПС определялось следующим образом. Целлолигнин – остаток после гидролиза ЛГПС – переносился на часовое стекло, подсушивался при 50–60°C до воздушно-сухого состояния [1, 139–142]. Количественно переносился в стакан или фарфоровую чашку, заливался 40 см³ 80%-ной серной кислоты и тщательно перемешивался стеклянной палочкой. Гидролиз целлолигнина концентрированной серной кислотой продолжался 3 ч, реагирующая смесь тщательно перемешивалась через каждые 15–

20 мин. За это время ТГПС превращались в декстрины. Для проведения инверсии декстринов к реагирующей смеси прибавлялось 20–30 см³ воды и раствор количественно переносился в коническую колбу вместимостью 1 л, при этом расходовалось 600 см³ дистиллированной воды. Колба с реагирующей смесью ставилась на кипящую водяную баню, закрывалась пробкой, в которую был вставлен обратный холодильник, и нагревалась в течение 5 ч. Затем раствор образовавшихся моносахаридов фильтровался на воронке с ситчатым дном через полотняный фильтр. Остаток (лигнин) на фильтре промывался небольшими порциями горячей воды до отрицательной реакции промывной воды на кислоту по индикатору метиловому оранжевому.

Фильтрат и промывные воды количественно переносились в мерную колбу вместимостью 1000 см³, объем раствора доводился дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивался. В мерную колбу вместимостью 100 см³ вливалось 50 см³ (отмеривание пипеткой) полученного гидролизата и осторожно по каплям при постоянном перемешивании прибавлялось 10 см³ 20%-ного раствора натрия гидроксида для нейтрализации серной кислоты. После охлаждения нейтрализованного раствора до комнатной температуры его объем доводился до метки, прибавлялась дистиллированная вода. Раствор хорошо перемешивался и анализировался на содержание РВ эбулиостатическим методом. Содержание ТГПС по известным зависимостям определялось из значения количества полученных РВ.

Полученные результаты по содержанию ЛГПС и ТГПС весьма противоречивы и требуют дальнейшей перепроверки.

Выводы. В результате проведенных исследований археологической древесины комплекса Городище выявлены существенные изменения в химическом составе мореной дубовой древесины, причем, позволяющие прогнозировать в дальнейшем возрастные параметры находок в этом регионе; установлена влажность образцов дубовой древесины, отобранных из построек, имеющих возраст более 1000 лет, 110-200%; установлена зольность – 6–8%; установлено содержание железа – 0,50–2,00%; древесина веками способна сохранять накопившийся углерод.

Список использованных источников

1. Емельянова, И. З. Химико-технический контроль гидролизных производств / И. З. Емельянова. – 2-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 328 с.

2. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследование химических и структурных свойств натурального мореного дуба методом сканирующей микроскопии // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. Возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (241). С. 150–155.

УДК 631.35:636.085.51

Э.В. Логвинова¹, В.С. Болтовский²

¹ООО «Фермент»

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ КЛЕТЧАТКИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ФЕРМЕНТОВ

Аннотация. В статье представлены данные об эффективности ферментации растительного сырья с использованием биоконсервантов на основе ферментной композиции (обладающей ксиланазной, целлюлазной и пектиназной активностями) и консорциума молочнокислых гомо- и гетероферментативных бактерий в смеси с ксиланазным ферментом.

E.V. Logvinova¹, V.S. Boltovsky²

¹Ferment LLC

²Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

INCREASING THE DIGESTABILITY OF FIBER IN GRASS PLANTS USING LACTIC ACID BACTERIA AND ENZYMES

Abstract. The article presents data on the effectiveness of fermentation of plant raw materials using biopreservatives based on an enzyme composition (with xylanase, cellulase and pectinase activities) and a consortium of lactic acid homo- and heterofermentative bacteria mixed with a xylanase enzyme.

В настоящее время во многих странах в т. ч. Республике Беларусь особое внимание уделяется улучшению кормовой базы. Одной из важных задач кормопроизводства является заготовка высококачественных растительных кормов, которые обеспечивают интенсивное развитие животноводства и повышение продуктивности крупного рогатого скота.

При нарушении технологии заготовки и недостаточном техническом оснащении потери питательных веществ в кормах достигают 25% [1] в Республике Беларусь и 25–50% в Российской Федерации [2]. Поэтому разработка и внедрение достижений науки и прогрессивных технологий заготовки кормов является актуальной задачей.

Применяется два основных способа заготовки растительных кормов: сушка (до влажности 35%) или внесение консервантов (химических либо биологических).

Наибольшее распространение получило силосование (заготовка прямым способом) с использованием биоконсервантов, что позволяет не только снизить потери до 5–10%, но и повысить переваримость сырой клетчатки при дополнительном внесении ферментной композиции [1].

Согласно исследованиям [3] эпифитная микробиота трав состоит из аэробных бактерий (83%), энтеробактерий (8%), молочнокислых бактерий (8%), около 1% дрожжеподобных и мицелиальных грибов и различных патогенных микроорганизмов.

Микробиота бобовых культур (люцерны, клевера, козлятника) преимущественно на 96% состоит из аэробных гетеротрофов, а молочнокислые бактерии составляют всего лишь 0,3–1,7% [4].

Для нормализации процесса ферментации необходимо обеспечить доминирование молочнокислых бактерий, поэтому в измельченную зеленую массу вносится рабочий раствор молочнокислых бактерий в количестве не менее $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г из расчета на 1 кг силоса. Не менее важным условием является наличие достаточного количества сахаров для выработки молочной и уксусной кислот, подавляющих метаболизм патогенной микробиоты.

Компания ООО «Фермент» уже более пяти лет занимается разработкой комплексных биоконсервантов для заготовки растительных кормов, по следующим направлениям:

– подбор консорциума молочнокислых бактерий (выполненный специалистами кафедры биотехнологии УО «Белорусский государственный технологический университет» по заказу ООО «Фермент») и состава ферментной композиции – на основании проведенных нами исследований на кафедре химической переработки древесины БГТУ;

– проверка эффективности биоконсервантов в лабораторных условиях в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (г. Жодино);

– апробация в производственных условиях в хозяйствах Республики Беларусь и качественный анализ образцов в лаборатории «Скарб-био» методом спектроскопии ближнего инфракрасного излучения.

Нами изучена эффективность ферментной композиции, которая обладает ксиланазной (105 ед/мл), целлюлазной (35,8 ед/мл) и пектиназной (28,6 ед/мл) активностью. В измельченную зеленую массу травянистых растений злаковых культур вносили раствор ферментной композиции в количестве 2, 2,5 и 3% от массы сырья, выдерживали 30 сут в анаэробных условиях без доступа солнечного света. Лучший результат получен при внесении 3% раствора ферментной композиции от массы сырья: содержание легкогидролизуемых полисахаридов увеличилось на 9,1%, а трудногидролизуемых полисахаридов снизилось на 11,1% по сравнению с контролем. Также повысилась сохранность сырого протеина на 12,5% по сравнению с контролем. Однако применение ферментной композиции затруднено из-за высокой себестоимости продукта. Поэтому был выбран фермент, обладающий ксиланазной активностью, который гидролизует гемицеллюлозы до моно- и олигосахаридов (источник питания молочнокислых бактерий), и закваска для усиления консервирующих свойств.

По результатам изучения ростовых свойств и уровня кислотообразования *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buhneri* и *Lactobacillus diolivorans* установлено, что внесение гетероферментативных молочнокислых бактерий *Lactobacillus buhneri* и *Lactobacillus diolivorans* усиливает эффективность процесса ферментации *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* и позволяет за 36 ч достигнуть максимальной кислотности и количества жизнеспособных бактерий.

После подтверждения эффективности комплексного биоконсерванта, состоящего из консорциума *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buhneri* и *Lactobacillus diolivorans* в количестве $1 \cdot 10^{11}$ КОЕ/г и ксиланазы с активностью 20000 ед/г, в лабораторных условиях специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», были проведены производственные испытания в хозяйствах Республики Беларусь.

Данный консорциум молочнокислых бактерий и ксилолитического фермента вносили в 1 т измельченной зеленой массы кукурузы (ксиланазы 30000 ед/г), смеси злаково-бобовых травянистых растений (ксиланазы 60000 ед/г), смеси подсолнечника и кукурузы в соотношении 1 : 1 (ксиланазы 90000 ед/г) в виде рабочего раствора

дозировкой 1 л на 1 т растительного сырья, уплотняли, укрывали солнцезащитной пленкой и хранили 60 сут.

Все опытные образцы обладали приятным ароматом квашенных овощей, оптимальным значением рН 3,9–4,1, низкими потерями сухого вещества (0–6%) и обменной энергии (0–4%).

Лучший результат получен в смеси подсолнечника и кукурузы с использованием ксиланазного фермента активностью 90000 ед/г: переваримость клетчатки повысилась на 15,9%, включая нейтрально-детергентную – на 10,1% и кислотно-детергентную – на 21,1%, что позволило значительно повысить содержание растворимого протеина на 35,1%. В результате переваримость органических веществ повысилась на 13,8%.

Таким образом, применение комплексного биоконсерванта на основе молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buhneri* и *Lactobacillus diolivorans* и ксиланазы с активностью 90000 ед/г позволяет не только повысить переваримость клетчатки, но и существенно (более чем на треть) увеличить содержание растворимого протеина, что обеспечивает повышение качества кормов и позволяет сократить потребление дорогостоящего соевого шрота.

Список использованных источников

1. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации./ В. В. Гракун, А. К. Заневский, Н. А. Попков. Минск: Изд-во РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2017. 77 с.
2. Лаптев Г. Ю., Новикова Л. А., Ильина Л. А. Влияние биологических и химических консервантов на накопление плесневых грибов и микотоксинов в силосе // Молодежь и наука. 2016. № 12. С. 10–13.
3. Пахлов Г., Мак Р.Э., Дрихёйс Ф., Оуде Эльферинк С.Д., Сирк Ф. Споэльстра. Микробиология силосования 2003[Электронный ресурс] // ССА [сайт]. [2024]. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronmonogr42.c2> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Шурхно Р. А., Сироткин А.С. Свойства штаммов молочнокислых бактерий, используемых для ферментации высокобелковой растительной массы (обзор) // Вестник технологического университета. 2015. № 10. С. 227 – 232.

УДК 661.888.3-13

К.О. Логинов, К.О. Лясников, О.В. Чернышова
Российский технологический университет (РТУ МИРЭА)
Москва, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОГО ОКСИДА NiTa_2O_6 МЕТОДОМ ГИДРОЛИЗА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АЛКОКСОПРОИЗВОДНОГО НИКЕЛЯ-ТАНТАЛА

Аннотация. В работе описаны электрохимический синтез биметаллических алкоксидов никеля-тантала и синтез функциональных материалов методом гидролиза биметаллических алкоксидов. Использование алкоксотехнологии позволяет проводить синтез NiTa_2O_6 в более мягких условиях чем в традиционных методах.

Ключевые слова: алкоксотехнология, электрохимический синтез, гидролиз, сложный оксид NiTa_2O_6 .

K.O. Loginov, K.O. Lyasnikov, O.V. Chernyshova
MIREA – Russian Technology University
Moscow, Russia

OBTAINING OF NiTa_2O_6 COMPLEX OXIDE BY BIMETALLIC NICKEL-TANTALUM ALKOXIDE HYDROLYSIS.

Abstract. The paper deals with an electrochemical synthesis of bimetallic nickel-tantalum alkoxides to obtain of functional oxide material by bimetallic alkoxides hydrolysis. Using alkoxides as precursor allows to obtain NiTa_2O_6 under mild conditions at twice lower temperature.

Keywords: alcoxotechnology electrochemical synthesis, hydrolysis, complex oxide NiTa_2O_6 .

Введение

Постоянный рост темпа развития современного мира приводит к необходимости все время искать новые и улучшать уже имеющиеся функциональные материалы. В различных отраслях промышленности все чаще и чаще требуются материалы, обладающие необычными магнитными свойствами. В качестве таких материалов могут использоваться сложные оксиды на основе пентоксида тантала со структурой три-рутила ATa_2O_6 и пирохлора $\text{A}_2\text{Ta}_2\text{O}_7$, обладающие ферромагнитными свойствами.

Для получения сложных оксидов на основе оксида тантала (V) наиболее распространен метод длительного твердофазного синтеза из порошков индивидуальных оксидов металлов при температуре до 1450°C [1-2].

Альтернативой может стать метод получения сложных оксидов из биметаллических алкоксидов. Свойство алкоксидов подвергаться гидролизу можно использовать для синтеза сложных оксидов в более мягких условиях, чем в случае использования твердофазного синтеза [1-2].

Экспериментальная часть

Работа состояла из трех основных этапов: электрохимический синтез индивидуальных метилатов металлов, синтез биметаллического алкоксида из метилатов, гидролиз полученного алкоксида.

Метилаты были получены путем анодного растворения металлов в электролите. Электрохимическая ячейка использовалась без разделения анодного и катодного пространства с водоохлаждаемой рубашкой. В качестве анодов использовались пластины растворяемого металла, а в качестве катода - платиновая пластина. Процесс проводился в гальваностатическом режиме при плотности тока 30 - 40 мА/см² и постоянной температуре электролита равной 25°С. Электролит - осушенный метиловый спирт с токопроводящей добавкой тетраэтиламмоний бромид в количестве 1 масс. %.

Синтез биметаллического алкоксида проводился путем смешения растворов алкоксидов индивидуальных металлов в мольном соотношении никеля к танталу 1:2. Для исключения возможности выпадения малорастворимых соединений металлов в виде осадка в колбу к метилатам добавлялось небольшое количество безводного метилового спирта. Раствор кипятился в течение получаса, после чего из него отгонялся растворитель. В результате синтеза были получены светло-зеленые кристаллы, часть которых была отобрана для РФА.

Гидролиз биметаллического алкоксида проводили следующим образом: полученные кристаллы растворяли в небольшом количестве спирта, после в раствор добавили дистиллированную воду в объемном соотношении раствора к воде 1:4 и кипятили в течение часа. В результате образовался светло-зеленый студенистый осадок.

Обсуждение результатов

На основании рентгенограммы установлено, что синтезированный биметаллический алкоксид является рентгеноаморфным. Для подтверждения образования биметаллического соединения был проведен сравнительный анализ ИК спектров синтезированного вещества и индивидуального алкоксида никеля (рис. 1). На спектрах обоих соединений присутствуют полосы поглощения, отвечающие колебаниям связи Ni-O (455 см⁻¹, 783 см⁻¹), однако у биметаллического алкоксида эти полосы смещаются до 460 см⁻¹ и до 801 см⁻¹ соответственно. Кроме этого, на спектре полученного

вещества присутствуют полосы поглощения, отвечающие колебаниям связей Ta-O (628 см^{-1}) и Ta-O-Ni (878 см^{-1}), наличие которых позволяет судить о протекании реакции образования биметаллического алкоксида.

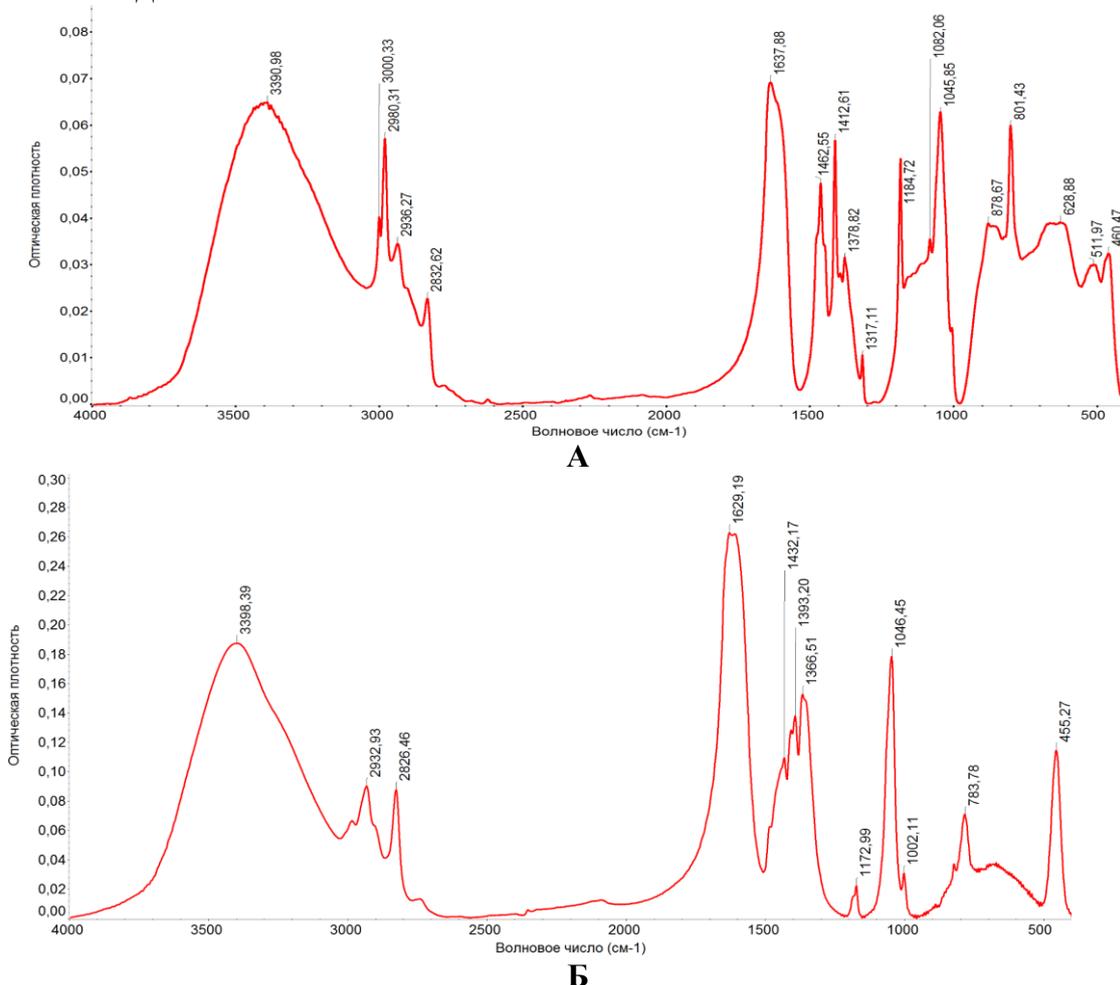


Рис. 1 -Сравнение ИК спектров биметаллического алкоксида (А) и индивидуального алкоксида никеля (Б)

На основании данных ICP и CHN анализов было установлено, что синтезированный биметаллический алкоксид имеет формулу $\text{NiTa}_2(\text{OCH}_3)_{12}$.

После проведения гидролиза часть продукта была отобрана для исследования методом РФА. После проведения анализа было установлено, что продукт гидролиза является рентгеноаморфный. Был получен ИК спектр продуктов и проведен сравнительный анализ спектров полученных соединений и исходного алкоксида (рис. 2). На спектре продукта гидролиза можно заметить, что большая часть полос поглощения в диапазоне от 1000 см^{-1} до 1600 см^{-1} , соответствующих органической части алкоксида, отсутствуют. Помимо этого, как и у исходного алкоксида, при 643 см^{-1} присутствует полоса поглощения,

отвечающая колебаниям связи М-О. Это может говорить о том, что в результате гидролиза органическая часть алкоксида уходит и образуются оксидные фазы.

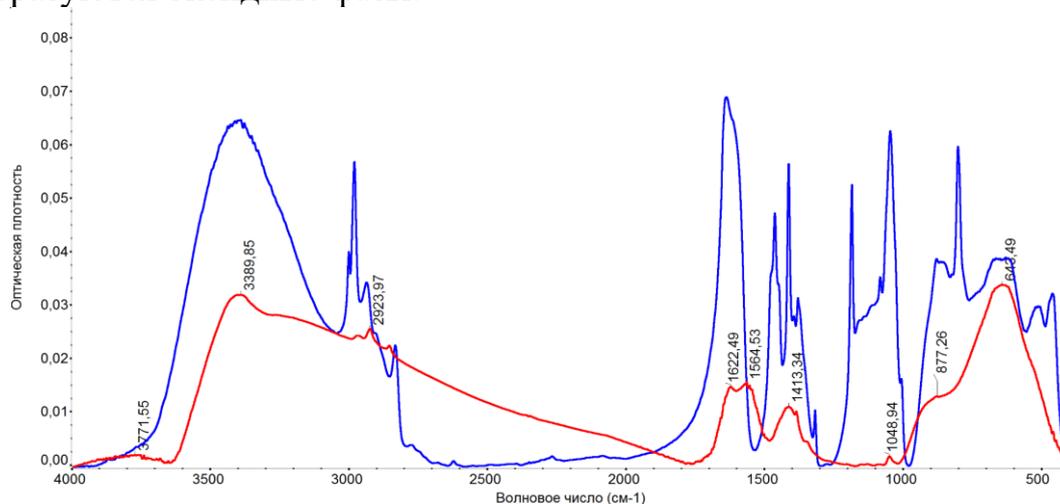


Рис. 2 - Сравнение ИК спектров исходного алкоксида (синий) и продукта гидролиза (красный)

Продукт гидролиза был исследован при помощи ДТА. На основании дериватограммы был выбран режим термообработки. Образец сушился при 290°C до постоянной массы, после чего подвергался термообработке при 1000°C в течение часа. Полученное вещество было исследовано при помощи РФА. На рентгенограмме (рис. 3) видно, что продукт гидролиза содержит фазы NiTa_2O_6 и Ta_2O_5 .

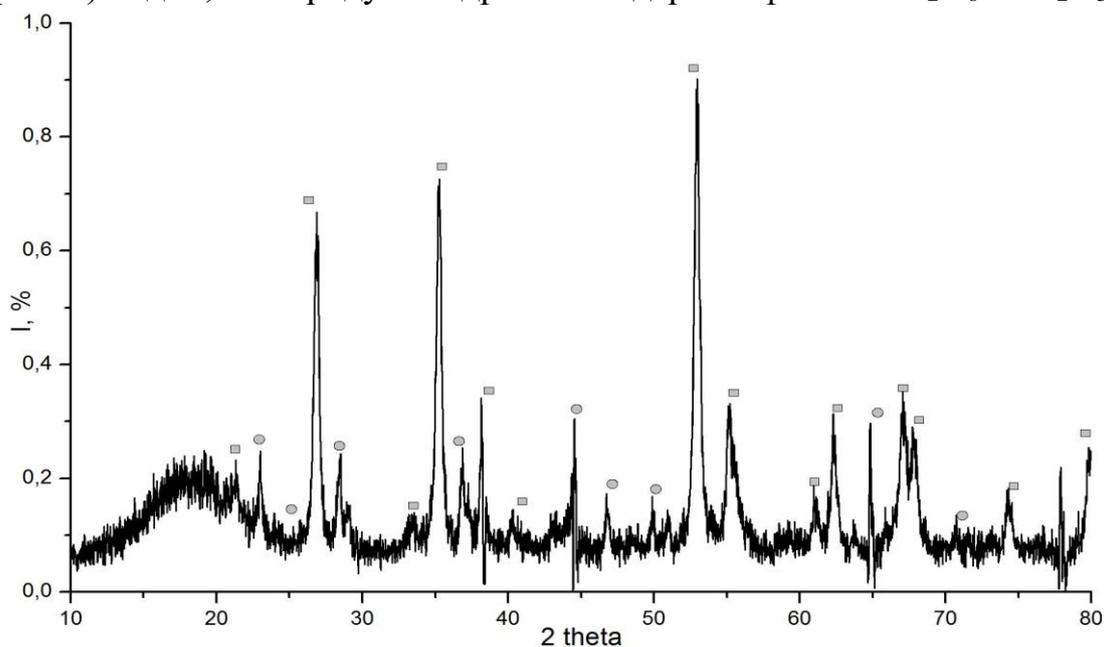


Рис. 3 - Рентгенограмма продуктов гидролиза после термообработки: квадрат - NiTa_2O_6 (PDF2 №32-702), круг - Ta_2O_5 (PDF2 №7-231)

В результате эксперимента получен многофазный продукт, содержащий целевую фазу и остаток одного из исходных соединений. Наличие в продукте оксида тантала указывает на погрешность в анализах, связанную со сложностью определения концентрации раствора метилата тантала.

Выводы

Предложенный метод получения сложного оксида NiTa_2O_6 действительно является хорошей альтернативой твердофазному синтезу. Главным преимуществом метода является снижение температуры термообработки и сокращение времени синтеза.

Список использованных источников

1. Yang H. et al. Phase structure, bond traits, and intrinsic dielectric response of $\text{NiTa}_2\text{O}_6\text{-TiO}_2$ microwave dielectric ceramics investigated by bond theory and vibrational spectroscopy // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2023. – Т. 25. – С. 1364-1375.
2. Н. Ehrenberg, G. Wltschek, J. Rodriguez-Carvajal, T. Vogt Magnetic structures of the tri-rutiles NiTa_2O_6 and NiSb_2O_6 / Н. Ehrenberg, G. Wltschek, J. Rodriguez-Carvajal, T. Vogt // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. — 1998. — № 184. — С. 111—115.
3. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 536 с.

УДК 621.785

**А.С. Калиниченко¹, В.Г. Лугин¹,
А.Ю. Королев², Т.Л. Карпович¹**

¹Белорусский государственный технологический университет

²Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация. В работе приводятся данные по влиянию температуры электролита на характер формирования модифицированных покрытий на титановых сплавах. Показано, что толщина и качество покрытий зависят, в во

многим, от температуры электролита только для сплава титана. Исходный химический состав титанового сплава оказывает существенное влияние на характер покрытия.

**A.S. Kalinichenko¹, V.L. Luhn¹,
A.Yu. Korolyev², T.L. Karpovich¹**

¹Belarusian State Technological University

²Scientific and Technological Park of BNTU “Polytechnic”
Minsk, Belarus

INFLUENCE OF ELECTROLYTE TEMPERATURE ON THE SURFACE LAYER FORMATION OF TITANIUM ALLOYS

***Abstract.** The paper presents data on the effect of electrolyte temperature on the formation of modified coatings on titanium alloys. It is shown that the thickness and quality of the coatings depend largely on the temperature of the electrolyte only for titanium alloy. The initial chemical composition of the titanium alloy has a significant effect on the nature of the coating.*

Повышение эксплуатационных свойств рабочей поверхности деталей является важной задачей машиностроения. Особенно это касается деталей, изготовленных из цветных сплавов, которые, в своем большинстве, характеризуются низкими триботехническими свойствами. Среди многообразия цветных сплавов важный практический интерес представляют титановые сплавы, которые широко применяемые в автомобильной, авиационной, медицине и других областях. Производство изделий медицинского назначения является в последнее время одной из важнейших сфер применения титана и его сплавов благодаря биосовместимости к человеческим тканям. Однако, титановые сплавы характеризуются недостаточно высокими антифрикционными свойствами, что ограничивает их применение в узлах трения.

Существует значительное количество способов повышения прочностных и антифрикционных свойств титановых сплавов [1–3]. Все эти способы имеют свои преимущества и ограничения. Одним из методов повышения поверхностных свойств титановых сплавов является электролитно-плазменная обработка, позволяющая не только уменьшить шероховатость поверхности, но и создать прочное покрытие с высокой твердостью за счет образования интерметаллидных включений. Преимуществами разработанных методов перед другими существующими методами термической обработки являлась высокая скорость нагрева заготовки (до 250 К/с), а также высокая скорость диффузионного насыщения. Модификация

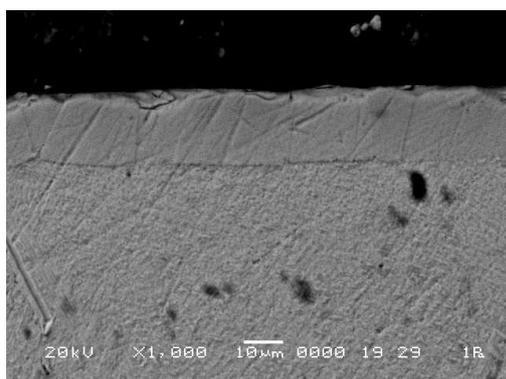
поверхности титановых изделий реализуется за счет внедрения в поверхностный слой титановых изделий атомов углерода или азота, которые образуют с титаном соединения с высокими антифрикционными свойствами.

В работе изучались цилиндрические образцы из технически чистого титана ВТ1 и титанового сплава ВТ6, содержащего 5,5-7,0 алюминия и 4,2-6,0 ванадия. Сплав ВТ6 по структуре относится к ($\alpha+\beta$)-мартенситному классу ($K_{\beta} = 0,3-0,9$), а технически чистый ВТ1 имеет α -структуру.

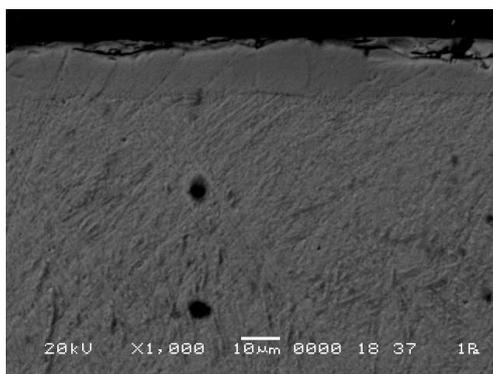
Для анализа влияния температуры электролита на характер и состав покрытия опыты велись с использованием раствора, содержащего хлорид аммония (10%), аммиак водный (5%) и глицерин (10%). Данный состав электролита позволил осуществить процесс электролитно-плазменной нитроцементации, при которой в поверхностном слое формируются карбиды и нитриды титана. Время обработки составляло 5 минут при напряжении 240 – 250 В. Температура электролита изменялась от 20 до 40 °С.

Анализ модифицированного слоя образцов из технически чистого титана ВТ1 показывает, что четко видна граница между модифицированным слоем и основным металлом (рис. 1). Причем, толщина (около 18 мкм) и характер модифицированного слоя, практически, не изменяются.

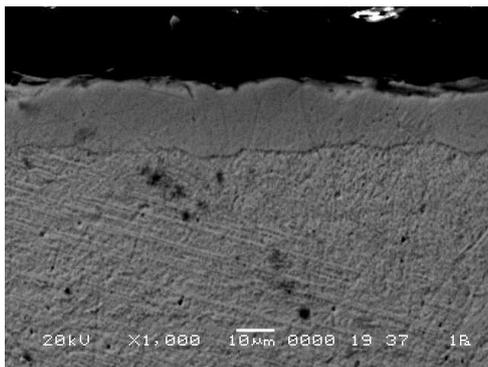
Элементный состав модифицированного слоя и основного металла практически не отличаются. Это позволяет сказать, что в процессе поверхностной модификации атомы азота и углерода сосредоточены только в поверхностном слое при данных режимах обработки (рис. 2).



а



б



В

Рис. 1 – Структура образцов из VT1, обработанных при различной температуре электролита: а – температура электролита 20 °С, б – температура электролита 30 °С, в – температура электролита 40 °С

На рис. 2 приведены спектр образца из VT1, а также данные по определению элементного состава в основном металле и в модифицированном слое.

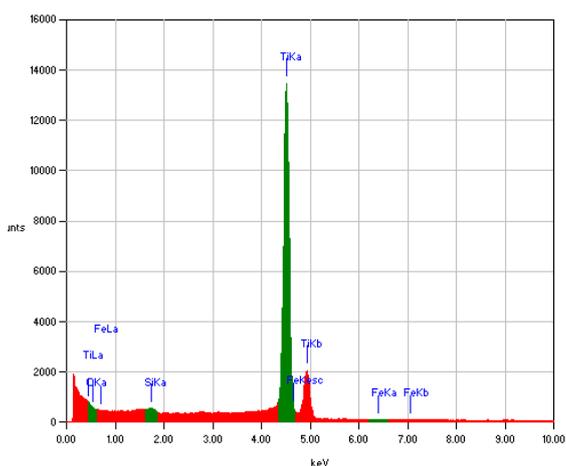


Рис. 2 – спектр образца из VT1

Base (Основа)

Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass% K
O K *						
Si K *	1.739	0.33	0.29	0.56		0.1806
Ti K	4.508	99.59	0.25	99.37		108.0099
Fe K *	6.398	0.08	0.58	0.07		0.0609
Total		100.00		100.00		

Lay (модифицированный слой)

Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass% K
O K *						
Si K *	1.739	0.27	0.35	0.45		0.1463
Ti K	4.508	99.58	0.30	99.42		107.9799

Fe K *	6.398	0.15	0.70	0.13	0.1182
Total		100.00	100.00		

Ситуация изменяется при модифицирующей обработки титанового сплава ВТ6. Как и для технически чистого титана, элементный состав основного сплава и модифицированного слоя очень близки, что подтверждается спектрами (рис. 3).

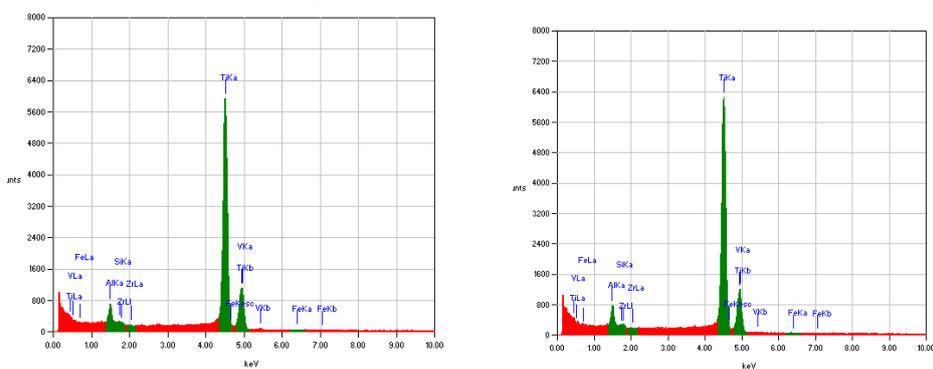
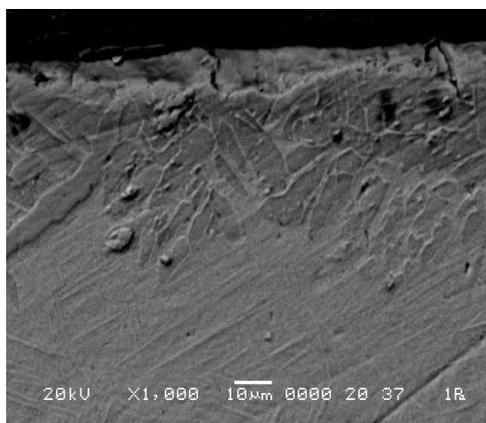
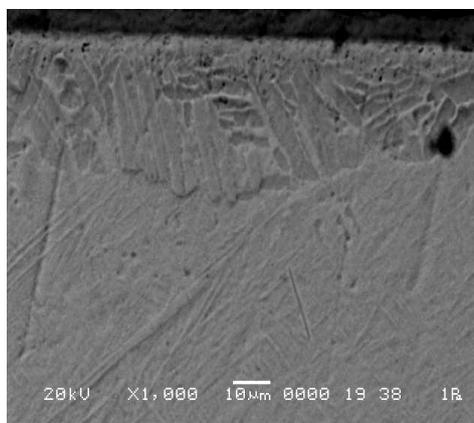


Рис. 3 – Спектры для образца из сплава ВТ6 для основного сплава (а) и модифицированного слоя (б)

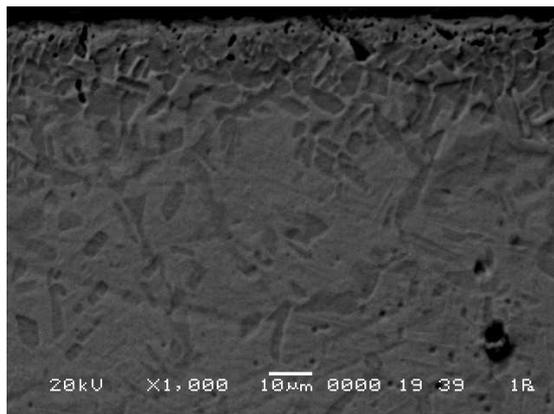
Микроструктура поверхностного слоя для сплава ВТ6 значительно отличается от микроструктуры для ВТ1 (рис. 4). На фотографиях видно, что для ВТ6 характерно отсутствие четкой границы между модифицированным слоем и базовым сплавом. В отличие от чистого титана, глубина модифицированного слоя была самой значительной (около 40 мкм) для температуры электролита равной 20 °С (рис.4а). При росте температуры электролита до 30 °С произошло значительное уменьшение толщины слоя (до 32 мкм). При увеличении температуры электролита до 40 °С наблюдалось снижение глубины модифицированного слоя до 28 мкм (рис. 4в).



а



б



В

Рис. 4 – Структура образцов из VT6, обработанных при различной температуре электролита: а – температура электролита 20 °С, б – температура электролита 30 °С, в – температура электролита 40 °С

Необходимо отметить, что структура модифицированного слоя для VT6 имеет более сложный характер, что может свидетельствовать, что и легирующие элементы образуют интерметаллиды, затрудняя диффузию атомов азота и углерода. Причем, с ростом температуры электролита взаимодействие составляющих компонентов более существенно, что служит, в какой-то мере, препятствием. Хотя в сплаве VT6 диффузия более сильно проявляется, что способствует более значительной глубине модифицированного слоя.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность формирования модифицированного покрытия на титановых сплавах. Установлено, что температура электролита оказывает существенное влияние на глубину модифицированного слоя для VT6, и меньше влияет при обработке чистого титана. Химический состав исследованных образцов заметно влияет на фазовый и состав покрытия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 3.2.9 ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограмма «Электромагнитные, пучково-плазменные и литейно-деформационные технологии обработки и создания материалов».

Список использованных источников

1. Кусманов С.А., Крит Б.Л., Кусманова И.А., Тамбовский И.В., Мухачева Т.Л., Григорьев С.Н. Технологические приемы и оборудование плазменноэлектролитной обработки металлов и сплавов // *Электронная обработка материалов*, 2024, Т. 60. №5. - С. 54–80.

2. Е. В. Краснова, Ю. А. Моргунов, Б. П. Саушкин, И. А. Слюсарь, С. А. Смян, Влияние состава водного электролита на эффективность электрохимической обработки изделий аддитивного производства из сплава Ti-6Al-4V // Электронная обработка материалов, 2024, Т. 60. №5. - С. 1–12.

3. М.С. Асеева, Е.В. Торская, Г.Т. Зайнетдинова, А.В. Морозов, П.О. Буковский, Влияние модификации поверхности на триботехнические свойства титановых сплавов VT22 и Ti-5553 // Трение и износ Friction and Wear. 2024. — Т. 45, № 4. — С. 300—309

УДК 621.35.035

**Т.С. Михайлова, Т.А. Моисеева, В.Н. Жирнов,
Д.В. Клещин, Т.Н. Мясоедова**
Южный федеральный университет
Таганрог, Россия

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙ - УГЛЕРОДНЫХ ПЛЁНОК
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАРОВ
ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ**

Аннотация. В рамках данного исследования были получены образцы сенсоров на основе кремний-углеродных пленок, сформированных электрохимическим методом. Проведены исследования функциональных характеристик сенсоров для обнаружения паров ЛВЖ. Было установлено, что изготовленные образцы проявили газочувствительность по отношению к парам изопропанола, этанола и метанола.

**T.S. Mikhailova, T.A. Moiseeva, V.N. Zhirnov,
D.V. Kleshchin T. N. Myasoedova**
Southern Federal University
Taganrog, Russia

**STUDY ON FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SILICON-
CARBON GAS SENSORS TO VAPORS OF FLAMMABLE LIQUIDS**

Abstract. In this study, gas sensors based on silicon-carbon films formed by the electrochemical method were developed. Studies on functional characteristics of sensors

for the detection of vapors of flammable liquids have been carried out. It was found that the manufactured samples showed gas sensitivity to isopropanol, ethanol and methanol vapors.

С резким увеличением численности населения и быстрым ростом социально-экономической активности, сопровождающимся индустриализацией наряду с уничтожением природных ресурсов, происходит ухудшение качества воздуха. В дополнение к загрязнению необходимо контролировать качество воздуха и выявлять наличие токсичных или легковоспламеняющихся газов за закрытыми дверями, включая промышленные помещения, больницы, кухни и т.д.

Датчики газов играют важную роль в непрерывном мониторинге окружающей среды, поскольку обнаружение утечки токсичного газа на уровне ppm является первоочередной задачей для спасения людей от воздействия. Время их реакции также очень короткое, что позволяет определить присутствие токсичных соединений и эвакуировать людей, находящихся на объекте.

Обычно датчики газов основаны на принципе обнаружения — оптическом, электрохимическом, проводимости, потенциометрическом, постоянном сопротивлении, циклической вольтамперометрии, поверхностно-акустических волнах и т.д.

Метод электрохимической импедансной спектроскопии играет определяющую роль в разработке датчиков токсичных газов, являясь одним из самых простых методов для детекторов газов. Данный метод также может определять такие свойства, как объем зерна, границы зерен, границы раздела между чувствительным слоем и электродом. Эти свойства помогают продемонстрировать четкий механизм газочувствительности датчика и его взаимодействие с целевым токсичным газом, что позволит создавать структуры с заданными функциональными свойствами.

Среди нерешенных проблем при создании импедансометрических датчиков выделяют следующие: селективность, долговременная стабильность, разработка сопутствующей электроники. Таким образом, проблемы, связанные с изготовлением датчиков и разработкой портативных анализаторов, построенных на методе электрохимического импеданса, ставят перед нами задачи, требующие решения [1-5].

В рамках данного исследования были получены два образца сенсоров. Первый образец сенсора (КУП200) на основе кремний-углеродной пленки (температура отжига 200 °С; время отжига 120 мин) и второй образец сенсора (КУП500) на основе кремний-углеродной пленки без добавления атомов металлов (температура отжига 500 °С; время отжига 120 мин).

В качестве метода формирования чувствительного слоя сенсоров был выбран электрохимический метод. Основным достоинством которого является возможность контролировать ряд характеристик осаждаемых пленок (толщину, равномерность распределения по поверхности подложки, адгезию к материалу подложки) в процессе их роста.

Были проведены исследования функциональных характеристик сенсоров на основе кремний - углеродных плёнок для обнаружения паров легковоспламеняющихся жидкостей. В качестве постоянного потенциала (амплитуды переменного тока) было выбрано значение в 100 мВ. Выбранный диапазон частот – 1 Гц-100 кГц.

Было установлено, что образец КУП200 проявил газочувствительность по отношению к парам изопранола (C_3H_8O) и парам этанола (C_2H_5OH), так же выявлена газочувствительность образца КУП500 по отношению к парам изопранола (C_3H_8O) и парам метанола (C_2H_6O). Кривые Найквиста для этих сенсоров приведены на рис. 1-4.

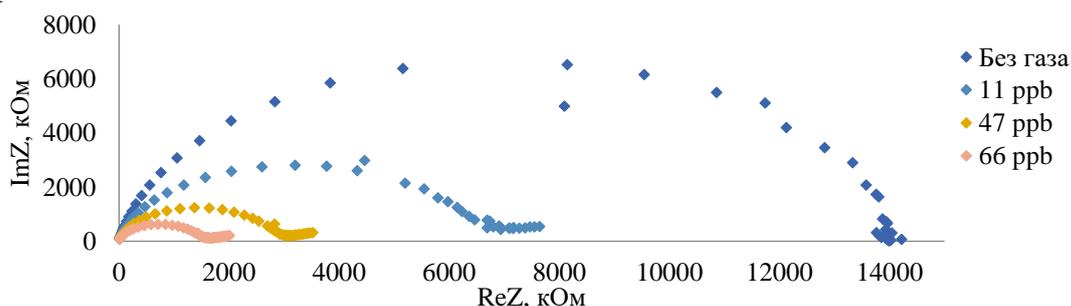


Рис. 1 - Кривые Найквиста образца КУП200 под воздействием паров этанола

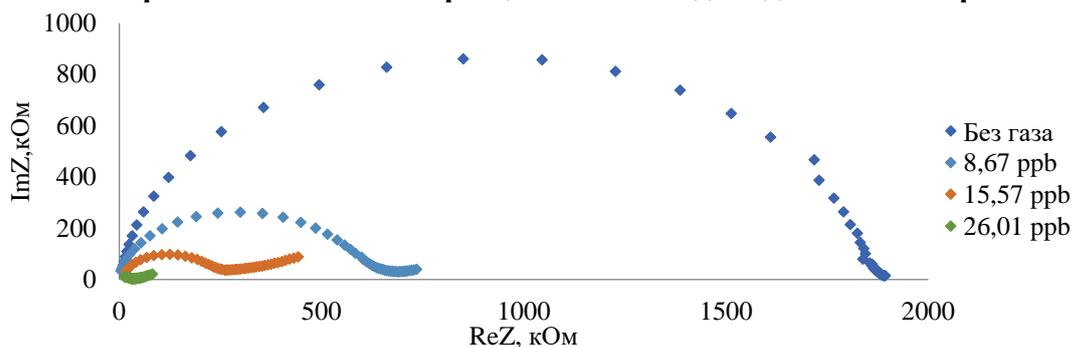


Рис. 2 - Кривые Найквиста образца КУП200 под воздействием паров изопранола

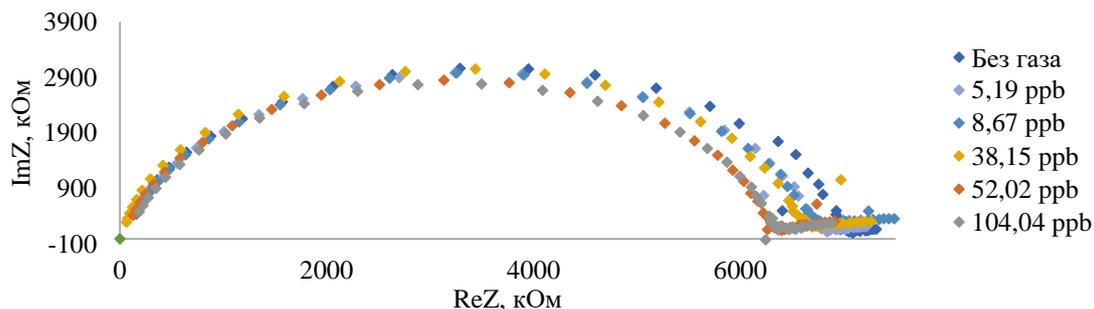


Рис. 3. Кривые Найквиста образца КУП500 под воздействием паров изопропанола

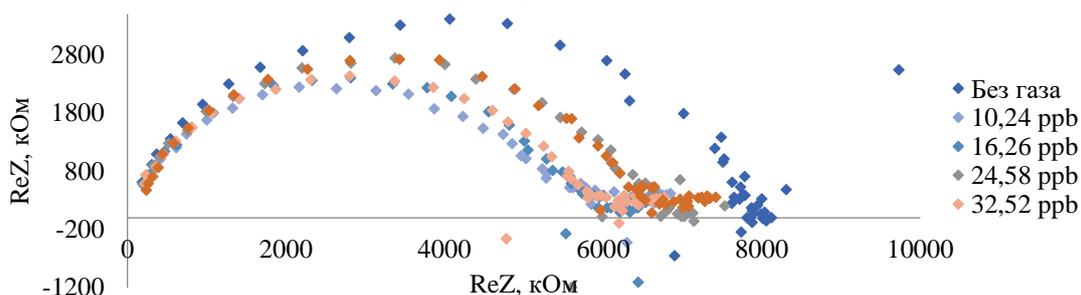


Рис. 4 - Кривые Найквиста образца КУП500 под воздействием паров метанола

По полученным данным был произведён расчёт коэффициента газовой чувствительности для образцов КУП 200 для изопропанола и этанола и КУП500 для изопропанола и метанола.

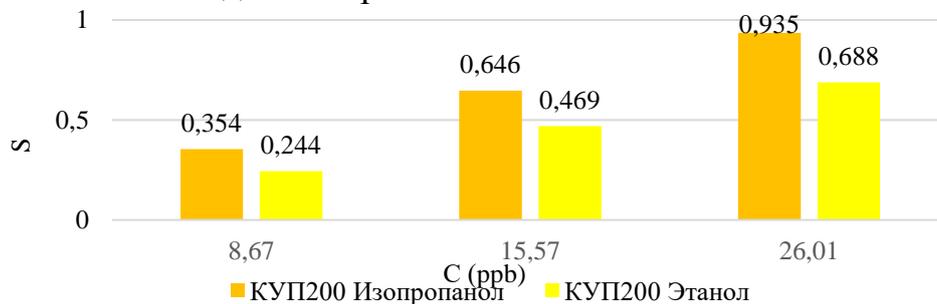


Рис.5 - Диаграмма зависимости коэффициента газовой чувствительности от концентрации изопропанола и этанола (образец КУП200)

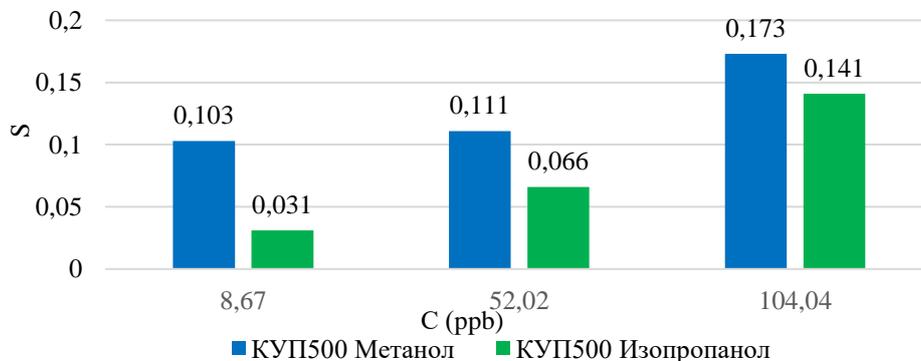


Рис.6 - Диаграмма зависимости коэффициента газовой чувствительности от концентрации изопропанола и метанола (образец КУП500)

На представленных диаграммах видно, что данный импедансометрический сенсор способен обнаруживать пары легковоспламеняющихся жидкостей в следовых количествах. Наблюдается линейная зависимость коэффициента газовой чувствительности от концентрации легковоспламеняющихся веществ для образца КУП200. Следует отметить, что наибольший отклик сенсора, на основе кремний-углеродных плёнок имеет образец КУП500 по отношению к парам изопропанола, что говорит о высокой чувствительности сенсора к данному токсичному веществ.

Исследуемые сенсоры могут быть использованы для обнаружения утечек легковоспламеняющихся жидкостей, что позволит предотвратить возгорания и несчастные случаи на производстве.

Список использованных источников

1. B. Suthar, J. Landesfeind, A. Eldiven, and H. A. Gasteiger, J. Electrochem. Soc., 165, A2008 (2018).
2. F. Pogacean, M. C. Rosu, M. Coros, L. Magerusan, M. Moldovan, C. Sarosi, A.S. Porav, R. I. S-van Staden, and S. Pruneanu, J. Electrochem. Soc., 165, B3054 (2018).
3. E. Schindelholz, B. E. Risteen, and R. G. Kelly, J. Electrochem. Soc., 161, C450 (2014).
4. K. Doi, S. Hiromoto, H. Katayama, and E. Akiyama, J. Electrochem. Soc., 165, C582 (2018).
5. D. H. Xia, C. Ma, S. Song, and L. Xu, J. Electrochem. Soc., 166, B1000 (2019).

УДК 621.787.6.004

В.Ю. Морюхов

Муромский институт (филиал)
Владимирского государственного университета
Муром, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТАЦИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ДЕФОРМАЦИОННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Аннотация. Рассмотрен вопрос повышения эффективности химико-термической обработки (ХТО) цементацией предварительным волновым

деформационным упрочнением (ВДУ). Установлена возможность повышения степени упрочнения комбинированным методом ВДУ+ХТО в 1,5-2 раза по сравнению с упрочнением только цементацией, а также возможность сокращения времени цементации на 30-40% при сопоставимой глубине цементованного слоя методом ВДУ+ХТО.

V.Yu. Moryuhov

Murom Institute (Branch of the Vladimir State University)
Murom, Russia

INCREASING THE EFFICIENCY OF CEMENTATION OF STRUCTURAL STEEL BY PRELIMINARY STRAIN HARDENING

***Abstract.** The issue of increasing the efficiency of chemical-thermal treatment (CTT) by cementation with preliminary wave strain hardening (WSH) is considered. The possibility has been established of increasing the degree of hardening using the combined WSH+CTT method by 1.5-2 times compared to hardening only by cementation, as well as the possibility of reducing the cementation time by 30-40% with a comparable depth of the cemented layer using the WSH+CTT method.*

Физический износ изделий автомобильной, авиакосмической и специальной техники в 50% случаев является основной причиной выхода ее из строя. Проблема повышения износостойкости может решаться как конструкторскими, так и технологическими методами, однако внесение изменений в конструкцию изделия неизбежно влечет значительное повышение себестоимости изготовления, в то время как технологические методы более перспективны и экономически выгодны [1].

Так, для обеспечения качества выпускаемых изделий и повышения его тактико-технических характеристик, успешно применяются упрочняющие технологии. В последнее время значительное развитие получили комбинированные технологии, сочетающие в себе воздействие различной физической природы. Например, поверхностное пластическое деформирование (ППД) и термическая (ТО) или химико-термическая обработка (ХТО). Принято считать, что эффект от пластической деформации перед нагревом исчезает под действием высокой температуры, однако это противоречит законам технологического наследования [2].

Так, в результате предварительных экспериментальных исследований установлено, что деформационное воздействие перед цементацией на примере упрочнения стали 10ХСНД по сравнению только с цементацией позволило повысить глубину цементованного слоя на 30%, а максимальную степень упрочнения на 50%.

В качестве метода ППД использовалось волновое деформационное упрочнение (ВДУ) – эффективный метод пластического деформирования, обеспечивающий значительную глубину и степень упрочнения вследствие высокого КПД процесса обработки [1,3].

Таким образом, целью настоящей работы является создание эффективной технологии комбинированного упрочнения (ВДУ+ХТО), обеспечивающей повышение механических и эксплуатационных характеристик изделия.

Основной задачей исследования является выявление области технологических параметров комбинированной обработки (ВДУ+ХТО), обеспечивающей значимое повышение параметров качества поверхностного слоя, а также снижение энергозатрат на процесс ХТО.

Для проведения экспериментальных исследований использовались плоские образцы из стали 20 с габаритными размерами 30*30*20 мм.

Обработка ВДУ осуществлялась со следующими технологическими параметрами:

- энергия удара 150 Дж;
- частота ударов 9 Гц;
- коэффициент перекрытия пластических отпечатков 0,4 и 0,6;
- количество деформирующих проходов;
- деформирующий инструмент: цилиндрический ролик диаметром 10 мм и шириной 40 мм.

Цементация проводилась по рекомендованным справочным данным для стали 45: цементация при 930°C в течение 2 и 10 часов + закалка при 930°C (в масле) + отпуск 200°C [4].

Далее вырезались образцы для измерения микротвердости. Измерения микротвердости проводились перпендикулярно упрочненной поверхности вдоль направления подачи ВДУ. По результатам измерений строились графики зависимости микротвердости (HV) от глубины упрочнения (h). Графики зависимости представлены на рис. 1.

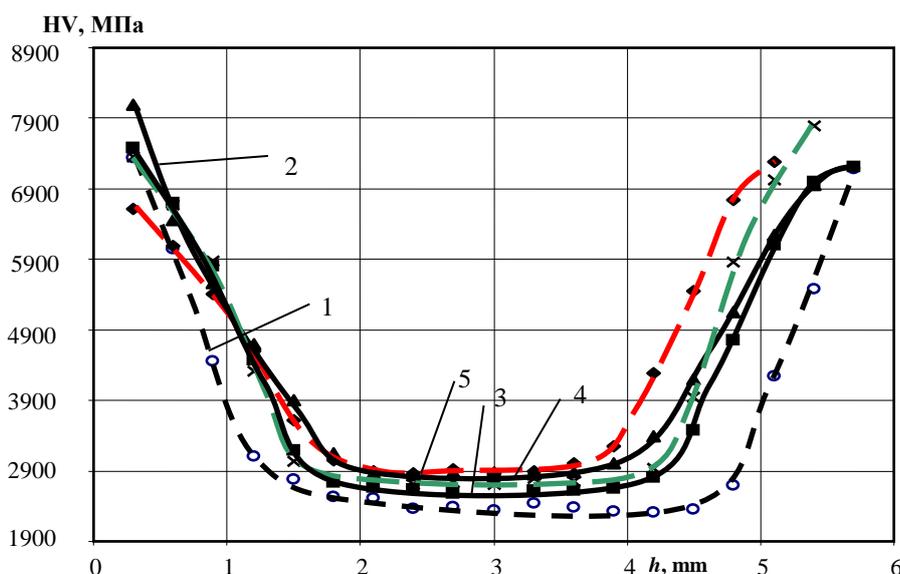


Рис. 1 - График зависимости микротвердости HV от глубины упрочнения h , режимы ВДУ: 1 – без ВДУ; 2 – 1 проход, $K=0,4$; 3 – 1 проход, $K=0,6$; 4 – 2 прохода, $K=0,4$; 5 – 2 прохода, $K=0,6$

Результаты по определению глубины цементованного слоя при следующих режимах цементации и комбинированной обработки (ВДУ при $K=0,6$; 2 прохода) представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Глубина цементации для различных режимов упрочнения

Режимы упрочнения	Время цементации, ч.	Глубина цементации, мм	Эффект
ВДУ+ХТО	2	0,65	+60%
ХТО	2	0,4	
ВДУ+ХТО	10	1,85	+33%
ХТО	10	1,4	

На основании проведенных исследований установлено, что применение ВДУ перед ХТО для стали 20 позволяет:

- повысить максимальную микротвердость поверхностного слоя до 50% и глубину цементованного слоя до 60% по сравнению только с цементацией, что положительно скажется на одном из основных эксплуатационных свойств цементованных поверхностей – износостойкости;

- сократить время цементации на 30-40% для обеспечения требуемой глубины цементованного слоя, что значительно сократит

основное время изготовления деталей и энергозатраты на работу оборудования.

Список использованных источников

1. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. М.: Машиностроение. – 2004. – 288 с.

2. Применение комбинированного упрочнения волной деформации и термической обработкой для повышения износостойкости / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.В. Яшин, С.А. Силантьев Упрочняющие технологии и покрытия. 2024, № 4. С. 185-188. DOI: 10.36652/1813-1336-2024-20-4-185-188.

3. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Силантьев С.А., Яшин А.В., Жидков М.Е. Исследования комбинированного упрочнения волновым деформационным воздействием и термообработкой стали 30ХГСА // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. Т. 18. № 11 (215). С. 524-528 DOI: 10.36652/1813-1336-2022-18-11-524-528.

4. Шмыков А.А. Справочник термиста. М.: Машгиз. – 1956 г. – 332 с.

УДК 001.891.53

**М.А. Вохмянин, Е.В. Козлов, Д.А. Рожкова, В.С. Невиницына,
С.М. Савельев, Я.О. Лазарева**

Вятский государственный университет
Киров, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЫ КАРЕТКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ HIWIN HGH 15 CAZAH

Аннотация. Современное машиностроение сталкивается с дефицитом систем линейного перемещения, которые обеспечивают жёсткость станков. Создание производства полимерных комплектующих требует значительных инженерных и научных усилий. Лабораторные исследования проведены на примере каретки HIWIN HGH 15 CAZAH. Результаты позволят улучшить эксплуатационные характеристики полимерных деталей.

Ключевые слова: каретка, система линейного перемещения, трансмиссия станка, подшипник, линейный, качество.

**M.A. Vokhmyanin, E.V. Kozlov, D A. Rozhkova, W.S. Nevinityna,
S.M. Savelyev, Y.O. Lazareva**
Vyatka State University
Kirov, Russia

DETERMINING THE TYPE OF POLYMER BASE FOR THE HIWIN HGH 15 CAZAH LINEAR MOTION SYSTEM CARRIAGE

***Abstract.** Modern mechanical engineering, specializing in the production of high-precision machine tools, faces a shortage of linear motion systems, which play a key role in machine performance. The establishment of production of polymer components requires significant engineering and scientific efforts. The article presents research aimed at determining the qualitative properties of materials and the design features of carriages and linear guides. Laboratory studies were conducted using the HIWIN HGH 15 CAZAH carriage — one of the most popular series of linear motion system carriages. The results will help improve the operational characteristics of polymer parts.*

***Keywords:** Carriage, linear motion system, machine transmission, bearing, linear, rolling.*

Введение.

Из-за санкций большинство зарубежных производителей систем линейного перемещения прекратили поставки в Россию, что вызвало дефицит. В России их не производят, а каретки, используемые в станках, медицинском оборудовании, 3D-принтерах, являются расходными материалами, требующими импортозамещения. Каретки обеспечивает жесткое, точное и плавное перемещение исполнительных органов оборудования [1]. Полимерные составляющие каретки, в частности картридж, крышка картриджа, торцевой уплотнитель и внутренние поддержки тел качения составляют большой процент долговечности всего оборудования [2].

Результаты помогут повысить надежность оборудования и разработать новые материалы и технологии для производства кареток.

Методы и материалы

Исследование проводилось на газовом хроматомасс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus компании «Shimadzu» (Япония) при температуре 550°C, без предварительной подготовки. Обработка данных выполнялась с использованием программного обеспечения GCMSSolution и библиотеки масс-спектров NIST 05.

Цель исследования — изучение химического состава полимерных элементов кареток: картридж, крышка картриджа и торцевой уплотнитель HIWIN HGH 15 CAZAH (Тайвань).

Результаты

По проведению лабораторного исследования (рис. 1) структуры крышки было выявлено количество материала (показывает позиция 1). И по химической структуре был сделан вывод об используемом материале (таблица 1).

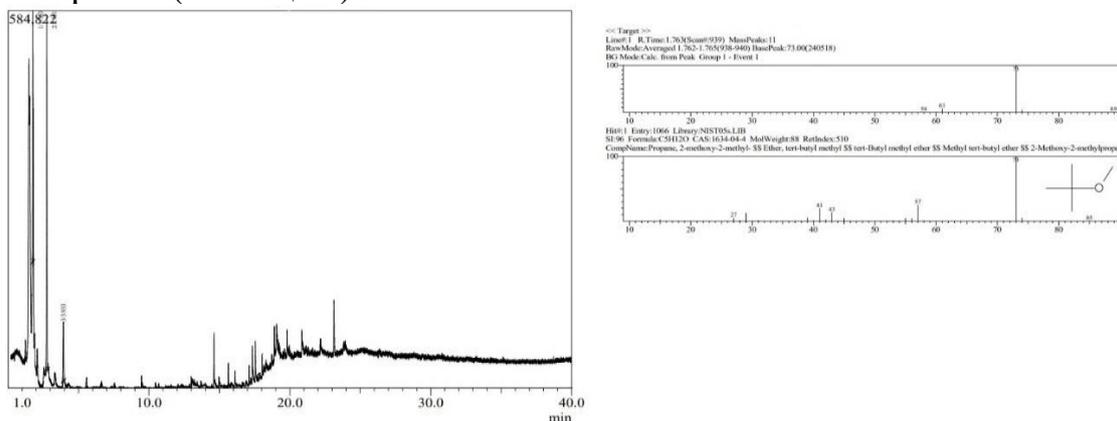


Рис. 1 – Хроматограмма и масс-спектр осколков после пиролиза детали: «Крышка картриджа»

Таблица 1-Идентифицированные компоненты хроматографических пиков детали «Крышка картриджа».

№	R.Time	Area	Height	Conc.,%	Name
1	1,764	2126604	515938	48,843	Propane, 2-methoxy-2-methyl
2	2,753	1800447	557239	41,352	Cyclopentanone
3	3,925	426934	99896	9,806	Bicyclo

На основании хроматограммы [4], преобладающее количество материала у детали «Крышка торцевая» показывает позиция 3 (рис. 2). Далее по химической структуре был сделан вывод об используемом материале (таблица 2).

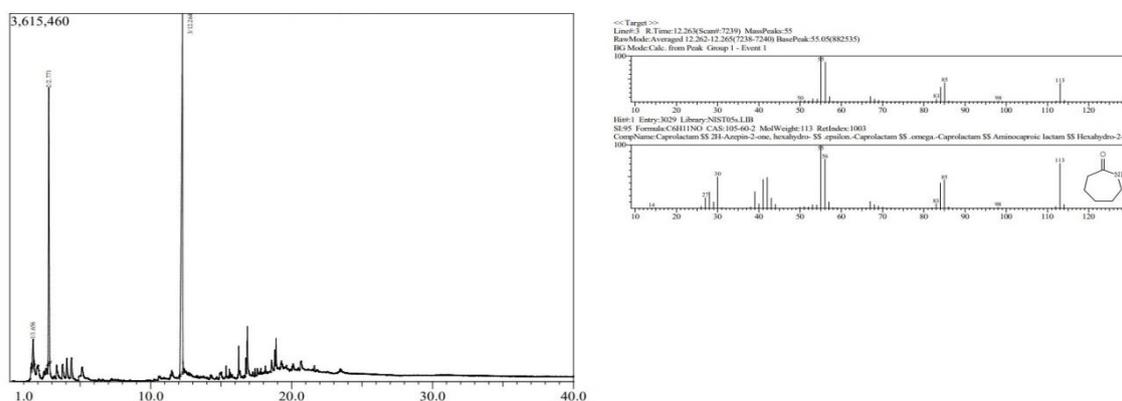


Рис. 2- Хроматограмма и масс-спектр осколков после пиролиза детали: «Крышка торцевая»

Таблица 2 -Идентифицированные компоненты хроматографических пиков детали “Крышка торцевая”

№	R.Time	Area	Height	Conc.,%	Name
1	1,657	2928278	384258	8,040	1-Butyne, 3-methyl
2	2,772	11627701	2811740	31,103	Cyclopentanone
3	12,265	22163457	3541098	60,856	Caprolactam

При изучении хроматограммы детали «Торцевое уплотнение» обнаружено преобладающее количество материала показывает позиция 2 (рис. 3). Далее по химической структуре был сделан вывод о схожем по молекулярным свойствам материале (таблица 3).

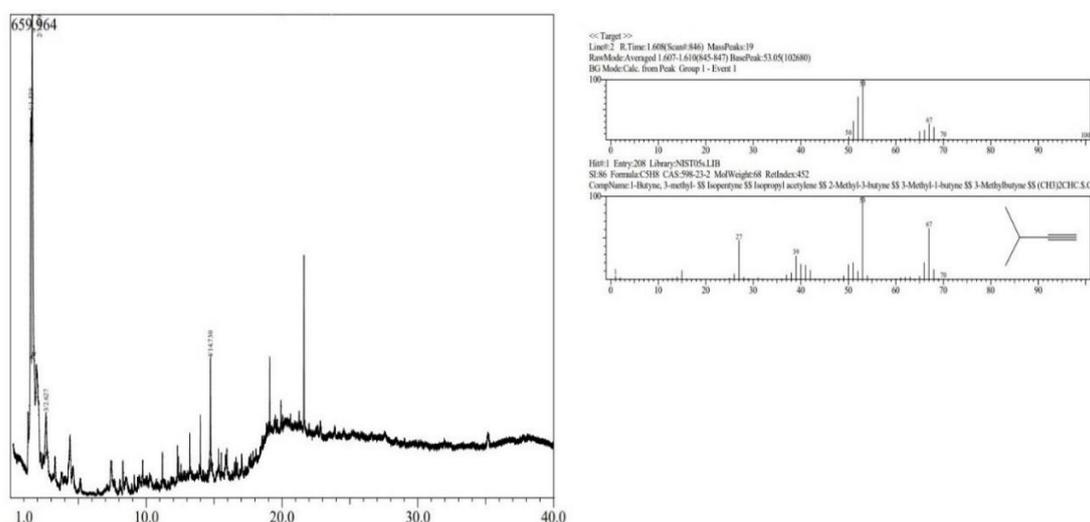


Рис. 3 – Хроматограмма и масс-спектр осколков после пиролиза детали: «Торцевой уплотнитель»

Таблица 3- Идентифицированные компоненты хроматографических пиков детали “Торцевой уплотнитель”

№	R.Time	Area	Height	Conc.,%	Name
1	1,540	1359473	419216	22,874	3-Buten-1-ol, 3-methyl
2	1,614	3577510	546800	60,195	1-Butyne, 3-methyl
3	2,619	629831	77337	10,598	7-Methylenebicyclo
4	14,730	376382	153933	6,333	Phthalic acid

Обсуждение полученных результатов

В ходе исследования были получены результаты, не предоставленные в открытом доступе компании NIWIN [5]. Выделены три основных материала, наиболее близких к составам и качественным характеристикам деталей систем линейного перемещения.

Анализ хроматограммы крышки картриджа (рисунок 1) показал, что наиболее близкий по структуре материал является полиформальдегид – жесткий конструкционный термопласт, применяемый машиностроительных и электротехнических деталях.

В хроматограмме торцевой крышки (рисунок 2) наиболее близким по структуре материал является полиамид 6, используемый в электротехнической, машиностроительной промышленности.

В хроматограмме торцевого уплотнителя (рисунок 3) выявилась схожесть с бутадиеновыми каучуками, применяемыми в производстве резинотехнических изделий.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в производстве систем линейного перемещения могут быть использованы: распространенные и доступные полимерные материалы.

Заключение.

В ходе работы были изучены: крышка картриджа, крышка торцевая и торцевой уплотнитель, также определены российские аналоги. Результаты исследования в дальнейшем могут применяться для производства систем линейного перемещения внутри страны, в целях импортозамещения.

Список использованных источников

1. А. М. Лурье. Рельсовые направляющие качения. Характеристики продукции разных производителей по применению. М., 2016.
2. М.А. Мельникова. Полимерные материалы: свойства, практическое применение. Б., 2013.
3. В.Н. Вернигорова, С.М. Саденко. Материаловедение полимеров и композиционных материалов на их основе. П., 2013.
4. В.Л. Заворотный, Н. А. Калачаева, Н.К. Зайцев. Аналитическая химия (Хроматография). М., 2005.
5. Электронный ресурс URL: <https://www.hiwin.tw/> (дата обращения: 10.08.2024)
- 6 Electronic resource URL: [https://www.hiwin.tw /](https://www.hiwin.tw/) (date of access: 08/10/2024)

**А.Н. Никитенко¹, С.М. Литвина¹, С.А. Ламоткин¹,
В.Н. Бабодей², А.В. Пчельникова²**

¹Белорусский государственный технологический университет
²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию»
Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ИХ ОКИСЛЕНИЕ

***Аннотация.** В работе определено, что введение антиокислителей в растительные масла с высоким содержанием омега-3 жирных кислот и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 кислот способствует повышению их устойчивости к окислению под действием нагревания, безопасности их применения в производстве широкого ряда продуктов.*

**A.N. Nikitenko¹, S.M. Litvina¹, S.A. Lamotkin¹,
V.N. Babodey², A.V. Pchelnikova²**

¹Belarusian State Technological University
²RUE "Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of
Sciences of Belarus"
Minsk, Belarus

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF VEGETABLE OILS ON THEIR OXIDATION

***Abstract.** The work determined that the introduction of antioxidants into vegetable oils with a high content of omega-3 fatty acids and an optimal ratio of omega-3 and omega-6 acids for the body helps to increase their resistance to oxidation under the influence of heating, and the safety of their use in the production of a wide range of products.*

Растительные масла (далее – масла) являются важными функциональными ингредиентами самых различных пищевых продуктов, выпускаемых в промышленных условиях и на предприятиях общественного питания. На протяжении многих веков масла являются носителями вкуса и аромата, обеспечивают приятную смазывающую текстуру продуктов, способствуют быстрому насыщению, поскольку являются богатым источником энергии.

Химический состав масел, которые состоят преимущественно из эфиров глицерина, жирных кислот и других компонентов (фосфолипидов, восков, углеводов, белков, пигментов и др.),

определяет их органолептические и физико-химические показатели качества, пригодность к применению в различных процессах для производства большого числа продуктов.

Формирование здорового образа жизни человека во многом основано на рациональности и сбалансированности питания. Ключевая роль биологической ценности масел принадлежит ненасыщенным жирным кислотам – одноосновным жирным кислотам, в структуре которых присутствуют одна (мононенасыщенная) или две и более (полиненасыщенные жирные кислоты, ПНЖК) двойных связей между соседними атомами углерода.

Роль ненасыщенных жирных кислот гораздо более разнообразна, чем насыщенных. Большая часть этих молекул необходима для поддержания нормальной жизнедеятельности организма, с учетом неспособности человека синтезировать многих из них.

Мононенасыщенные жирные кислоты обладают полезными свойствами. Их назначают при лечении заболеваний нервной системы, дисфункции надпочечников. Олеиновая кислота (омега-9) – снижает артериальное давление. Мононенасыщенные жирные кислоты также поддерживают необходимую подвижность клеточных мембран, что облегчает прохождение в клетку полиненасыщенных жирных кислот.

Наибольшее биологическое значение из ненасыщенных жирных кислот имеют полиненасыщенные (незаменимые) жирные кислоты. Это в первую очередь линолевая (омега-6 ПНЖК) и линоленовая (омега-3 ПНЖК) кислоты. Омега-3 и омега-6 ПНЖК являются эссенциальными компонентами пищевых продуктов. Основное биологическое значение жирных кислот омега-3 и омега-6 ПНЖК заключается в их участии в синтезе эйкозаноидов, препятствуют развитию атеросклероза, обладают кардиопротекторным и антиаритмическим действием, регулируют воспалительные процессы в организме, снижают уровень холестерина. Эти вещества защищают организм человека от сердечно-сосудистых заболеваний.

Поэтому весьма важным является обеспечение отечественного рынка маслами, богатыми по составу омега-3 и омега-6 ПНЖК в сбалансированном для человека соотношении. Наряду с этим необходимо обеспечить устойчивость масел с высоким и оптимальным соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК к окислению.

В связи с этим, целью работы было – исследовать влияние вносимых добавок на образование продуктов окисления в растительных маслах с высоким содержанием омега-3 ПНЖК и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК.

Ранее выполненные исследования по изучению жирно-кислотного состава растительных масел показали, что в природе практически нет масел, обеспечивающего поступление в организм человека всех необходимых жирных кислот и биологически активных компонентов в требуемом количестве и сбалансированном соотношении [1]. Поэтому объектами исследования выбраны растительные масла, произведенные в Республике Беларусь: льняное масло, подсолнечное масло, горчичное и кукурузное масло, купажи на их основе. Для повышения устойчивости к окислению в образцы вносили добавки на основе натуральных (смесь токоферолов, витамин А) и искусственных антиокислителей (аскорбиновая кислота и др.).

Состав жирных кислот масел исследовали газохроматографическим методом на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой – цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель – азот, объем вводимой пробы – 1 мкл. Метилирование жирных кислот осуществляли по ГОСТ 31665. Анализ состава и содержания жирных кислот проводили по ГОСТ 30418.

Определение показателей, характеризующих качество масел, выполняли с использованием следующих методов и приборов: активность воды (a_w) – на анализаторе активности воды Roremeter RM-10 по ISO 21807; показатель преломления (n_D^{20}) – на рефрактометре лабораторном ИРФ-454Б2М по ГОСТ 5482; значения перекисного и кислотного чисел – титриметрическим методом – по ГОСТ ISO 3960 и ГОСТ 31933 соответственно.

Ускоренные испытания на окисления выполняли по ГОСТ 31758–2012 (ISO 6886:2006) «Жиры и масла животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренные испытания на окисления)». Индукционный период образцов определяли на приборе Rancimat 743 методом ускоренного окисления, который устанавливал метод определения устойчивости к окислению жиров и масел в предельных условиях, индуцирующих быстрое окисление: высокая температура и быстрый воздушный поток.

Струю очищенного воздуха пропускают через пробу, которая была нагрета до заданной температуры. Образовавшиеся во время процесса окисления газы вместе с воздухом поступали в колбу, заполненную деминерализованной или дистиллированной водой, в которую был вставлен электрод для измерения проводимости. Электрод соединяли с измерительным и записывающим устройством. Устройство указывало на окончание индукционного периода, когда

проводимость начинала быстро возрастать. Быстрое возрастание проводимости являлось результатом диссоциации летучих жирных кислот, образовавшихся во время окисления и поглотившихся водой.

Устойчивость к окислению выражалась в индукционном периоде – промежутке времени между началом измерения и моментом, когда начинало быстро возрастать образование продуктов окисления. Определение устойчивости к окислению масел выполняли при температуре (110 ± 5) °С. Исследование образцов проводили не менее, чем в двух повторностях.

Состав жирных кислот образцов льняного масла и купажа на его основе представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Жирно-кислотный состав масел, %

Наименование жирной кислоты	Льняное масло	Кукурузно-льняное
$C_{16:0}$ Гексадекановая (пальмитиновая)	6,56	5,1
$C_{18:0}$ Октадекановая (стеариновая)	4,08	2,5
$C_{18:1}$ Октадеценная (олеиновая)	5,79	56,7
$C_{18:2}$ Октадекадиеновая (линолевая)	15,1	22,0
$C_{18:3\alpha}$ Октадекатриеновая (линоленовая)	55,23	10,3

Приведенные данные свидетельствуют, что анализируемый образец льняного масла характеризовался высоким содержанием α -линоленовой ЖК (группа омега-3 ПНЖК). Купаж на основе льняного масла содержал омега-3 и омега-6 ПНЖК на уровне, удовлетворяющем оптимальному для организма соотношению.

Устойчивость к окислению масел оценивалась после внесения натуральных (смесь токоферолов, витамин А) и искусственных (аскорбиновая кислота, фенольные соединения и др.) добавок. Характеристика образцов масел приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества образцов растительных масел

№ образца	n_D^{20}	a_w	ПЧ, мэкв/кг	КЧ, мг КОН/г
1	1,4805	0,444	0,3	1,03
2	1,4800	0,434	0,2	1,07
3	1,4800	0,436	0,4	1,04
4	1,4791	0,439	0,5	0,9
5	1,4738	0,328	0,2	0,2
6	1,4735	0,345	0,2	0,2
7	1,3845	0,336	0,2	0,2
8	1,4741	0,695	0,2	0,2

Полученные данные свидетельствовали, что образцы соответствовали идентификационным показателям и требованиям технических нормативных правовых актов, включая ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 024/2011 и CODEX STAN 210–1999. Введение антиокислителей привело к снижению кислотного числа – на 3–15%, величины активности воды – на 2,3 % образцов с натуральными добавками.

Результаты исследований устойчивости к окислению масел ускоренным методом представлены на рис.1.

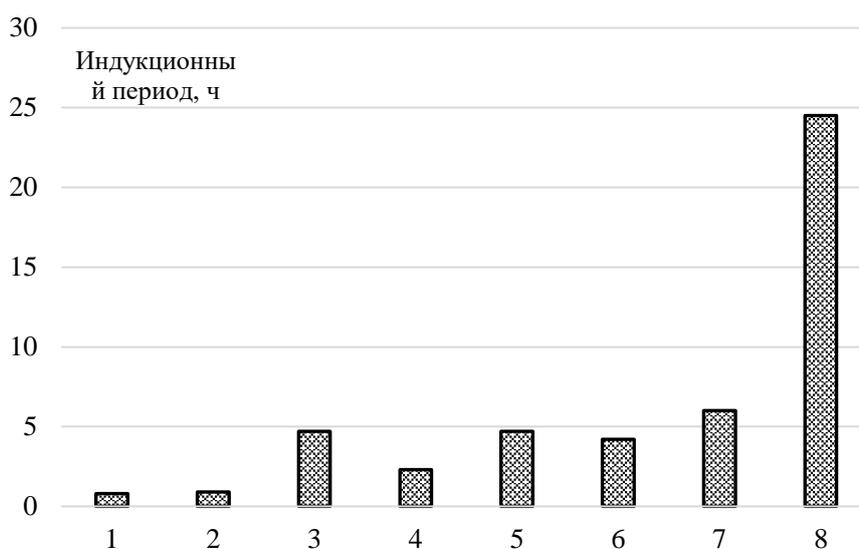


Рис. 1- Устойчивость к окислению образцов масел

Исходя из полученных данных определено, что введение натуральных и искусственных добавок привело к увеличению в 5–6 раз индукционного периода окисления масел при воздействии температуры (110 ± 5) °С.

Таким образом, введение антиокислителей в масла с высоким содержанием омега-3 ПНЖК и оптимальным для организма соотношением омега-3 и омега-6 ПНЖК способствует повышению их устойчивости к окислению под действием нагревания, обеспечивает их безопасность для применения в производстве широкого ряда продуктов.

Список использованных источников

1. Никитенко, А.Н. Исследование растительных масел и их купажей методом ЯМР-спектроскопии / А.Н. Никитенко, Е. Д. Скаковский, С.А. Ламоткин, И. С. Сербин, А. В. Стрибуть // Труды БГТУ. Серия 2 – № 2 (223), Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – Минск, 2019. – С. 137–145.

Ning Yulin, L.V. Grintsevich
Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A FACTOR IN INCREASING THE STABILITY OF THE LOGICAL ROUTE

***Abstract.** Development of transport infrastructure plays a key role in increasing the sustainability of logistics routes, ensuring more efficient and safe movement of goods. In the context of globalization and the growth of the digital economy, improved infrastructure helps reduce costs and risks, and increases the flexibility and speed of delivery. The study aims to identify the relationship between the level of infrastructure development and the sustainability of logistics chains.*

Нин Юйлин, Л.В. Гринцевич
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА

***Аннотация.** Развитие транспортной инфраструктуры играет ключевую роль в повышении устойчивости логистических маршрутов, обеспечивая более эффективное и безопасное перемещение грузов. В условиях глобализации и роста цифровой экономики улучшение инфраструктуры способствует снижению издержек и рисков, а также повышает гибкость и скорость доставки. Исследование направлено на выявление взаимосвязей между уровнем инфраструктурного развития и устойчивостью логистических цепочек.*

In the context of growing population mobility, rapid shifts, and modernization in production processes, the significance of transport infrastructure—as a core element in regional economic development and a key factor in its resilience—is on the rise.

Transport infrastructure, essential for enhancing a region's operational efficiency and structuring its economy, supports the connectivity of territories with transport networks and the optimized distribution and delivery of goods. As a multifaceted component within the global economic framework, transport infrastructure reflects the development level of any region, influencing competitive strengths and the evolution of production networks.

The establishment of high-quality transport infrastructure is increasingly recognized as essential for fostering economic growth and enhancing the population's quality of life. Transport infrastructure represents a sophisticated network linking cities and facilitating human activity, intertwining social, economic, and ecological systems as urbanization and population growth accelerate. Additionally, this network plays a critical role in promoting socio-economic development and improving life quality through the creation of intra-city connections. Infrastructure between cities fosters integration and resident mobility, which, in turn, substantially drives regional and national economic growth. However, ineffective transport planning can lead to negative outcomes, including environmental degradation, increased road accidents, climate change impacts, higher carbon emissions, and reduced transport efficiency [1]. Thus, a pressing need arises to assess the wide-ranging impacts of transport infrastructure through existing studies.

The transport system plays a pivotal role in ensuring sustainable development. It serves not only as a crucial tool for addressing social, economic, and technological issues but also presents environmental risks, contributes to road accidents, and poses health hazards [2]. Annually, the cumulative damage from these adverse effects reaches approximately 7-10% of the gross domestic product [3].

Transport infrastructure plays a key role in ensuring the efficient functioning of logistics systems. The development of transport infrastructure not only improves the availability and reliability of logistics routes, but also helps to increase their sustainability. The sustainability of a logistics route is determined by the system's ability to adapt to changes, minimizing risks and ensuring the continuity of transport processes. This article examines the main aspects linking the development of transport infrastructure and increasing the sustainability of logistics routes.

Transport infrastructure includes roads, railways, ports, airports and other facilities that ensure the movement of goods and passengers. The development of this infrastructure is a prerequisite for the efficient functioning of logistics systems. Modern transport networks can reduce the time and financial costs of delivering goods, which, in turn, increases the competitiveness of enterprises. [4]

The sustainability of logistics routes depends on many factors, including the reliability of vehicles, the state of the infrastructure, the organization of cargo transportation and the readiness to respond to unexpected circumstances. The main aspects of sustainability are:

Flexibility: the ability to quickly change routes and delivery methods in response to changes in demand or transportation conditions.

Reliability: the ability of the system to maintain service levels while minimizing delays and losses.

Adaptability: the ability of the system to respond to external changes such as weather conditions, economic fluctuations, and technical failures.

The development of transport infrastructure helps to increase the sustainability of logistics routes in the following ways:

Improving the quality of infrastructure: modern roads, bridges, and other facilities reduce the likelihood of accidents and delays. This, in turn, increases the reliability and predictability of logistics processes.

Integration of different modes of transport: the creation of multimodal transport hubs allows for the optimization of transportation and increases the flexibility of logistics solutions. For example, the presence of ports connected to railways and road transport facilitates the transportation of goods and minimizes delivery times.

Implementation of innovative technologies: the use of modern technologies such as automation, real-time monitoring, and transport management systems allows for more efficient management of transportation processes and response to changing conditions.

As an example, we can consider the development of transport infrastructure in Europe and Asia. In the countries of the European Union, projects are actively being implemented to improve rail and road communications, which helps reduce the carbon footprint and increase the sustainability of logistics chains. In Asia, especially in China, high-speed train networks and modern ports are actively developing, which allows for a significant reduction in transportation time.

- The impact of transport infrastructure covers many aspects, including human, economic and environmental. These links are supported by a number of economic mechanisms activated through the improvement of transport infrastructure, among which are:

- Good infrastructure is the basis for the provision of efficient transport services for both freight and passenger transport. This, in turn, facilitates key economic activities and overcomes geographical barriers.

- Efficient logistics systems facilitate trade by reducing the costs of access to international markets and increasing the competitiveness of local companies and their products.

- Passenger transport systems increase the productive capacity of the economy, expand labour markets and, through the growth of agglomerations, promote industrial specialization and ensure interaction between enterprises and skilled workers in high-value-added sectors.

In modern studies by economists, special attention is paid to the impact of transport infrastructure on the economic development of regions

and industry markets. An increase in the volume of transportation contributes to the accumulation of capital in the infrastructure and the efficient use of labor resources, which, in turn, helps reduce the cost of production. In addition, the growth in the number of jobs has a positive effect on the level of per capita income. Opening access to new markets helps increase labor productivity, which leads to an increase in real GDP per capita.

From the point of view of ensuring the economic security of regions, experts note the importance of geographical accessibility and development of transport networks for the integration of the regional market. This emphasizes the importance of transport infrastructure in the formation of a single regional transport space. [5]

The role of transport infrastructure in regional development is one of the fundamental principles in the theory of regional economics. This principle states that regions with better access to resources and markets due to developed transport links, all other things being equal, will be more productive, competitive and, as a result, successful compared to isolated regions. The development of transport infrastructure implies, first of all, the optimization of the share of various types of transport in the transport services market, which contributes to the increase in the efficiency of the economy in the regions. An important indicator of the level of development of the national economy is GDP, and for individual regions - the gross regional product (GRP). The volume of GRP depends on many socio-economic factors, including the level of development of the territorial transport system.

References

1. Kudrjavcev A.M., Rudneva L.N. Metodika kompleksnoj ocenki jeffektivnosti funkcionirovanija transportnoj infrastruktury regiona [Methodology for a comprehensive assessment of the effectiveness of the functioning of the transport infrastructure of the region]. Rossijskoe predprinimatel'stvo. 2014. №8 (254), pp. 109–121.
2. Korrejja A.G., Vinter M.G., Puppala A.Ja. Obzor ustojchivyh podhodov v geotehnike transportnoj infrastruktury [Overview of sustainable approaches in the geotechnics of transport infrastructure]. Prosr. GEO-TEK. 2016; 7, pp. 21–28.
3. Chimitdorzhieva E.C., Vahromeev I.I. Rol' transportnoj infrastruktury v povyshenii jeffektivnosti prostranstvennogo social'no-jekonomich-eskogo razvitija regiona [The role of transport infrastructure in increasing the efficiency of spatial socio-economic development of the region]. Statistika i jekonomika. 2013. №5.

4. Jekonomicheskie obzory OJeSR [OECD Economic Reviews].
https://oecdru.org/zip/Overview_RUSSIARus_2013.pdf

5. Beljakova E.V., Ryzhaja A.A. Rol' transportnoj infrastruktury v razvitii goroda [The role of transport infrastructure in the development of the city]. Reshetnevskie chtenija. 2017. №21-2.

УДК 004.912:613.2:796.015

О.В. Новик, А.О. Борисевич, В.О. Войтехович
Национальный детский технопарк
Минск, Беларусь

ПРОПИТАШКА: РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАМ-БОТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПЛАНА ПИТАНИЯ И ТРЕНИРОВОК

Аннотация. Современные технологии активно интегрируются в области здравоохранения и фитнеса, предоставляя пользователям доступ к персонализированным инструментам для поддержания здорового образа жизни. Данный проект представляет Telegram-бота под названием PROпиташка, который предоставляет пользователям простое и удобное средство для создания и поддержки персонального плана питания и тренировок.

O.V. Novik, A.O. Borisevich, V.O. Voitekhovich
National Children's Technopark
Minsk, Belarus

PROFITASHKA: DEVELOPMENT OF A TELEGRAM BOT FOR CREATING A PERSONAL NUTRITION AND TRAINING PLAN

Abstract. Modern technologies are actively integrating into the fields of health and fitness, providing users with access to personalized tools for maintaining a healthy lifestyle. This project presents a Telegram bot called PROpitashka, which provides users with a simple and convenient tool for creating and maintaining a personalized nutrition and training plan.

Целью данной статьи является описание процесса проектирования и разработки Telegram-бота, поддерживающего

составление и ведение индивидуального плана питания и тренировок.

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд задач, которые являются основными этапами разработки подобных сервисов:

- определение базовых объектов системы. Проектирование и внедрение системы ввода данных, позволяющей пользователям задавать информацию о своих параметрах (возраст, пол, вес, цели по физической активности);

- реализация рекомендаций по питанию и тренировкам. Алгоритмы расчета и предоставления пользователям предложений по калорийности и составу питания на основе текущих данных о физической активности;

- создание интерфейса взаимодействия с ботом, обеспечивающего удобство использования и высокую степень интерактивности для различных категорий пользователей.

Чат-бот в Телеграм – это роботизированный аккаунт в мессенджере, который запрограммирован на автоматическое совершение действий: продавать товары, развлекать пользователей или искать полезную информацию. Управляется по принципу «вопрос – ответ»: пользователь вводит текстовую команду, бот обрабатывает запрос, находит в своей базе данных подходящий сценарий и отвечает пользователю по скрипту.

В сообщении от бота может быть:

- текст;
- ссылки;
- изображения;
- видео;
- файлы;
- кнопки [1].

С учетом этого, а также, цели и поставленных задач, основными объектами бота, подлежащие разработке, являются:

- пользовательские данные;
- план питания;
- план тренировок;
- графический интерфейс;
- анимации тренировок.

Пользовательские данные вносятся через интерфейс Telegram и включают параметры, влияющие на расчет питания и тренировок. Бот использует данные для формирования рекомендаций, позволяя

пользователям контролировать свои результаты и корректировать план.

Для работы бота используются следующие функции и шаблоны методов:

— шаблоны персональных рекомендаций и шаблонов для расчета калорийности и состава макронутриентов на основе индивидуальных данных. Например, расчеты суточного потребления белков, жиров и углеводов на основании физической активности и индивидуальных параметров пользователя;

— взаимодействие с пользователем. Telegram-бот предоставляет удобный интерфейс для ввода данных о физической активности и питании, который поддерживает гибкую настройку в зависимости от целей пользователя (снижение веса, набор массы или поддержание текущего веса) (рис. 1);

— хранение данных и отчетность. Все данные пользователя сохраняются в централизованной базе данных для предоставления сводных отчетов, которые показывают динамику изменений за день, неделю, месяц.

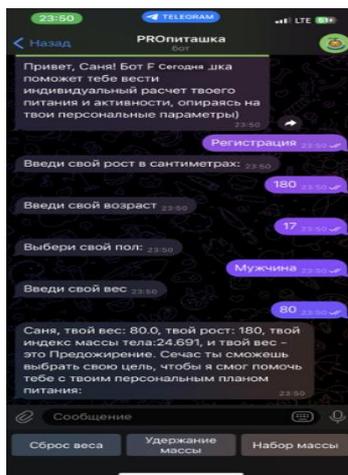


Рис.1 – Пример интерфейса бота для взаимодействия с пользователем

Для обеспечения гибкости и масштабируемости были разработаны шаблоны методов и структуры данных, позволяющие легко модифицировать функциональность бота.

Например, методы управления потреблением воды позволяют добавлять и изменять данные о выпитой жидкости, а система отчетности предоставляет пользователю сводные данные по расходу калорий и времени, затраченному на тренировки. Бот может быть

расширен для поддержки новых функций и модулей, например, добавление анимации тренировок (рисунок 2).



Рис.2 – Модели для анимации тренировок

Добавление анимации тренировок позволит людям, которые далеки от спорта, понять, как делать то или иное упражнение. Это выгодно отличает бот от конкурентов.

Для разработки Telegram-бота были использованы следующие методы и технологии:

- SQLAlchemy – для работы с базой данных, содержащей данные пользователей и их активности;

- Python Telegram API – для интеграции с Telegram и обеспечения легкости взаимодействия с пользователем;

- Asyncio и AioGram – для повышения стабильности работы бота и обеспечения обработки запросов в асинхронном режиме;

- компьютерное зрение – используется для распознавания продуктов по фотографиям, что упрощает ввод данных о питании.

Разработанный бот ПРОПИТАШКА предоставляет пользователям удобный способ контроля питания и тренировок, обеспечивая персонализированные рекомендации и возможность отслеживания результатов. Система поддерживает гибкую настройку шаблонов рекомендаций, что позволяет адаптировать ее под потребности каждой отдельной группы пользователей. В будущем планируется добавление новых функций и усовершенствование существующих методов с целью повышения точности рекомендаций и удобства использования.

Список использованных источников

[1] 1С-рарус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rarus.ru/bonus/telegram-bot/>.

УДК 625.861, 666.972.16

**Н.В. Озерова, М.Д. Сосновский, Р.А. Хочуев, М.И. Дудогло,
А.А. Басистый, А.Т. Шахбанов, Б.М. Очиров**
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Москва, Россия

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС ДЛЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Аннотация. 1 января 2025 г вступает в силу Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2024 N 2330-р, предусматривающее использование не менее 5 % зол-уноса для строительства автодорог. В статье обоснована эколого-экономическая эффективность использования вторичного сырья (золы-уноса) Гусиноозёрской ГРЭС для изготовления дорожно-строительных материалов.

**N.V. Ozerova, M. D. Sosnovsky, R.A. Khochuyev, M.I. Dudoglo,
A.A. Basisty, A.T. Shakhbanov, B.M. Ochirov**
National Research University "MPEI"
Moscow, Russia

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF USING ASH AND SLAG MIXTURES OF GISINOOZERSKAYA GRES FOR ROAD CONSTRUCTION WORKS

Abstract. On January 1, 2025, the Decree of the Government of the Russian Federation No. 2330-r of 08/28/2024 comes into force, providing for the use of at least 5% of fly ash for the construction of highways. The article substantiates the ecological and economic efficiency of using secondary raw materials (fly ash) of Gusinoozerskaya GRES for the manufacture of road construction materials.

В соответствии с Указом Президента РФ к 2030 году необходимо увеличить долю соответствующих нормативным требованиям автомобильных дорог федерального и регионального значения до 85 и 60 процентов соответственно [1]. По итогам 2023 года на территории Республики Бурятия наблюдается увеличение темпов ремонта автомобильных дорог на 29 %, однако в среднем доля автомобильных дорог, отвечающих нормативным требованиям, не превысила 50 процентов. Республика Бурятия находится в Дальневосточном федеральном округе, особенностью данного региона является большая протяженность автомобильных трасс, составляющая более 15 тыс. км [2]. Дорожное полотно состоит из земляного полотна (естественное

основание или насыпной грунт), песчано-подстилающей слоя, щебеночного или гравийного слоя, асфальтобетонного покрытия.

В 2024 году в связи с недостатком стоимость природного песка в Республике Бурятия возросла на 93,2%, что частично обусловлено транспортно-логистическими проблемами. Золошлаковые отходы (ЗШО) являются альтернативой кварцевому песку в слоях дорожного покрытия. Их использование в дорожном строительстве снижает себестоимость производства дорожно-строительных материалов, способствует сохранению запасов нерудных природных материалов, предотвращает воздействие золоотвала на окружающую среду.

Гусиноозерская ГРЭС является крупнейшей в Забайкалье конденсационной электростанцией и одним из крупнейших предприятий Республики Бурятия. Установленная электрическая мощность станции составляет 1244 МВт. Основным топливом для станции является бурый уголь Окино-Ключевского разреза и Гусиноозёрского месторождения. Зольность бурый углей составляет более 20 %. Растопочным топливом является мазут. В результате своей работы электростанция производит большое количество золошлаковых смесей (золы-уноса), только за 2022 год образовалось 365860 тонн. Ежегодно на Гусиноозерской ГРЭС доступно к отгрузке более 90,4 тыс. тонн.

Золоотвалы Гусиноозерской ГРЭС занимают более 227 тыс. м².

Зола уноса – техногенное вторичное сырьё, которое можно использовать взамен природного первичного сырья для производства дорожно-строительных материалов (рис.1).

Таблица 1 - Усредненный Химический состав золошлаковых отходов Гусиноозерской ГРЭС [3].

Химический элемент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Недожог
Процент содержания %	57	25,6	1,7	8,7	3,3	2,1	1,1	0,1	0,5

По химическому составу золы-уноса Гусиноозерской ГРЭС являются кислыми (высокремниевыми) с высоким содержанием SiO₂. Кремнистая (кислая) зола-уноса представляет собой тонкодисперсная пыль, состоящая в основном из сферических частиц с пуццоланическими свойствами. Состоит в основном из реакционноспособных диоксида кремния SiO₂ и оксида алюминия Al₂O₃ (таблица 1), что обуславливает формирование прочной структуры дорожного полотна [4].

В соответствии с распоряжением Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2024 № 2330-р утвержден перечень видов продукции (товаров), работ, услуг, производство, выполнение и оказание которых осуществляются с обязательным использованием определенной доли вторичного сырья в их составе. Настоящее распоряжение вступает в силу с 1 января 2025 г. В этом перечне есть дорожное строительство [5]. Т.о., использование золошлаковых отходов, образующихся в том числе на Гусиноозерской ГРЭС, необходимо для развития транспортной инфраструктуры Забайкалья. Минимальная доля применения вторичного сырья от общего количества, используемого в дорожном строительстве, составляет 5%.



Рис.1 - Золошлаковые отходы топливно-энергетического комплекса

С 1 марта 2023 года предприятие вправе не оплачивать плату за размещение отходов в случае отнесения части отходов, оставшихся после хозяйственной деятельности, к побочному продукту (вторичному сырью) при условии их использования в готовом продукте.

Отечественная и зарубежная практика системного вовлечения ЗШО в автодорожное строительство формировалась на базе успешно реализованных пилотных проектов в течение более, чем 50 лет. Например, в период с 1970 по 1985 гг. в США было реализовано 6 пилотных проектов по использованию ЗШО для строительства асфальтированных автомобильных дорог в Хьюстоне, Вашингтоне и Филадельфии. В рамках данных проектов ЗШО были использованы при сооружении всех слоев дорожной одежды. Успешная реализация пилотных проектов позволила подтвердить, что при соблюдении всех требований технологического регламента ЗШО могут быть использованы в проектах автодорожного строительства.

По данным Национальной ассоциации развития вторичного использования сырья (АРВИС), в России ежегодно образуется до 18

млн. тонн золошлаковых отходов. Из них утилизируется не более 12%, остальное — складывается на золоотвалах. При этом в Евросоюзе вторично используется 98% образующихся золошлаков, в Японии — 96%, в Китае — 80%. По мнению экспертов Минэнерго РФ, повышение объема утилизации золошлаков даст экономический эффект в 113,7 млрд рублей, приведет к сохранению в обороте более 3 тысяч га земель, сбережению нерудных природных ресурсов и сокращению выбросов парниковых газов в стройиндустрии.

В рамках реализации Энергетической стратегии Российской Федерации подготовлен комплексный план на период до 2035 года, где установлен целевой показатель по увеличению доли утилизируемых золошлаков тепловых электростанций и котельных от годового объёма образования в 15% к 2024 году и в 50% к 2035 году.

Золоотвалы оказывают негативное воздействие на окружающую среду. В зонах их воздействия формируются неблагоприятные экологические ситуации из-за пылеобразования, вымывания компонентов золы и их попадания в почву и подземные воды. Это негативно влияет на местную флору, фауну и здоровье человека.

Использование золошлаковых отходов в дорожном строительстве предотвращает:

1. загрязнение приземного атмосферного воздуха;
2. загрязнение поверхностных слоев почв и грунтов;
3. загрязнение подземных вод и формирование техногенного горизонта грунтовых вод от загрязнённого фильтрата золоотвала.

Предотвращение воздействия золы-уноса на окружающую среду, ежегодно образующейся на Гусиноозерской ГРЭС, в случае ее использования в дорожном строительстве может быть оценено в сумму более 6 млн. рублей в соответствии с действующей методикой расчета.

Снижение себестоимости дорожных работ при использовании 5 % золошлаковых отходов в составе сырья может составить более 400 тыс. рублей.

Экологизация промышленности становится одним из ключевых национальных приоритетов для Российской Федерации. Подтверждением тому является присоединение к международным соглашениям, например, к Парижскому соглашению в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата и принятие национальных стратегических документов.

Энергетическая политика России начинает смещаться от традиционного ресурсно-сырьевого подхода к ресурсно-инновационному развитию, которое предполагает переход на экономику замкнутого цикла или циркулярную экономику. Это

изменение фокусируется не только на количественном росте экономических показателей, но и на качественной трансформации структуры отраслей. Это будет достигнуто через государственную поддержку, развитие комплексного использования сопутствующих ресурсов и вторичных материалов, а также через постепенное соответствие нормативных требований в области охраны окружающей среды мировым стандартам. Разработаны и реализуются планы по стимулированию природоохранных инициатив, включая переработку отходов и рекультивацию земель.

Список использованных источников

1. Указ Президента России от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
2. О состоянии автомобильных дорог в 2023 году. Информационное сообщение для СМИ. 28 июня 2024, Улан-Удэ//Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия. URL: https://03.rosstat.gov.ru/storage/document/document_publication_plan/2024-07/04/press_20240628.pdf (дата обращения: 7.11.2024).
3. Гусинозерская ГРЭС. URL: <https://iraogeneration.ru/stations/gusozerg/> (дата обращения: 7.11.2024).
4. Озерова Н.В., Мамина Д.Х. Использование отходов угольной отрасли как фактор повышения экологической безопасности // Денисовские чтения [Электронный ресурс]: сборник материалов Международной научной конференции в рамках Года экологии Российской Федерации. Выпуск 8. Геоэкологические проблемы национальной безопасности России, техногенез, инженерная геодинамика и мониторинг инженерных сооружений. (г. Москва, 20 апреля 2017 г.) / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (3,6 Мб). — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38544760>).
5. Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2024 № 2330-р «О перечне видов продукции (товаров), производство которой осуществляется с обязательным использованием определенной доли вторичного сырья в ее составе».

УДК 621.3.011.712

Н.М. Олиферович, Д.А. Гринюк, Я.П. Станкевич, И.О. Оробей

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Аннотация. Проводится анализ современных информационных технологий в системах водоподготовки. Указываются особенности использования современных технологий обработки информации, которые широко применяются в данных процессах.

N. Aliferovich, D. Hryniuk, Ya. Stankevich, I. Arabey

Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

DESIGN OF WATER TREATMENT CONTROL SYSTEMS

Abstract. An analysis of modern information technologies in water treatment systems is carried out. The features of the use of modern information processing technologies, which are widely used in these processes, are indicated.

Объекты автоматизации технологических процессов не являются универсальными с точки зрения применения последних достижений в развитии теории управления, технических средств, программирования. Хотя на всем пути использования систем регулирования шла постоянная работа в области типовых универсальных средств измерения, управляющих и исполняющих систем. Однако особенности функционирования некоторых отраслей и предприятий не позволяют решить этот вопрос окончательно. Так традиционно химическая отрасль характеризуется высокими требованиями по надежности и взрывобезопасности, что зачастую предполагает применение особых управляющих систем, датчиков и систем для функционирования, систем противоаварийной защиты. Пищевая и фармацевтическая отрасли характеризуются особыми требованиями к гигиене, что влияет также на построение систем автоматизации.

Процессы водоподготовки также имеют свои специфические особенности, которые сильно влияют на автоматизацию данных техпроцессов. В первую очередь следует отметить стохастические свойства обрабатываемых сред. При этом эти свойства могут

изменяться в широком диапазоне, что приводит к тому, что часто меняется технология обработки.

Другим важным аспектом является применяемые нетипичных систем измерения состояния среды и технологических аппаратов. Данное направление характеризуется использованием измерительных приборов для параметров, которые применяются исключительно в процессах водоподготовки. Но самая достоверная информация по принятию решений для управления технологическими процессами и аппаратами часто исходит из ручного или полуавтоматического лабораторного анализа, периодичность которого очень низкая.

Вышеуказанные проблемы привели к тому, что аппараты и установки водоподготовки часто характеризуются большой инерционностью, что затрудняет эффективное применение автоматизации. Т.е. фактически автоматизация играет, в большей степени, вспомогательную роль. Консервативность подходов к процессам водоподготовки мешает применению тех решений по автоматизации, которые уже давно используются в других отраслях промышленности. Но применение современных технологий автоматизации может быть полезным для повышения эффективности функционирования многих процессов водоподготовки. Рассмотрим основные направления внедрения автоматизации.

Технология искусственного интеллекта уже стала рабочим инструментом по поиску оптимальных решений для многих задач. Комплексный анализ измерительной информации в процессах водоподготовки начался давно, ввиду особенностей технологии. На передовых станциях водоочистки давно производится постоянный поиск связи качества очистки с текущими измерениями расхода, рН, редокс-потенциала, температуры, мутности, проводимости и т. д. Интеллектуальная оптимизация результатов измерений для очистных сооружений питьевой и сточной воды может позволить усовершенствовать работу операторов очистных сооружений при принятии решений в режиме реального времени, а, возможно, где-то и перевести в автоматический режим. Операторы могут получать данные, которые помогут им точно настроить работу станции для удовлетворения критериев качества воды с меньшими затратами. Это дает предприятиям водоснабжения возможность повысить уровень удовлетворенности потребителей, обеспечить необходимые экономические требования и уменьшить вероятность экологических сбоев.

Одновременно актуальной проблемой является достаточное информативное обеспечение системы управления, а также

достоверность этих данных. В целом, системы очистки характеризуются большим набором, часто специфических, данных. Некоторые методы ИИ [1, 2], искусственных нейронных сетей [3], генетические алгоритмы, могут позволить обнаружить зависимости, которые скрывались в больших объемах информации.

Важным аспектом является оптимизация водоочистных сооружений. Часто контроль доступного количества физических, химических и биологических параметров недостаточен для точного принятия решений. Очень полезным может быть проектирование многостадийной обработки воды с целью получения промежуточных параметров для более точного последующего прогнозирования.

Злободневным направлением проектирования очистных сооружений повышение их энергоэффективности. Математические модели в области очистки сточных вод, а также текущий анализ существующих систем, может существенно помочь инженерам в работе над оптимизацией очистных сооружений. Традиционная очистка сточных вод создает огромное количество первичного и вторичного осадка, которые вместе называются осадком сточных вод. Не вызывает сомнения, что состояния этих осадков, во многом, определяется обработкой на предыдущих стадиях.

Применение цифровых технологий при проектировании стало неотъемлемой стороной при проведении проектирования и сопровождения технологических процессов. Водоподготовка не является исключением. Использование Building Information Model (BIM) только на этапе проектирования не раскрывает весь потенциал преимуществ этой технологии. BIM показывает свой потенциал на этапе строительства, как в области раннего планирования строительно-монтажных работ, составления графика и увязки их с графиками поставок оборудования, так и в плане материально-технических ресурсов, необходимых для нормального, ритмичного строительства.

Цифровизация, связь с единой моделью здания или сооружения, контроль и мониторинг строительных процессов и расходов материально-технического обеспечения – важнейшая задача обеспечения быстрого, экономичного и малозатратного строительства любых объектов, в том числе объектов промышленного производства. BIM на текущем этапе развития уже используется на всех этапах существования зданий, предприятий, технологий. Когда-то существовавшая имитационная модель предприятия может быть использована не только для планирования и оптимизации, но и для решения дальнейших вопросов, касающихся жизненного цикла

предприятия. Модель можно использовать, например, для планирования концепций расширения этапов, для виртуального ввода в эксплуатацию систем автоматизации, для непрерывной оптимизации производительности и затрат на уборку, в качестве обучающего моделирования или в качестве компонента системы управления на основе модели.

Несмотря на ограничения биологических процессов на очистных сооружениях, существует интересный потенциал для их улучшения с помощью современных систем управления. Этот потенциал может быть использован для улучшения качества очистки сточных вод и повышения энергоэффективности [3].

Однако оптимальное использование этого потенциала является сложной междисциплинарной инженерной задачей. Если проследить за судьбой химически окисляемых веществ на очистных сооружениях (ОСВ), то можно увидеть, что значительная их часть окисляется (кислородом или нитратами). По этой причине, доступны следующие возможности как для оптимизации процесса, так и для планирования концепций автоматизации для минимизации энергопотребления:

- минимизация потребности в энергии для обеспечения необходимого кислорода;
- максимизация эффективности производства сжатого воздуха;
- минимизация избытка кислорода.

Как отмечалось ранее, для обеспечения эффективного управления, требуется учесть динамические аспекты аппаратов водоподготовки. Мощным инструментом для решения таких задач является использование моделирования.

Динамика процессов водоподготовки весьма специфична. Для адекватности требуется учитывать нелинейные свойства этих процессов. В данном направлении можно встретить ряд готовых моделей. Так для описания процессов биологического разложения доступны надежные модели активного ила, проверенные в течение многих лет. Т.е следует развивать базы данных моделей объектов управления и результаты их эксплуатации.

Развитие измерительных систем для автоматизации водоподготовки не столь стремительно, как это было в прошлом веке [4]. Используются все те же измерительные приборы, которые призваны оптимизировать реагентную обработку. Развитие технологии приборостроения позволило получить более удобные интерфейсы работы с измерительными приборами. Так для оптимальной обработки осадков рекомендуются анализировать время фильтрации (ТТФ), удельное сопротивление фильтрации (SRF), время

капиллярного всасывания (CST) [5], скорость сдвига и напряжение, вязкость, и электрокинетические свойства. Некоторые исследователи идут дальше, и создают программные сенсоры для управления дозировкой.

При построении систем управления можно встретить два подхода. С одной стороны, используется анализ физических принципов работы и выбор в качестве основы вышеупомянутых физических параметров CST, SCD, проводимость, размер частиц и т.д.

Можно встретить и системы по возмущению, что весьма логично в условиях большой инерционности ОСВ. Иногда их дополняют системами с обратной связью, например по электрокинетическим характеристикам или проводимости. Существуют варианты по применению управления по эталонной модели. Структура адаптивного управления может выглядеть как на рис. 1.

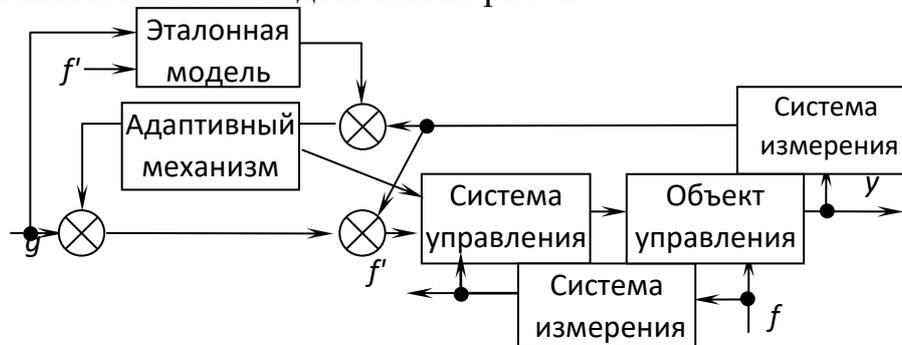


Рис. 1. Система управления с эталонной моделью:

g – вектор управления; y – вектор выходных параметров; f и f' – вектор возмущения и результат их измерения

Анализ публикаций показывает, что существует большое количество решений подходов по использованию информационных потоков и построению систем управления в процессах водоподготовки. В последнее время наибольшее внимание уделяется использованию технологий нейронных сетей, нечетким множествам и гибридным алгоритмам.

Список использованных источников

1. Chau, K.W. A review on integration of artificial intelligence into water quality modeling // Marine Pollution Bulletin. 2006. Vol. 52. P. 726–733.
2. Koroteev D., Tekic Z. Artificial intelligence in oil and gas upstream: Trends, challenges, and scenarios for the future // Energy AI, 2021. Vol. 3. P. 100041. DOI: 10.1016/j.egyai.2020.100041.

3. Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy / Panepinto D. [at al.]// Applied Energy. 2016. Vol. 161. P. 404–411.

4. A performance indicators system for urban wastewater treatment plants / S. Quadros [at al.]// Water Science and Technology. 2010, Vol. 62. P. 2398–2407. DOI: 10.2166/wst.2010.526.

5. Oliferovich N., Hryniuk D. Orobei I. Measuring the speed of capillary soaking with adaptation regarding coordinates // 2015 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream). Vilnius, Lithuania. 2015, P. 1-4.

УДК 620.197.2

М.А. Осипенко, Е.О. Богдан, А.Р. Цыганов, И.И. Курило

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИНГИБИРОВАНИЕ МОЛИБДАТОМ НАТРИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ МАГНИЕВОГО СПЛАВА AZ31 В 0,05 М NaCl

Аннотация. Методом динамической импедансной спектроскопии установлено влияние концентрации молибдата натрия на ингибирование процессов коррозии магниевых сплавов AZ31 в 0,05 М растворе хлорида натрия. Показано, что увеличение содержания в коррозионной среде Na_2MoO_4 до 75 мМ приводит к возрастанию сопротивления поверхности и увеличению защитного эффекта ингибитора до $\approx 91\%$. Дальнейший рост концентрации молибдата натрия не влияет на значение сопротивления поверхности и величину защитного эффекта в 0,05 М растворе NaCl.

М.А. Osipenko, E.O. Bogdan, A.R. Tsyganov, I.I. Kurilo

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

INHIBITION OF CORROSION OF AZ31 MAGNESIUM ALLOY IN 0,05 M NaCl BY SODIUM MOLYBDATE

Abstract. The effect of sodium molybdate concentration on corrosion inhibition of AZ31 magnesium alloys in 0,05 M sodium chloride solution was examined using dynamic impedance spectroscopy. An increase in the Na_2MoO_4 concentration in the corrosion medium up to 75 mM leads to an increase in surface resistance and protective effect of the inhibitor of $\approx 91\%$. A further increase in the sodium molybdate concentration does not affect the surface resistance and the value of the protective effect in the 0,05 M NaCl

solution.

В настоящее время перспективным материалом для аэрокосмической, военной и автомобильной областей промышленности является магний и его сплавы, что обусловлено их низкой плотностью, отличной формуемостью и нетоксичностью. Для промышленного использования наибольший интерес представляют магниевые сплавы серии AZ (Mg-Al-Zn). Известно, что легирование алюминием позволяет повысить коррозионную устойчивость и некоторые механические свойства сплавов, не увеличивая их плотности, а легирование цинком способствует повышению демпфирующих характеристик материала [1].

Несмотря на ряд неоспоримых преимуществ, существенным недостатком магния и его сплавов является низкая коррозионная стойкость. Это обусловлено тем, что, во-первых, в отличие от алюминия и титана естественные оксидно-гидроксидные слои на поверхности магния характеризуются низким коэффициентом Пиллинга-Бедвордса ($\approx 0,81$), что не позволяет им обеспечивать эффективную защиту от коррозии. Во-вторых, ввиду того, что магний характеризуется значительным отрицательным потенциалом, все интерметаллические частицы (ИМЧ), входящие в состав магниевых сплавов, являются катодными по отношению к магниевой матрице. Это делает сплавы магния подверженными сильной гальванической коррозии [2].

Использование растворимых ингибиторов коррозии является одним из наиболее практичных методов защиты металлов и сплавов от негативного воздействия окружающей среды и по сравнению с другими методами обладает рядом преимуществ: отсутствием необходимости в специальном дорогостоящем оборудовании, простотой в эксплуатации, низкой стоимостью. До сих пор в отдельных отраслях промышленности для защиты металлических изделий, эксплуатируемых в экстремальных условиях, применяют растворимые ингибиторы и конверсионные покрытия на основе соединений хрома(VI), использование которых из-за их токсичности и канцерогенности ограничено и строго регулируется. Для обеспечения экологической безопасности и снижения себестоимости ингибиторов перспективной альтернативой хроматам являются соединения оксоанионов переходных металлов таких, как вольфрам, ванадий, марганец и молибден. Соединения этих металлов малотоксичны и склонны к эффекту «самозалечивания» при механических повреждениях защитных пассивных слоев. Известно, что процесс

ингибирования коррозии в зависимости от материала подложки, состава и концентрации ингибитора, состава коррозионной среды и ряда других факторов может значительно различаться. В настоящее время есть ряд работ, демонстрирующих отличный ингибирующий эффект соединений молибдена для сплавов алюминия, цинка и стали. Однако исследования, посвященные изучению защитных свойств водорастворимых ингибиторов коррозии магниевых сплавов, в литературе практически не представлены.

Целью данной работы являлось установление механизмов ингибирования молибдатом натрия процесса коррозии магниевого сплава AZ31 в 0,05 М растворе NaCl.

В качестве объекта исследования использовали образцы сплава AZ31, полученного литьем с использованием метода вакуумного всасывания. Номинальный состав сплава представлен в таблице 1. Подготовка образцов включала полирование их поверхности с последовательным использованием наждачной бумаги #500, #800 и #1200 в среде изопропанола на горизонтальном шлифовально-полировальном станке Struers Laborol 60 до финального размера зерна ~ 10 мкм; промывку в этаноле и сушку. Коррозионные испытания образцов сплавов AZ31 проводили в 0,05 М растворе NaCl, в который вводили от 0 до 150 ммоль/л (ммМ) Na₂MoO₄.

Таблица 1- Номинальный состав сплава AZ31

Элементный состав, масс. %			
Mg	Al	Zn	Mn
95,7	3,0	1,0	0,3

Для изучения коррозионного поведения образцов сплавов магния использовали метод динамической электрохимической импедансной спектроскопии (ДЭИС), который позволяет практически мгновенно регистрировать спектры импеданса в достаточно широком диапазоне частот и проводить мониторинг процессов коррозии в нестационарных системах при изменении времени, состава коррозионной среды, температуры и токовой нагрузки. Для регистрации спектров ДЭИС использовали потенциостат/гальваностат Biologic, соединенный с измерительной платой PXI-4464 для генерации сигнала переменного тока и платой PXI-6124 для сигнала переменного/постоянного тока (шасси PXIe-1073) в диапазоне частот от 22000 Гц до 0,7 Гц с 10 точками на декаду частоты. Частота дискретизации составляла 128 кГц. Спектры импеданса для образцов сплавов магния записывали в течение 4200 с в 0,05 М растворе хлорида натрия без и в присутствии ингибитора. В течение первых 600 с опыт проводили в 0,05 М растворе

NaCl. С 600 по 3600 с эксперимента в коррозионную среду непрерывно со скоростью 0,11 мл/мин вводили раствор ингибитора, до его итоговой концентрации 150 мМ. Расход ингибитора регулировали перистальтическим микронасосом (Lead Fluid, Baoding, China).

На рисунке 1 а представлены спектры ДЭИС сплавов AZ31 в виде диаграмм Найквиста, полученные в течение 4200 с в 0,05 М растворе NaCl, в который постепенно вводили молибдат натрия до его итоговой концентрации 150 мМ в соответствии с описанной выше методикой. Как видно из представленных данных, на всех полученных спектрах ДЭИС можно выделить одну временную константу емкостной природы. Для всех исследуемых сплавов в 0,05 М NaCl (в первые 600 с) наблюдается монотонное уменьшение радиусов спектров импеданса во времени, что свидетельствует о протекании активных коррозионных процессов.

Введение в коррозионную среду даже первых порций молибдата натрия приводит к резкому возрастанию радиусов спектров импеданса исследуемых образцов. Это свидетельствует об образовании защитной пассивной пленки, наличие которой препятствует ионизации компонентов сплава.

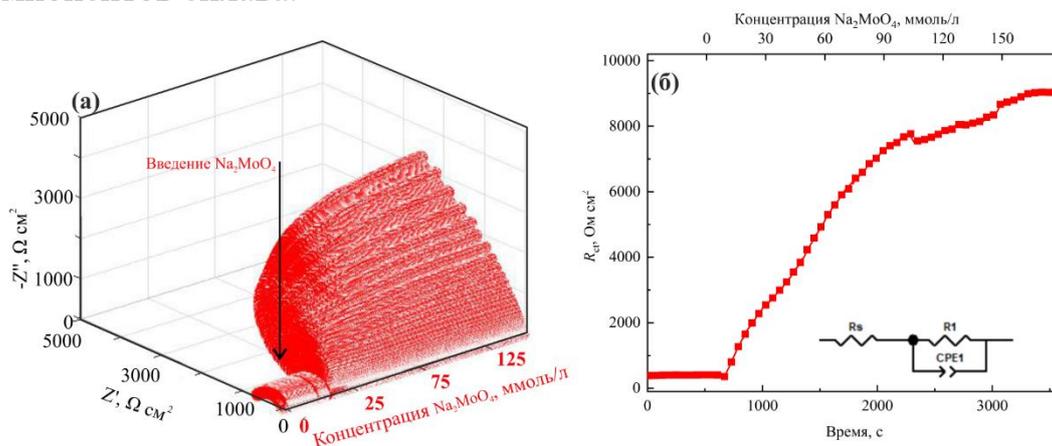


Рис. 1 - Спектры ДЭИС в виде диаграмм Найквист (а) и сопротивление переноса заряда (б) сплава магния AZ31 в 0,05 М NaCl, содержащем 0–150 мМ Na₂MoO₄

Для интерпретации полученных данных была использована представленная на вставке к рисунку 1 (б) эквивалентная схема, где: R_s – сопротивление электролита; R_1 – сопротивление переноса заряда; CPE1 – элемент постоянной фазы, характеризующий емкостный отклик поверхностной пленки, образованной на поверхности электрода; полученное значение емкости представляет собой комбинацию емкости пассивного слоя адсорбированного ингибитора и емкости двойного электрического слоя.

Анализ полученных результатов показал (рисунок 1 б), введение первой порции Na_2MoO_4 приводит к резкому увеличению R_1 , что свидетельствует об увеличении коррозионной устойчивости исследуемых сплавов. Наблюдаемый эффект объясняется практически мгновенной адсорбцией ионов ингибитора на поверхности электрода, что приводит к образованию на ней защитного слоя. Это позволяет предположить, что формирование молибденсодержащего защитного слоя в основном происходит на поверхности магниевой матрицы сплавов и зависит от pH в приэлектродном слое. Дальнейшее постепенное увеличение содержания молибдат-ионов в растворе до концентрации 150 мМ приводит к монотонному возрастанию сопротивления поверхности.

Установлено (рисунок 2), что защитный эффект (IE) экспоненциально увеличивается при низких концентрациях ингибитора и затем остается практически постоянными ($\approx 91\%$) после достижения концентрации ингибитора около 75 мМ. Полученные результаты свидетельствуют о быстром взаимодействии ингибитора с поверхностью сплава.

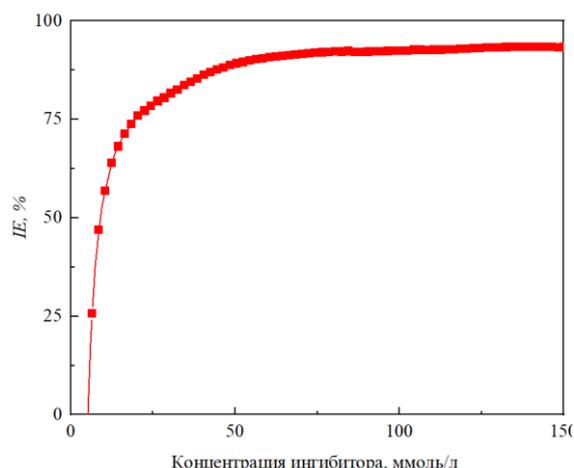


Рис. 2 - Защитный эффект молибдата натрия для сплава AZ31 в 0,05 М растворе NaCl в зависимости от содержания Na_2MoO_4 (0–150 мМ)

Таким образом, методом ДЭИС установлено, что введение в 0,05 М раствор NaCl первых порций Na_2MoO_4 приводит к резкому увеличению сопротивления поверхности сплава AZ31, что связано с практически мгновенной адсорбцией ионов ингибитора на его поверхности, сопровождающейся образованием защитного слоя. Дальнейшее постепенное увеличение в растворе концентрации молибдат-ионов до 150 мМ приводит к монотонному возрастанию сопротивления поверхности. Защитный эффект экспоненциально увеличивается при низком содержании ингибитора и затем остается

практически постоянными после достижения концентрации Na_2MoO_4 около 75 мМ и составляет $\approx 91\%$.

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта Президента Республики Беларусь на 2024 год и в рамках гранта БРФФИ Х24МВ-008 «Экологически безопасные ингибиторы коррозии литийсодержащих сплавов магния на основе растворимых соединений молибдена (VI)»

Список использованных источников

1. M.K. Kulekci, Magnesium and its alloys applications in automotive industry, Int. J. Adv. Manuf. Technol. 39 (2008) 851–865.
2. M. Esmaily, J.E. Svensson, S. Fajardo, N. Birbilis, G.S. Frankel, S. Virtanen, R. Arrabal, S. Thomas, L.G. Johansson, Fundamentals and advances in magnesium alloy corrosion, Prog. Mater. Sci. 89 (2017) 92–193.

УДК 666.221.37

Ю.Г. Павлюкевич, Л.Ф. Папко, А.П. Кравчук, М.В. Панцевич
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ОПТИЧЕСКИЕ СТЕКЛА С ПОВЫШЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены технологические аспекты синтеза стекол системы $\text{RO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ($\text{RO} - \text{BaO}, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{ZnO}$) с повышенным показателем преломления. Разработаны режимы синтеза стекол типа тяжелых кронов, востребованных в оптическом приборостроении.

Yu.G. Pavlyukevich, L.F. Papko, A.P. Kravchuk, M.V. Pantsevich
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

OPTICAL GLASSES WITH HIGH REFRACTIVE INDEX

Abstract. Technical aspects of the synthesis of glasses with high refractive index in the $\text{RO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ system ($\text{RO} - \text{BaO}, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{ZnO}$) are considered. Synthesis conditions of heavy crown type glasses, which are require in optical instrument making, are developed.

Одной из актуальных задач оптического материаловедения является разработка новых составов с оптическими постоянными, которые расширяют известные области составов на диаграмме Аббе. К таким материалам относятся оптические стекла с высокими показателями преломления и коэффициента дисперсии для оптических систем, в которых исправлены сферическая и хроматические aberrации. Ряд марок оптических стекол содержат оксид свинца, замена которого с сохранением высокопреломляющих свойств стекол является одним из приоритетных направлений исследований в области оптического стекловарения [1, 2].

Востребованными в приборостроении являются оптические стекла типа тяжелых кронов, показатель преломления которых составляет 1,55–1,66 при коэффициенте дисперсии 50–64 [3].

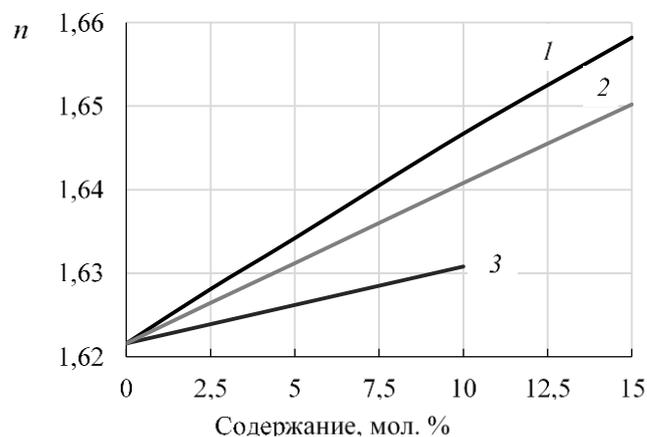
Целью работы является разработка бессвинцового оптического стекла с повышенным показателем преломления на основе системы $RO-V_2O_3-SiO_2$, где $RO - BaO, CaO, MgO, ZnO$. Освоение производства оптических стекол требует достижения высоких показателей однородности стекла и воспроизводимости оптических постоянных. Однородность оптического стекла, поглощение, пузырность и другие нормируемые параметры определяются технологией производства: выбором основных и вспомогательных сырьевых материалов, режимами варки и отжига. В связи с этим при разработке оптических стекол необходимо уделять внимание данным технологическим факторам.

Система $BaO-V_2O_3-SiO_2$ является базовой при разработке стекол с повышенным показателем преломления. При синтезе стекол, содержащих, мол. %: SiO_2 40–60, V_2O_3 20–40, BaO 20–40, уставлена их склонность к фазовому разделению ликвационного типа стекол при молярном соотношении $BaO/V_2O_3 \leq 1$. Показатель преломления стекол составляет 1,5880–1,6750 и закономерно возрастает с ростом содержания оксида бария [4].

Для регулирования оптических и технологических свойств стекол проведено модифицирование стекол системы $BaO-V_2O_3-SiO_2$ оксидами группы RO (CaO, MgO, ZnO). Экспериментальные составы стекол включают, мол. %: SiO_2 45–50; V_2O_3 7,5–22,5; BaO 25–30, RO 2,5–15. Синтез стекол проводился в газовой тигельной печи при температуре 1400 °С. Для повышения окислительного потенциала стекломассы до 30 мас. % BaO вводится нитратом бария.

По результатам определения показателя преломления стекол установлена зависимость данного показателя от вида и содержания модификаторов (рис. 1). Введение в качестве модификаторов в состав стекла, содержащего 45 мол. % SiO_2 и 30 мол. % BaO , оксидов CaO и

ZnO обуславливает повышение показателя преломления от 1,62 до 1,65–1,66. MgO в гораздо меньшей степени повышает показатель преломления.



Модификаторы: 1 – CaO; 2 – ZnO; 3 – MgO

Рис.1 - Влияние модификаторов на оптические свойства стекол

В результате исследования влияния модификаторов на технологические свойства стекол установлено, что введение CaO и ZnO ускоряет процессы стекловарения, в частности сокращает время, необходимое для получения однородного расплава. Однако введение оксида кальция усиливает агрессивность расплава, выраженная коррозия тиглей наблюдается при его содержании более 5 мол. %.

Кристаллизационная способность оптических стекол является важным технологическим фактором, определяющим возможность использования различных способов и режимов формования. Стекла системы $RO-B_2O_3-SiO_2$ проявляют пониженную склонность к кристаллизации, которая проявляется в образовании кристаллической пленки при длительной термической обработке в градиентной электропечи. Однако введение 35–45 мол. % оксидов группы RO при снижении содержания B_2O_3 обуславливает повышение верхней температуры кристаллизации и скорости роста кристаллов.

По результатам исследования оптических и технологических свойств стекол для промышленной апробации определены следующие составы стекол (мол. %): $25BaO \cdot 22,5B_2O_3 \cdot 47,5SiO_2$ (состав 1) и $10ZnO \cdot 30BaO \cdot 7,5B_2O_3 \cdot 45SiO_2$ (состав 2). Стекла содержат также добавки CaO и высокопреломляющих оксидов Sb_2O_3 и ZrO_2 . Показатель преломления данных стекол составляет 1,6230 (состав 1) и 1,6575 (состав 2), что отвечает типу тяжелых кронов.

По данным градиентной термической обработки с выдержкой от 1 до 6 ч стекло состава 1 характеризуется высокой устойчивостью

стеклообразного состояния: признаки поверхностной кристаллизации проявляются при термической обработке в течение не менее двух часов в температурном интервале 800–970 °С. При увеличении содержания модификаторов за счет оксида бора в составе 2 температурный интервал кристаллизации расширяется и составляет 790–1020 °С, признаки кристаллизации усиливаются. По данным рентгенофазового анализа кристаллическая фаза в продуктах термической обработки представлена силикатом бария $BaSi_2O_5$.

На рис. 2 представлены температурные зависимости вязкости стекол составов 1 и 2 в интервале температур 1000–1360 °С, полученные с помощью вискозиметра RSV–1600. Для расплава состава 1 в температурном интервале 1120–1340 °С динамический коэффициент вязкости η снижается от 10 до 1 Па·с. Замена B_2O_3 на ZnO в расплаве состава 2 обуславливает повышение показателей вязкости: η составляет 1,36–10 Па·с в интервале температур 1360–1165 °С. Исследуемые стекла характеризуются низкими показателями вязкости в области температур 1300–1400 °С, что ускоряет процессы осветления при варке стекол.

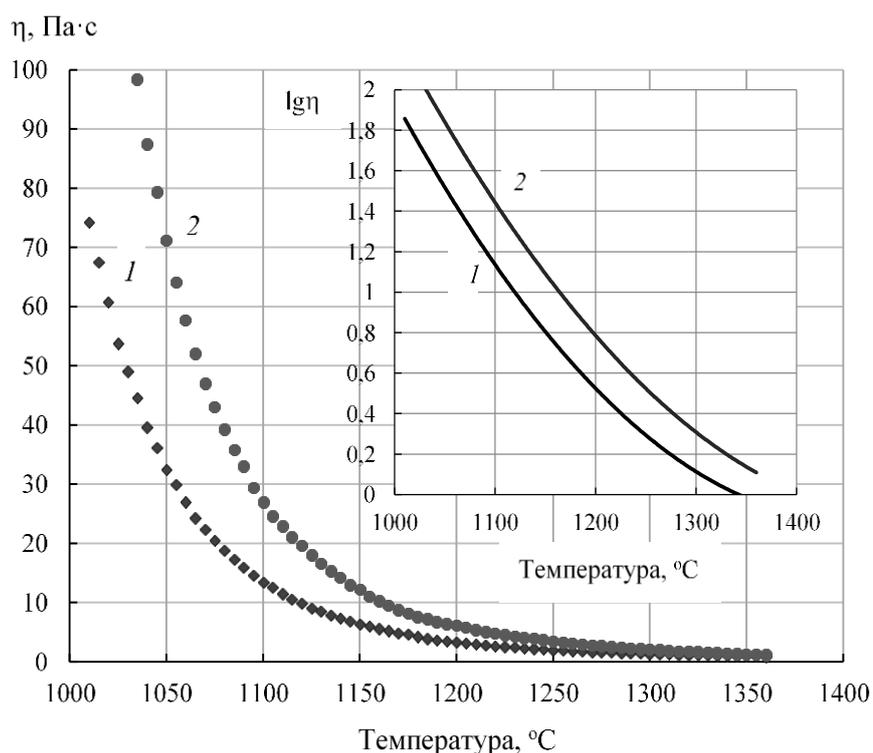


Рис. 2 - Температурная зависимость вязкости стекол

Кривые изменения температурной зависимости вязкости в координатах $lg \eta - T$ имеют симбатный характер. Следует отметить большой градиент вязкости расплавов, что увеличивает скорость твердения стекломассы в процессе формования. Исследование

высокотемпературной вязкости расплавов позволяет наиболее рационально разработать режимы варки стекол в промышленных условиях, а также формования заготовок.

По дилатометрическим кривым опытных стекол определены характеристические температуры, отвечающие фиксированным значениям низкотемпературной вязкости (рис.3).

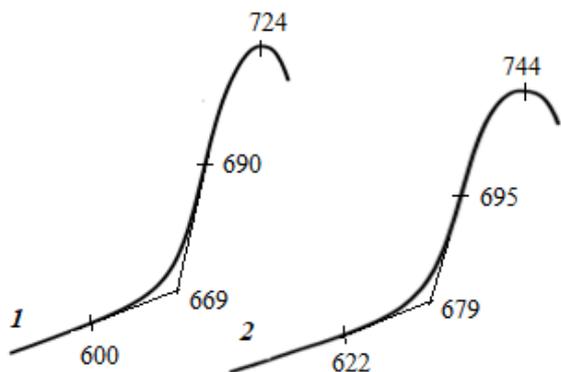


Рис.3 -Дилатометрические кривые стекол

Так, температура стеклования опытных стекол составляет 669 и 679 °С.

Определены температурные интервалы стадии ответственного отжига: 600–690 °С для состава 1 и 622–695 °С для состава 2.

Показатели низкотемпературной вязкости стекол возрастают с ростом содержания модификаторов в их

составе.

Таким образом, по результатам исследования стеклообразующей системы $RO-B_2O_3-SiO_2$, где $RO - BaO, CaO, MgO, ZnO$, разработаны составы бессвинцовых стекол с повышенным показателем преломления, относящиеся по оптическим характеристикам к типу тяжелых кронов. Проведенное исследование технологических свойств стекол такого типа позволяет разработать практические рекомендации по технологическим режимам их производства для расширения ассортимента продукции и обеспечения потребностей оптического приборостроения.

Список использованных источников

1. Вострикова Н.О., Клименко Н.Н., Сигаев В.Н. Бесцветное бессвинцовое высокопреломляющее оптическое стекло с пониженной плотностью // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 1. – С.34–36.
2. Wu J.-M., Huang H.-L. Microwave properties of zinc, barium and lead borosilicate glasses // Journal of Non-Crystalline Solids. – 1999. – Vol.260, N 1-2. – P. 116–124.
3. Немилев С.В. Оптическое материаловедение. Оптическое стекло. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2011. – 175 с.

4. Pauliukevich Y., Papko L., Trusova E. Optical glass with increased refractive index based BaO–B₂O₃–SiO₂ system // Chemistry and Chemical Engineering. – 2024, N 2. – P.3–8.

УДК 621.762:538.245

В.В. Паньков¹, И.Ю. Полин¹, Д.В. Ивашенко², И.С. Окунев³

¹ Белорусский государственный университет

² Белорусский государственный институт метрологии

Минск, Беларусь

³ Петербургский институт ядерной физики

Санкт-Петербург, Россия

МИКРОСФЕРЫ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ: СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. Методом распылительного термолиза синтезированы микросферы гексаферрита бария. Проанализированы возможность поглощения микроволнового излучения композитами микросферы Ва-феррит - фуллереновая сажа.

V.V. Pankov¹, I.Yu. Polyn¹, D.V. Ivashenko², I.S. Okunev³

¹ Belarusian State University

² Belarusian State Institute of Metrology

Minsk, Belarus

³ Petersburg Nuclear Physics Institute

St. Petersburg, Russia

BARIUM HEXAFERRITE MICROSPHERES: PROPERTIES AND APPLICATIONS

Abstract Microspheres of barium hexaferrite were synthesized by spray thermolysis. The possibility of microwave radiation absorption by composites of Ba-ferrite microspheres - fullerene soot was analyzed.

В настоящее время все большее распространение получают магнитные частицы, форма которых является сферической. Они обычно имеют более сложную микроструктуру и в зависимости от своих свойств (полые частицы или сплошные, внутреннее деление, степень анизотропии формы, направление магнитного момента), могут

иметь различное макроскопическое поведение. Так как микроструктура систем меняется с изменением параметров частиц, то это является очень важным фактором для практических их применений. Например, сферическая форма магнитных частиц будет эффективной, чтобы они оставались в кровотоке после инъекции. Такая конфигурация помогает им проходить через капиллярные системы органов и тканей, предотвращая эмболию сосудов, и, следовательно, эти частицы можно использовать для, так называемой, таргетной или умной терапии – адресной доставки лекарств, а также контрастирования в магниторезонансной томографии. Магнитные микросферы применяются и для иммуномагнитной сепарации клеток, для измерения внутриклеточной вязкости, клеточной энергии макрофагов [1].

Работа радиоэлектронных устройств сопровождается электромагнитным излучением, высокий уровень которого может негативно влиять, в том числе, и на организм человека. Эффективным способом снижения уровня электромагнитного излучения является использование радиопоглощающих покрытий с низким коэффициентом отражения. Известно, что магнитные частицы рассматриваются как перспективные материалы в качестве поглотителей электромагнитных волн, а так как магнитная проницаемость материала во многом зависит от формы его частиц, то безусловно представляет интерес исследовать поведение сферических микрочастиц для этих применений.

В настоящей работе для получения магнитных микросфер Ва феррита использовался метод распылительного термолиза с применением установки Spray Dryer YC-015. При синтезе $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ необходимое количество реагентов в виде солей нитратов растворилось в воде. Раствор распылялся в поток газа-носителя и со скоростью 1 л/ч, поступал в камеру, нагретую до температур 100 – 200 °С. Последующий обжиг полученных порошков был проведён при температурах 800 и 1000 °С, в этом случае по данным РФА анализа образуется однофазный $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Метод распылительного термолиза позволяет осуществить получение частиц продукта в виде полых сфер с размерами до 2 мкм (Рис. 1). Как установлено, из-за появления концентрационного градиента растворенного вещества в появившейся капле при распылении, в ней происходит поверхностное осаждение твердой фазы и это вызывает образование полых частиц. Было показано, что микросферы состоят из отдельных наночастиц продукта реакции, а их средний размер находится в области 30 - 50 нм. Магнитные измерения,

проведенные в статических полях до 6 Тл на вибрационном магнитометре компании Cryogenic Limited показывают, что коэрцитивная сила таких порошков находится на уровне 500 Э.

СВЧ и радиопоглощающие свойства данного материала исследовались на композитах Ва феррит - фуллереновая сажа, с изменением концентраций составляющих компонентов от 0 до 100%. Частицы используемой сажи представляли собой глобулы, состоящие из деградированных графитовых структур, которые образовались в процессе электродугового распыления графита при производстве фуллеренов (рис.1). Измерение амплитуды отраженного сигнала от

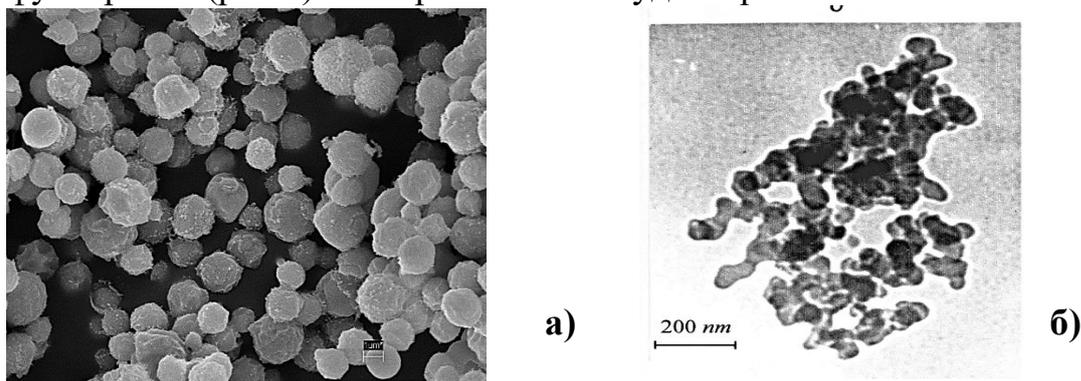


Рис.1 - Микрофотографии частиц
а) - $BaFe_{12}O_{19}$, б) - сажи

исследуемых материалов проводилось в диапазоне частот 1-18 ГГц коаксиальным методом при помощи векторного анализатора цепей Микран Р4М на образцах, диспергированных в массе расплавленного парафина. На графиках (Рис. 2) действительной части диаэлектрической проницаемости наблюдаются отчетливые широкие резонансные пики в области 8-10 ГГц. Кривая диаэлектрической проницаемости чистого феррита не показывает никаких аномалий поведения по всему диапазону СВЧ, кроме слабого резонансного пика на частоте 17 ГГц. Аналогичный узкий, но более мощный пик нами наблюдался ранее на композитах с полыми корундовыми микросферами, легированными никелем (радиус 180 мкм, никель 3%, 70 мкм, никель 7%) в такой же геометрии измерений. Таким образом эффект широкого резонансного рассеяния надо целиком отнести к рассеянию на нанокластерах электродуговой сажи. Как видно на графиках частота резонанса смещается при изменении концентрации сажи в композите. Это значит, что эффект не связан с геометрией ячейки, где расположен изучаемый образец, а связан с содержимым ячейки. Ранее резонансное рассеяние в СВЧ диапазоне наблюдалось на композитах с заполнением микро размерными сферами

(эллипсоидами) FeNiMo [3]. На графиках действительной части магнитной проницаемости мы так же наблюдаем аномальное поведение для всех образцов с электродуговой сажей. Наблюдаются широкие размытые резонансы в области выше 10 ГГц. Электродуговая сажа немагнитна, но имеет хорошою проводимость. Поэтому возникновение магнитной проницаемости на немагнитной, но проводящей саже можно объяснить за счет микротоков Фуко, которые наводятся и взаимодействуют с падающим СВЧ излучением. То есть мы наблюдаем эффект динамической магнитной проницаемости. Аномальное поведение магнитной проницаемости для композитов с частицами микроферритов было теоретически описано в работе [4]

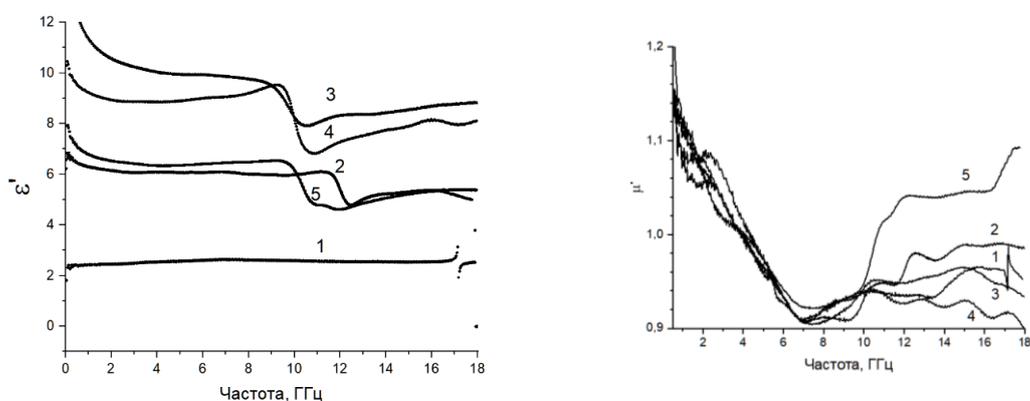


Рис.2 - Полевые зависимости действительных диэлектрической – а) и магнитной – б) проницаемостей для композитов Ва-феррит/ Сажа. Кривые: 1- 0%, 2 - 25%, 3 - 50%, 4 - 75%, 5 - 100% сажи

Частота резонанса и аномалии магнитной проницаемости в нашем случае связаны с пространственной (вероятно, кластерной) структурой заполнения образца сажей и ее микро (нано) структурой, которая определяет параметры ячеек токов Фуко. Ранее эффект резонансной, динамической магнитной проницаемости на нанокремниевых материалах не наблюдался.

Список использованных источников

1. M. Ioncica, S. Bandyopadhyay, N. Bali, V. Socoliuc, V. Bernad, Investigation of Cubic and Spherical IONPs' Rheological Characteristics, Aggregation from the Perspective of Magnetic Targeting // Magnetochemistry, 2023, 9, p. 99.
2. О.П. Горелик, Г.А. Дюжев, Д.В. Новиков, В.М. Ойченко, Г.Н. Фурсей, Кластерная структура частиц фуллереносодержащей сажи и

порошка фуллеренов C60, // Журнал технической физики, 2000, т. 70, вып. 11, с. 118-126

3. J. Neige , T. Lepetit , A.-L. Adenot-Engelvin , N. Malléjac , Microwave Permeability of FeNiMo Flakes-Polymer Composites With and Without an Applied Static Magnetic Field // IEEE Transactions on Magnetics, 2013, 49(3): p.1005-1008

4. Д.В. Перова, А.Б. Ринкевич, Динамическая магнитная проницаемость композитных сред с неферрическими ферромагнитными частицами // Физика металлов и металловедение, 2022, т. 123, № 2, стр. 151-157.

УДК 004.8

И.С. Пентковский, И.И. Полоз

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДИЗАЙНЕРОВ

Аннотация. В статье представлены преимущества и недостатки внедрения ИИ в деятельность промышленных дизайнеров. Выявлено, что внедрение инструментов на базе ИИ повышает эффективность и качество работы специалистов, сокращает время на разработку, улучшает креативность.

I.S. Pentkovskiy, I.I. Poloz

Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ACTIVITIES OF INDUSTRIAL DESIGNERS

Abstract. The article presents the advantages and disadvantages of introducing AI into the activities of industrial designers. It has been revealed that the introduction of tools on the basis of and increases the efficiency and quality of specialists' work, reduces development time, and improves creativity.

В эпоху цифровизации и автоматизации, когда требования к качеству и скорости разработки продукции растут, применение искусственного интеллекта (далее ИИ) открывает новые возможности для творческих профессий.

На данный момент ИИ внедрен во многие сферы деятельности, помимо медицины и строительства, его активно применяют в различных отраслях промышленности. Исходя из этого можно утверждать, что ИИ возможно внедрить и активно использовать в деятельности промышленных дизайнеров [1].

ИИ – это созданный человеком функционал рационального познания по образу человеческого или, это созданное людьми нечто с искусственным самосознанием и сознанием [2].

ИИ способен стать полезным инструментом в работе дизайнера для достижения поставленных задач и автоматизации процессов создания проекта, чаще всего его применение может наблюдаться на этапах анализа рынка конкурентов, поиска концепции и эскизирования разрабатываемого продукта.

ИИ не сделает всю работу за дизайнера. Творчество человека, его интуиция и эмоциональный интеллект (EQ) остаются важными элементами в процессе разработки. ИИ поможет сократить время разработки, позволяя сосредоточиться на решении более сложных и творческих задач, и расширит границы возможного в мире дизайна и технологий. Возможность применения ИИ в работе промышленными дизайнерами можно рассматривать на каждом этапе разработки.

На первом этапе после получения технического задания и необходимых требований, дизайнеры и инженеры изучают полученные данные и могут структурировать всю информацию, задав определенные ограничения и требования роли ИИ при формировании ответа на поставленный вопрос или задачу по обработке информации. Преимущество ИИ заключается в его скорости. Он оптимизирует рабочий процесс, анализируя огромные объемы данных и предлагая решения, из которых затем дизайнер может выбрать наиболее подходящие. ИИ может загрузить документ, задать вопросы по его содержанию и создать краткое изложение. ИИ выполняет значительную часть рутинной работы, освобождая мысли специалистов и предоставляя им больше времени для творчества [3].

Для работы с данными в виде текста лучше всего подойдут следующие инструменты: ChatGPT, ContentBot.AI, Rytr, COPY.AI, Writesonic, JASPER.AI, Paragraph.AI, CLOSERSCOPY, SHORTLY.AI, Wordtune. К плюсам данных сервисов относятся: простота в использовании; широкий диапазон областей применения; использование на разных языках. Из минусов можно выделить следующее: большинство инструментов генерирует не оригинальный контент; некоторые сервисы имеют ежемесячную или ежегодную платную подписку для доступа; большинство инструментов не смогут

дать точную и нужную информацию в узкоспециализированной сфере; инструменты на базе ИИ не всегда понимают контекст запроса, поэтому могут давать неуместные и некорректные ответы [4].

ИИ может создавать также концептуальные идеи и визуализации, основываясь на существующих моделях и трендах, может генерировать изображения для эскизирования. Однако следующим шагом будет создание объемных моделей для анализирования и дальнейшего производства. В процессе работы могут использоваться различные онлайн сервисы, которые работают на базе ИИ.

Таким образом какие-то задачи можно решать намного эффективнее, например, при поиске референсов или на этапе эскизирования дизайнеру важно получить качественное изображение для дальнейшей проработки или презентации.

Industrial GPT (промышленный ИИ) – это специализированная версия ChatGPT, ориентированная на промышленный дизайн и визуализацию. Этот инструмент использует возможности DALL-E для генерации изображений. Промышленный ИИ адаптирован для поддержки широкого спектра стилей дизайна. К основным функциям Industrial GPT относятся: генерация визуального дизайна; исследование концепции дизайна; визуализация материалов и текстур. Протестировав данный инструмент можно отметить, что полученный с его помощью результат может быть использован в качестве презентации идеи с дальнейшей доработкой дизайнерами, опираясь на бюджет и доступные технологии производства. Результат проделанной мной работы с описанием запроса и полученным на его основе изображением представлен на рис. 1.



Рис. 1 - Сгенерированная концепция по текстовому запросу в YesChat (Industrial GPT / Промышленный ИИ)

Принцип работы рассмотренного инструмента такой же, как у Midjourney и подобных ИИ, генерирующих изображения, опираясь на описание-подсказку (prompt). Инструмент хорошо анализирует сферу запроса, учитывает морфологическое строение объекта и адекватное размещение объектов. После личного анализа сферы и большого количества подобных изображений был сделан вывод, что сгенерированный результат действительно является современным по нынешним трендам и технологиям в промышленном дизайне.

После поиска и отбора референсов можно увеличить разрешение изображения. Мой личный пример улучшения четкости изображения каркаса при помощи сервиса AirBrush, работающего на базе ИИ, представлен на рис.2.

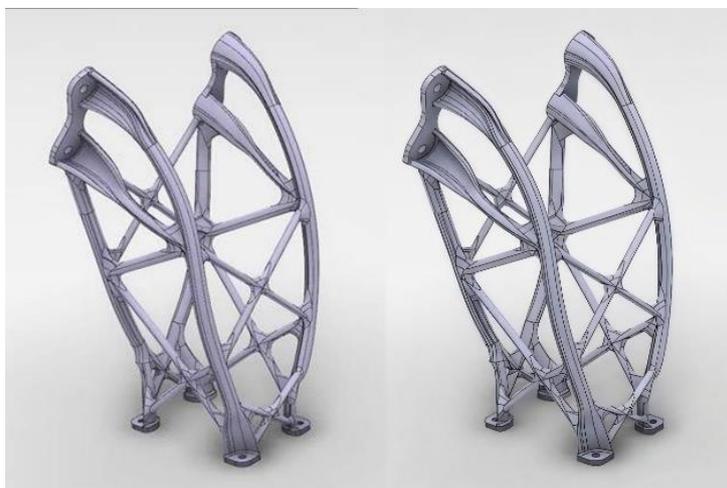


Рис. 2 - Пример улучшения четкости изображения каркаса при помощи сервиса AirBrush, работающего на базе ИИ

К недостатку распространения возможностей ИИ можно отнести то, что заказчики могут прийти со сгенерированными нейросетью картинками и попросить сделать изделие, опираясь на изображение. Важно понимать, что не все изображения могут быть реализованы технологически и технически, большинство сгенерированных изображений следует применять для улучшения насмотренности и вдохновения при работе. Следует помнить, что при внедрении ИИ в рабочие процессы могут возникнуть проблемы, связанные с техническими недочетами и угрозой хакерских атак, приватностью данных, предвзятостью некоторых алгоритмов [5].

Вместе с потенциалом ИИ ставит перед людьми ряд серьезных вызовов, таких как этика, безопасность, рынок труда.

Эффективность работы дизайнеров возрастает с применением ИИ. Генерация текстов, изображений, редактирование документов,

использование вспомогательных сервисов становится облегчающей частью большой работы, и эта фаза будет выполняться быстрее и с большим количеством итераций.

Однако следует отметить, что применение ИИ в области промышленного дизайна работает не так хорошо, чтобы специалисты пользовались этим на постоянной основе, но пренебрегать актуальными развивающимися технологиями не стоит. Инструменты и сервисы с внедренным ИИ следует использовать как дополнительный инструмент в работе. Стоит отметить, что дизайнеры и инженеры должны обладать навыками работы с ИИ, чтобы эффективно использовать его возможности и взаимодействовать с ним. Технологии развиваются стремительно, но существуют непреодолимые ограничения: ИИ не обладает интуицией, эмпатией и здравым смыслом, также он ограничен рамками, установленными людьми.

Таким образом, вопреки распространенному мнению, ИИ вряд ли способен занять место дизайнера. Скорее, он даст людям возможность выполнять более сложные задачи и сделает процесс дизайна более контролируемым и экономичным. Промышленный дизайнер ставит себя на место конечного пользователя, чтобы создать не только привлекательный, но полезный и удобный продукт. ИИ не может превзойти дизайнера, хотя бы потому, что не способен сопереживать так, как это делают люди. Красота дизайна заключается в его несовершенстве и разнообразии, т.к. в первую очередь продукт создается человеком.

Список использованных источников

1. Комаров Н.М., Пащенко Д.С. Применение технологий искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий / Н.М. Комаров, Д.С. Пащенко // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 6. – С. 1-10.
2. Что такое искусственный интеллект [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://goo.su/Uk8ex>. – Дата доступа: 14.10.2024.
3. Криворот, В. В. The use of artificial intelligence (AI) in the field of graphic and industrial design / В. В. Криворот ; науч. рук. Д. И. Бондарчук // НИРС-80 [Электронный ресурс] : материалы 80-й научно-практической конференции студентов Минск, 27 апреля 2024 г. / Белорусский национальный технический университет ; сост.: Е. С. Голубцова, А. Н. Шавель. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 30-32.

4. 10 лучших инструментов для написания текстов с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://goo.su/To2w4>. – Дата доступа: 24.10.2024.

5. Искусственный интеллект [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://goo.su/bC5Da9k>. – Дата доступа: 09.11.2024.

УДК 658.512

О.А. Пешкова, Д.А. Кленкова

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
Москва, Россия

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАРТ

Аннотация. Переход от традиционных медицинских карт к электронным медицинским картам в государственном бюджетном учреждении здравоохранения приводит к существенным преимуществам для организации и пациентов. Однако, на стадии инициации проекта внедрения электронных медицинских карт следует учесть возможные проблемы.

O.A. Peshkova, D.A. Klenkova

Moscow State Automobile and Road Construction Technical University (MADI)
Moscow, Russia

SELECTED ASPECTS OF THE GROUNDING OF THE PROJECT FOR THE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC MEDICAL RECORDS

Abstract: the transition from traditional medical records to electronic medical records in a state budgetary healthcare institution leads to significant benefits for the organization and patients. However, at initiation stage of the project for the implementation of electronic medical record potential problems should be should be considered.

Качество оказания медицинских услуг населению во многом зависит от доступности в полном объеме медицинской информации о пациенте. Доступность этой информации обеспечивается организацией удобного и оперативного доступа к необходимым данным о пациенте.

Среди восьми направлений национального проекта Российской Федерации «Здравоохранение» [1] особое внимание следует уделить проекту «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ)», поскольку реализация данного проекта является драйвером для развития современного здравоохранения.

Всеобъемлющий переход на электронный документооборот в медицинских учреждениях позволяет создать единую цифровую среду, в которой представлены сведения о состоянии здоровья каждого пациента вне зависимости от места и времени его обращения в медицинские организации. Это обеспечивает непрерывность всех фаз амбулаторного и стационарного лечения и диагностики, данные о состоянии здоровья пациента становятся доступными различным медицинскими учреждениям и врачам. Все сведения можно получить из единой базы, они структурированы и представлены в удобном как для пациента, так и для врача и администрации медицинского учреждения формате.

Электронная медицинская карта (ЭМК) является цифровым аналогом бумажной медицинской карты. Она включает всю необходимую информацию: персональные данные пациента, сведения о госпитализации и посещении врачей, историю болезни, результаты диагностических исследований и т.д. ЭМК входят в состав медицинских информационных систем (МИС) в виде встроеного инструмента.

Ведение ЭМК в медицинской информационной системе включает: сбор, систематизацию и обработку сведений о пациентах, которым оказывается медицинская помощь и осуществляются медицинские экспертизы, медицинские осмотры и медицинские освидетельствования; данные о диагностике и лабораторных исследованиях, формирование направления на диагностические и лабораторные исследования; получение и выдачу результатов диагностических и лабораторных исследований, медицинских заключений и (или) ссылок на изображения из архивов медицинских изображений; статистика временной нетрудоспособности; ведение индивидуальных программ реабилитации; формирование рецептов на лекарственные препараты и медицинские изделия; выдачу отражающих состояние здоровья пациента медицинских документов (их копий), справок и выписок [3,4,5]. Перевод документооборота в цифровую форму предоставляет доступ к сведениям из сформированных баз данных, при этом сокращается трудоемкость ввода данных, что позволяет уменьшить количество ошибок.

Актуальность внедрения ЭМК в медицинских учреждениях подтверждается назревшей необходимостью интеграции клиник, поликлиник, амбулаторий и других учреждений медицинской сферы в единую сеть [3,4].

Ведение медицинской карты в электронном виде предоставляет возможность каждому специалисту оперативно получать доступ к сведениям пациенте, а также вносить те или иные необходимые данные с учетом предоставленных прав доступа к информации.

Еще одним из преимуществ перехода к ЭМК является то, что знакомиться с содержимым электронной карты больного и ее заполнять могут несколько специалистов одновременно, что позволяет существенно повысить эффективность деятельности персонала медицинского учреждения. Помимо этого, они позволяют значительно снизить трудоёмкость административного персонала медицинских учреждений, предоставляя дополнительные возможности контроля и формирования отчетности, что важно для функции надзора за заболеваемостью. Дальнейшая перспектива - передача рутинных операций искусственному интеллекту.

Таким образом, внедрение ЭМК во всех организациях здравоохранения весьма актуально.

Однако при переходе медицинских организаций с бумажного документооборота на электронный следует учитывать очевидные проблемы.

Цифровизация медицины предполагает существенные финансовые затраты на оборудование, обучение и администрирование. Кроме того, возникает необходимость адаптации медперсонала к новым условиям работы; придется вести документацию в двойном объеме на начальном этапе внедрения электронных медицинских карт; высока трудоемкость при переносе данных пациентов с бумажных носителей в информационную базу и др. Кроме того, внедрение ЭМК не всегда приветствуется медицинскими специалистами, не являющимися приверженцами цифровых технологий, возможно сопротивление персонала.

В Москве, существенно опережающей другие субъекты Российской Федерации по уровню цифровизации медицинской отрасли, активно развивается единая медицинская информационно-аналитическая система (ЕМИАС), многие учреждения здравоохранения подключены к ней, однако, учреждения, оказывающие психиатрическую помощь населению, пока являются исключением в этом смысле и в столице – слишком щепетильна данная сфера медицины.

Психиатрические заболевания, порой, выявляются случайно - в ситуациях, когда люди вынуждены обращаться к психиатру в связи с требованием законодательства (выдача и продление срока действия водительских прав, получение разрешения на оружие, медицинские осмотры сотрудников определенных сфер деятельности и т.д.) [2].

Поскольку цифровые технологии повышают уровень качества медицинских услуг и эффективность управления медицинскими учреждениями вследствие улучшения процессов сбора, анализа, управления, обмена информацией, назрела необходимость внедрения ЭМК пациента и в психиатрии.

С целью выявления информации относительно возможности использования электронной медицинской карты в государственном бюджетном учреждении здравоохранения (ГБУЗ) г. Москвы – клинической психиатрической больнице, было проведено исследование.

Цель исследования - выявить готовность различных категорий персонала учреждения (руководства, врачей, среднего медицинского персонала, регистраторов, сотрудников административных и поддерживающих подразделений) применять в работе электронную медицинскую карту пациента.

Объект исследования (генеральная совокупность) - сотрудники государственного бюджетного учреждения здравоохранения г. Москвы - психиатрической клинической больницы (численность - 1683 чел.).

Исследование пробное, опрос проводился с 01.06.24 г. по 31.07.24 г. Метод исследования: опрос, вид опроса – анкетный опрос.

Выборка случайная, 354 чел. Опрос был проведен онлайн путем заполнения анкеты на корпоративном портале.

Анализ ответов респондентов выявил, что, независимо от пола, возраста, уровня образования и других социально-демографических показателей респондентов, были получены достаточно похожие ответы на большинство вопросов.

Анализ результатов опроса выявил, что сотрудники данного ГБУЗ в целом положительно относятся к переходу на использование электронной медицинской карты и готовы использовать ее в своей работе: 81% респондентов осведомлены о ЭМК; 66% опрошенных предпочли бы работать с ЭМК, большинство из них - респонденты с высоким уровнем образования и квалификации (кандидат медицинских наук; высшее образование - специалитет и ординатура, высшее образование - магистратура). Тем не менее, 55% опрошенных полагают, что следует параллельно продолжать вести бумажную медкарту.

Существенное большинство респондентов (77%) считают, что нагрузка на медицинский персонал после окончательного перехода на электронную медицинскую карту уменьшится. Около 2/3 опрошенных полагают, что сократится время на выдачу как медицинских заключений, так и архивной медицинской документации. Большинство респондентов (72%) полагают, что уровень качества оказания медицинской помощи после внедрения электронных медицинских карт возрастет.

Среди проблем, которые могут возникнуть в учреждении вследствие внедрения электронных медицинских карт, основными, по мнению опрошенных респондентов, являются проблемы обучения персонала (73%), технические (62%) и финансовые (50%).

Срок переход на систему ЭМК респонденты оценили в 2–3 года.

Анализируя данные, полученные в ходе опроса сотрудников государственного бюджетного учреждения здравоохранения, можно сказать, что персонал данного медицинского учреждения психиатрической специализации готов к замене бумажного документооборота электронным.

Цифровые технологии все более широко применяются в учреждениях здравоохранения, они позволяют оперативно получить более точную информацию всем категориям заинтересованных лиц. Можно сказать, что цифровизация в сфере здравоохранения является насущной тенденцией, она приводит к более комфортному и качественному обслуживанию пациентов, а также эффективному решению административных задач медицинских учреждений и сферы здравоохранения в целом. Следствием этих процессов станет улучшение состояния здоровья пациентов.

Список использованных источников

1. Указ Президента Российской Федерации № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
2. Закон РФ от 02.07.1992 N 3185-1 (ред. от 04.08.2023) "О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании".
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 февраля 2022 г. № 140 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения»/
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2018 г. № 447 «Об утверждении Правил взаимодействия иных информационных систем, предназначенных для сбора, хранения,

обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями».

5. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24.12.2018 № 911н «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций».

УДК 666.3-16:546.82

**С.М. Писарев, А.О. Лембиков, Я.Г. Зернов, Е.А. Пономарева,
В.А. Грук, С.К. Золотников, А.Н. Драньков, О.В. Капустина**
Дальневосточный Федеральный Университет
Владивосток, Россия

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТИТАНА, АРМИРОВАННЫЙ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКОЙ (W-Ti-Ta)C

Аннотация. В работе представлены результаты исследования композита на основе титана, армированного среднеэнтропийной керамикой. Данный материал рассматривается как перспективный для многих отраслей промышленности, а также повысит технический суверенитет России и её конкурентоспособность на мировой уровне.

**S.M. Pisarev, A.O. Lembikov, Ya.G. Zernov, E.A. Ponomareva,
V.A. Gruk, S.K. Zolotnikov, A.N. Drankov, O.V. Kapustina**
Far-Eastern Federal University
Vladivostok, Russia

PROMISING FUNCTIONAL MATERIAL BASED ON TITANIUM, REINFORCED WITH MEDIUM-ENTROPY CERAMIC (W-Ti-Ta)C

Abstract. The paper presents the results of research of titanium-based composite reinforced with medium-entropy ceramics. This material is considered as a promising one for many industries and will raise Russia's technical sovereignty and its competitiveness at the global level.

Ключевыми задачами материаловедения считаются создание новых функциональных материалов и разработка методов для улучшения и регулирования их свойств. В данный момент энтропийные материалы, в частности керамики, вызывают интерес ввиду их выдающихся свойств, таких как твердость, прочность, коррозионная стойкость [1, 2]. Уже известны работы по созданию новых материалов на основе энтропийных керамик, однако совершенно новым подходом является концепция дисперсионного упрочнения материалов путем добавления среднеэнтропийной керамики (СЭК) в структуру.

Целью данной работы является получение композита на основе титановой матрицы, армированной частицами СЭК состава (W-Ti-Ta)C, с различным соотношением Ti/СЭК. Предполагается, что данный материал будет обладать высокими прочностными свойствами, благодаря чему его можно будет использовать в различных отраслях промышленности, в частности аэрокосмической, вследствие чего разработки в данном направлении позволят России создавать отечественные конкурентоспособные титановые детали на мировом рынке, а также расширят фундаментальное понимание процессов, происходящих в энтропийных системах.

Синтез композита начинается со смешивания в эквимолярном соотношении WC, TiC и TaC в планетарной шаровой мельнице. Размол проводили в среде безводного изопропанола при 600 оборотах в минуту, в течение 4 циклов: 20 минут измельчения с последующим 10-минутным охлаждением размольного стакана. Спекание полученной шихты проводили методом электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) при температуре 1900 °С, постоянном давлении прессования 57.3 МПа, со скоростью 100 °С/мин.

Полученную СЭК дробили в агатовой ступке и смешивали в шаровой мельнице с порошком чистого титана в различном соотношении для получения композиций Ti + x at.% (W-Ti-Ta)C (x = 0.2, 0.5, 1.0) и спекали ЭИПС при 1000 °С. Полученные таблетки композита шлифовались крупнозернистыми шлифовальными дисками на основе карбида кремния US CAMI 80, 120 и 240 и полировались мелкозернистыми дисками US CAMI 400, 600, 800 и 1200 на шлифовально-полировальной станции. Очищенные таблетки исследовали различными методами анализа.

Для проверки фазового состава проведён рентгенофазовый анализ образцов (Рис. 1). На дифрактограмме чистого титана мы можем заметить только фазу α -Ti, а у 3 композитов наблюдаем появление энтропийной ГЦК фазы и β -Ti. На удивление, при добавлении большего количества СЭК в композит наблюдаем уменьшение процентного

содержания энтропийной фазы, а не её увеличение. Также мы можем наблюдать смещение пика, отмеченного пунктирной линией на графике, вправо, что говорит нам об уменьшении параметров решетки титана. Фазообразование в процессе консолидации ЭИПС требует более глубокого изучения.

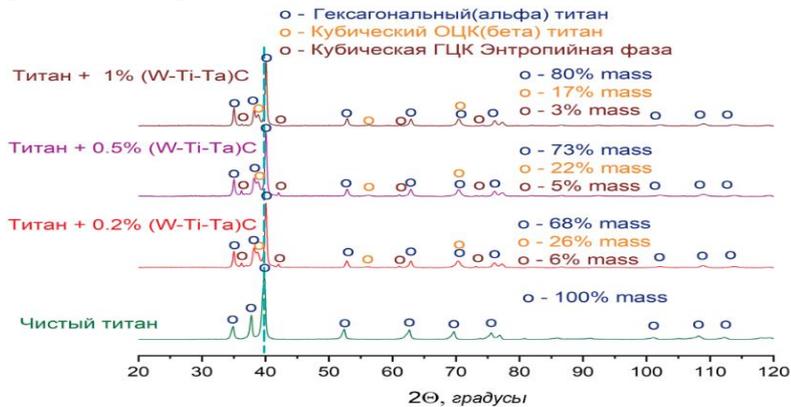


Рис. 1 - Дифрактограммы полученных образцов и исходного порошка титана

Изучение структуры поверхности проводили методом сканирующей электронной микроскопии (рис. 2). Поверхности композитов представлены в виде светлых областей α -Ti, темных областей β -Ti и белых точек СЭК. Видно, что Ti/0.5СЭК более однороден по сравнению с Ti/0.2СЭК, а структура Ti/1.0СЭК сильно отличается от остальных тем, что представлена в виде дендритных структур. Их образование обусловлено выделением значительного количества тепла у зоны контакта между титаном и углеродом вследствие повышенного сопротивления материала керамики согласно закону Джоуля-Ленца.

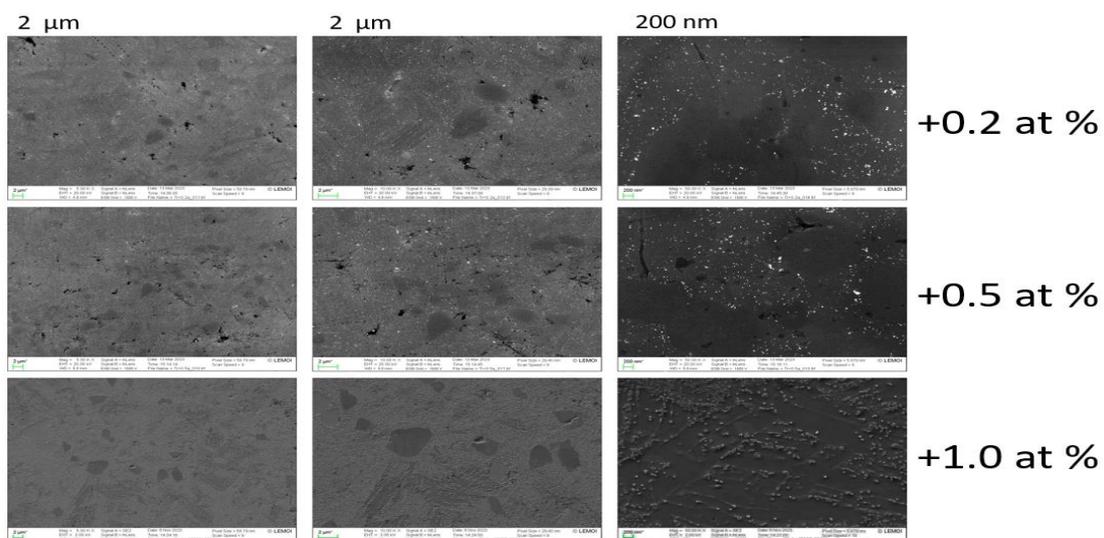


Рис. 2 - Снимки микроструктуры полученных образцов

Значение твердости композитов можно увидеть на диаграмме распределения твердости HV1 (рис. 3). Исходя из результатов можно сделать вывод об отсутствии линейной зависимости между концентрацией СЭК в порошке и значениями твердости. Образец с максимальной долей СЭК имеет средний уровень микротвердости на уровне с образцом, имеющим минимальную; наименьший же разброс свидетельствует о наибольшей однородности структуры, что также соответствует о ранее названной теории проплавления. Материал со средним уровнем СЭК имеет наибольший средний уровень твердости и предсказуемый наибольший разброс вследствие большого количества керамики.

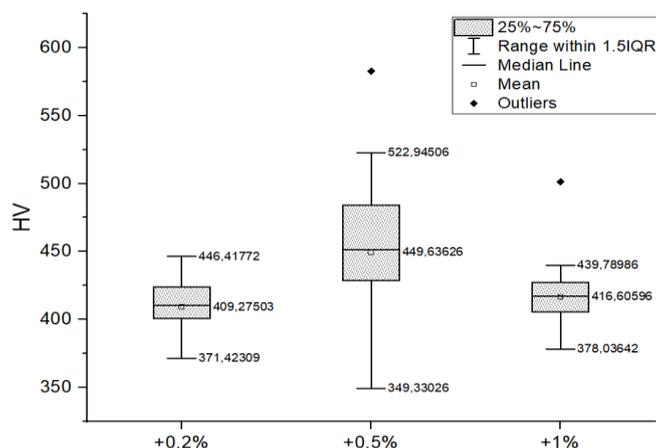


Рис. 3 - Распределение значений микротвердости исследуемых образцов

Исследуемые образцы показывают интересные свойства и в целях понимания перспективы обязаны сравниваться с промышленными сплавами на основе титана (рис. 4).

Материал	Плотность, г/см ³	Твердость, HV
Ti + 0.5 СЭК	4.57	450
BT6	4.45	349
BT23	4.57	280

Рис. 4 - Сравнение характеристик Ti + 0.5 at.% СЭК с некоторыми широко используемыми сплавами

Полученные композиты превосходят многие промышленные марки титана по параметрам твердости, однако работа требует более глубоко изучения функциональных свойств материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, № FZNS-2024-0014.

Список использованных источников

1. Ultra-high strength medium-entropy (Ti,Zr,Ta)C ceramics at 1800°C by consolidating a core-shell structured powder / Q. Yang, X. Wang, P. Wu et al. – DOI 10.1111/jace.18197 // Journal of the American Ceramic Society. – 2022. – Vol. 105, № 2. – P. 823–829.
2. High-strength medium-entropy (Ti,Zr,Hf)C ceramics up to 1800°C / X. Wang, X. Wang, Q. Yang et al. – DOI 10.1111/jace.17677 // Journal of the American Ceramic Society. – 2021. – Vol. 104, № 6. – P. 2436–2441.

УДК 620.197.2

А.В. Поспелов, А.А. Касач, Е.О. Богдан, И.И. Курило, А.Р. Цыганов

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ХИМИЧЕСКОГО ФОСФАТИРОВАНИЯ СПЛАВА МАГНИЯ WE43 НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. Изучено влияние режимов химического фосфатирования легированного редкоземельными элементами сплава магния WE43 на структуру и антикоррозионные свойства синтезированных конверсионных покрытий. Установлено, что полученные кальций-фосфатные покрытия обеспечивают достаточно высокий защитный эффект (88–95%) и позволяют снизить скорость коррозии сплава WE43 в физиологическом растворе Хэнка в 5–18 раз в зависимости от длительности и температуры фосфатирования.

A.V. Pospelov, A.A. Kasach, E.O. Bogdan, I.I. Kurilo, A.R. Tsyganov

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

INFLUENCE OF CHEMICAL PHOSPHATING MODES OF MAGNESIUM ALLOY WE43 ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE OBTAINED COATINGS

Abstract. The influence of chemical phosphating modes of WE43 magnesium alloy doped with rare earth elements on the structure and anti-corrosion properties of the synthesized conversion coatings was studied. It has been established that the resulting calcium phosphate coatings provide a fairly high protective effect (88–95%) and can reduce the corrosion rate of the WE43 alloy in Hank's physiological solution by 5–18

times, depending on the duration and temperature of phosphating.

В настоящее время наиболее перспективными материалами для изготовления биodeградируемых имплантатов являются магний и его сплавы, которые наряду с высокой биосовместимостью характеризуются высокой удельной прочностью и близкой к нативной кости плотностью. В то же время известно, что данные металлические материалы в физиологических средах организма подвергаются быстрой и неравномерной коррозии с водородной деполяризацией, что может нарушать механическую целостность имплантатов и препятствовать формированию костной ткани [1].

Одним из способов повышения коррозионной устойчивости магния и его сплавов является нанесение на их поверхность кальций-фосфатных покрытий, которые характеризуются высоким биологическим сродством к нативной кости, способствуют повышению биоактивности имплантата, обеспечивают его прочное соединение с костной тканью и существенно улучшают процесс остеоинтеграции [2].

Кальций-фосфатные соединения являются предшественниками формирующегося в организме гидроксиапатита и способствуют локальному увеличению концентрации ионов Ca^{2+} и PO_4^{3-} вокруг поверхности имплантата, что играет важную роль в процессе роста костной ткани. Данные соединения могут существовать в виде различных кристаллических фаз, например, дикальциевого фосфата дигидрата ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), дикальциевого фосфата (CaHPO_4), октакальциевого фосфата ($\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), α -трикальцийфосфата ($\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), гидроксиапатита ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) и др. Каждая фаза имеет различную кристаллическую структуру с различным соотношением Ca/P, а также различную способность к растворению в биологических средах. Помимо химического состава покрытия с костной тканью, немаловажными свойствами влияющим на успех имплантации, являются морфология поверхности, смачиваемость и шероховатость.

Целью работы являлось изучение влияния режимов химического фосфатирования сплава магния WE43 на структуру и защитные свойства полученных конверсионных биосовместимых покрытий.

В качестве объекта исследования использовали легированный редкоземельными элементами сплав магния WE43, номинальный состав которого представлен в таблице 1.

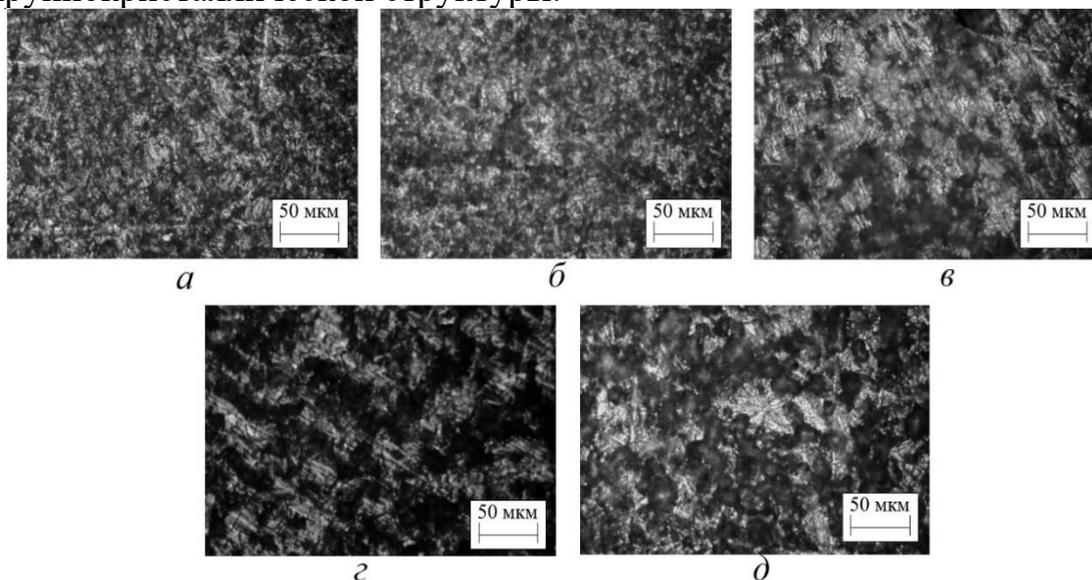
Таблица 1- Номинальный состав сплава WE43

Содержание химических элементов в сплаве, мас.%								
Al	Si	Y	Zr	Nd	Gd	Dy	Yb	Mg
0,01	0,09	4,8	0,7	2,9	0,4	0,3	0,08	баланс

Перед нанесением покрытий образцы сплава размером 20×20×5 мм подвергали полировке и шлифовке на шлифовально-полировальном станке METAPOL 2000P (Laizhou Lyric Testing Equipment, Китай) с последующим обезжириванием в этиловом спирте (99 %) в течение 60 с при температуре 20 °С.

Синтез конверсионных фосфатсодержащих покрытий на поверхности образцов сплава WE43 осуществляли в растворе следующего состава, моль/дм³: H₃PO₄ – 0,2; Ca (NO₃)₂ – 0,4; 2M NaOH – до pH 2,8. Температуру экспозиции варьировали в диапазоне от 25 до 60° С, время выдержки составляло 1, 10, 15, 30 и 60 минут.

Структуру покрытий, синтезированных на магниевом сплаве WE43, изучали методом оптической микроскопии (рисунок 1). Установлено, что при фосфатировании в течение 1 и 10 мин формируется наиболее однородная и мелкозернистая структура покрытия. Повышение длительности фосфатирования до 60 мин приводит к получению покрытий, характеризующихся игольчатой крупнокристаллической структурой.



Длительность фосфатирования, мин: *а* – 1; *б* – 10; *в* – 15; *г* – 30; *д* – 60

Рис. 1 - Оптические микрофотографии поверхности полученных покрытий

Оценку защитных свойств полученных покрытий проводили в растворе Хэнка (pH=7,4) следующего состава, г/дм³: NaCl – 8,0; KCl – 0,4; NaHCO₃ – 0,07; MgCl₂·7H₂O – 0,10; CaCl₂ – 0,14; NaH₂PO₄ – 0,07; KH₂PO₄ – 0,07. Электрохимические исследования коррозии

полученных образцов проводили на потенциостате / гальваностате AUTOLAB PGSTAT 302, оснащенный модулем импеданса. Рабочим электродом служили фосфатированные образцы сплава WE43, в качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный электрод, противозлектродом являлся платиновый точечный электрод. Поляризационные кривые снимали в потенциостатическом режиме. Диапазон измерений поляризационных кривых составил от –200 до 300 мВ относительно бестокового потенциала при линейной скорости развертки потенциала 1 мВ/с.

Электрохимические параметры коррозии исследуемых образцов, рассчитанные по данным поляризационных измерений, приведены в таблице 2. Анализ данных показывает, что наименьшей коррозионной устойчивостью в растворе Хэнка обладает образец сплава магния WE43 без покрытия. Сформированное на поверхности кальций-фосфатное покрытие позволяет снизить скорость коррозии исследуемого сплава в 5–18 раз в зависимости от длительности синтеза.

Таблица 2 – Электрохимические параметры процесса коррозии образцов

Параметр	$a_a, В$	$b_a, В$	$a_k, В$	$b_k, В$	$i_{кор}, А/см^2$	$E, В$	$Z, \%$
Образец сплава WE43 без обработки	-1,21	0,03	-2,61	-0,26	$1,74 \cdot 10^{-5}$	–	–
Длительность фосфатирования, мин:							
1	-0,88	0,126	-2,18	-0,11	$3,22 \cdot 10^{-6}$	-1,58	81
10	0,15	0,30	-2,75	-0,18	$9,24 \cdot 10^{-7}$	-1,66	95
15	0,01	0,28	-2,65	-0,16	$1,02 \cdot 10^{-6}$	-1,69	94
30	-0,276	0,247	-2,78	-0,19	$2,01 \cdot 10^{-6}$	-1,68	88
60	0,06	0,31	-2,69	-0,17	$1,94 \cdot 10^{-6}$	-1,70	89
Температура, °С:							
25	-0,33	0,22	-2,54	-0,17	$2,11 \cdot 10^{-6}$	-1,59	88
30	-0,50	0,19	-2,66	-0,19	$1,72 \cdot 10^{-6}$	-1,58	90
40	-0,68	0,16	-2,34	-0,12	$1,91 \cdot 10^{-6}$	-1,61	89
50	-0,40	0,21	-2,41	-0,13	$1,49 \cdot 10^{-6}$	-1,64	91
60	-0,25	0,24	-2,39	-0,12	$1,05 \cdot 10^{-6}$	-1,69	94

При экспозиции образца сплава в электролите фосфатирования в течение 10 мин формируется покрытие, характеризующееся наибольшей коррозионной стойкостью. При этом плотность тока коррозии уменьшается до $9,4 \cdot 10^{-7}$ А/см² по сравнению с $i_{кор}$ исходного образца сплава, которая составляет $1,74 \cdot 10^{-5}$ А/см².

Увеличение температуры, при которой проводится химическое фосфатирование, от 25 до 60°С приводит к формированию покрытий, позволяющих снизить скорость коррозии сплава WE43 в 8–16 раз.

Причем наибольшим защитным эффектом (94 %) характеризуются фосфатсодержащие покрытия, синтезированные при температуре 60°C.

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта Президента Республики Беларусь на 2024 год и в рамках НИР ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», рег. № 20240861.

Список использованных источников

1. Maguire M.E., Cowan J.A. Magnesium chemistry and biochemistry // BioMetals. 2002. Vol. 15, № 3. P. 203–210.

2. Kannan M.B., Raman R.K. In vitro degradation and mechanical integrity of calcium containing magnesium alloy in modified simulated body fluid. Biomaterials 2008; 29. P. 2306–2314.

УДК 628.196

Д.Э. Пропольский

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МОНОПОКРЫТИЕМ

Аннотация. Фильтрация через инертные материалы является неотъемлемым этапом всех методов обезжелезивания подземных вод. Достижение более высоких показателей очистки возможно при использовании в фильтрах каталитического слоя из модифицированных загрузок. Это также позволяет снизить затраты на станциях водоподготовки.

D.E. Prapolski

Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODIFIED MATERIALS WITH A MONO-COATING

Abstract. Filtration through inert materials is an integral stage of all methods of iron removal from groundwater. Higher purification rates can be achieved by using a

catalytic layer of modified media in filters. This also reduces costs of water at treatment stations.

Для Республики Беларусь и ряда других стран удаление железа из подземных вод является актуальной задачей. В подпрограмме «Чистая вода» на период 2021-2025 года [1] запланировано введение в эксплуатацию 864 станций обезжелезивания по всей территории страны. Для достижения эффективной работы новых и действующих станций необходимо учитывать особенности каждого используемого источника подземных вод. Это позволит выбрать наиболее подходящий метод обезжелезивания для данного региона. К параметрам влияющими на выбор метода обезжелезивания можно отнести формы и концентрации железа, температуру, жёсткость, щёлочность и рН воды, содержание CO_2 , O_2 , наличие контакта с органическими веществами.

Несмотря на обширность существующих технологий удаления железа, этап фильтрации является необходимой частью всех методов деферризации. К факторам, влияющим на эффективность процесса обезжелезивания, можно отнести физико-химические параметры исходной воды и фильтрующей загрузки. Выбор загрузки фильтров должен соответствовать требованиям по механической прочности, удельной поверхности, химической стойкости фильтрующих материалов и так далее. К таким материалам можно отнести кварцевый песок, антрацит, цеолит и активированный уголь как наиболее распространённые загрузки фильтров.

Следует отметить, что наличие в воде органических соединений и марганца снижает эффективность обезжелезивания. Достижение более высоких показателей удаления железа возможно при использовании каталитического слоя из модифицированных материалов. Такая загрузка способна удалять тяжёлые металлы, нитраты, фосфаты, способствовать инактивации микроорганизмов [2] в зависимости от разновидности покрытий каталитического материала. Для получения таких покрытий исходный материал подвергается воздействию различных температур с реагентной либо безреагентной обработкой. Это приводит к изменению или улучшению физико-химических параметров материала. Применение дешёвых фильтрующих материалов либо переработанных отходов производства также способствует снижению затрат станций обезжелезивания.

В результате проведенного обзора литературных источников было определено, что при нанесении на поверхность материала оксидов Cu, Ag, Ti или Zn увеличиваются свойства материала к инактивации микроорганизмов. В качестве реагентов могут

применяться прекурсоры меди (CuCl_2 , CuSO_4), серебра (AgNO_3 , AgCl), титана (TiO_2) или цинка (ZnCl_2 , ZnO). Увеличение содержания соединений Fe, Mn, Mg или Ca на поверхности зерен загрузки способствует удалению железа и марганца из подземных вод. Оксидный слой, образовавшийся в процессе синтеза, значительно ускоряет этапы сорбции, окисления и гидролиза ионов Fe^{2+} [3, 4]. Для получения такого слоя могут применяться прекурсоры магния (MgCl_2 , MgCO_3 , MgSO_4), кальция ($\text{Ca(NO}_3)_2$, CaCl_2 , CaCO_3), марганца (KMnO_4 , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) либо железа ($\text{Fe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3). Также для более экономичным является получение прекурсора железа путём выщелачивания осадка станций обезжелезивания, полученного после промывки фильтров.

В данной работе проводилось сравнение поверхностных и эксплуатационных свойств образцов модифицированных материалов с монопокрытием [3-5]. Также определялась эффективность использования полученных образцов для удаления железа из подземных вод в зависимости от содержания общего железа на поверхности материала. Для модификации применялся метод экзотермического горения в растворах (SCS). Исходными материалами выступали активированный уголь (АС) и антрацит (АН). Их модификация осуществлялась с помощью покрытия поверхности материалов оксидом железа (Fe) либо цинка (Zn). Для этого были подготовлены растворы Fe- или Zn-содержащих нитратов с дозами 0,025 или 0,05 грамм нитрата на грамм исходного материала. В качестве восстановителей использовались лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) либо мочевины ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$).

В результате исследования были сделаны следующие основные заключения:

1) Согласно XRD анализу средний размер кристаллических зерен оксидов железа на поверхности АН и АС был около 20 нм. Между тем у модифицированного АН оксид железа был представлен в формах магнетита и гематита, а у АС только магнетита. Согласно EDX анализу содержание оксидов железа на исходном АН в 2,5 раза больше, чем АС. Содержание оксидов железа на поверхности, модифицированного АН было в 6-7 раз (при дозе 0,025 г_{Fe}/г угля) и в 3-5 раз (при дозе 0,05 г_{Fe}/г угля) больше чем на поверхности модифицированного АС. Значения гидравлической крупности и объёмной плотности АН в 1,5-2 раза выше, чем АС. Кроме того, АН является более доступным и дешёвым фильтрующим материалом, широко применяемым в водоподготовке. Таким образом, АН является более эффективным исходным материалом для модификации.

2) Образовавшиеся в результате метода кристаллические структуры оксидов железа положительно повлияли на каталитические свойства синтезированного материала. Также ускорились стадии сорбции ионов O_2 и Fe^{2+} , процессы окисления и гидролиза. Это привело к увеличению удельной площади поверхности материала. Согласно анализу ВЕТ, в результате синтеза образца АС-Fe-СА произошло увеличение объема пор и удельной площади поверхности почти в 2 раза, а в образце АС-Fe-U – почти в 3 раза. Таким образом, увеличение объема пор составило 40% и 56%, соответственно. Это приводит к более эффективной очистке воды от ионов железа.

3) После модификации материалов не было никаких существенных изменений в эксплуатационных характеристиках АС и АН по сравнению с исходными материалами. Следовательно, использование модифицированных материалов не требует изменений в технологических параметрах фильтрации и режимов промывки фильтра.

4) Согласно EDX анализу для образцов АС с дозой нитрата железа 0,05, более высокий процент железа (почти в два раза) наблюдался на поверхности материала, модифицированного с использованием U (по сравнению с СА). Согласно анализу ВЕТ, в образце АС-Fe-СА произошло увеличение объема пор и удельной площади поверхности почти в 2 раза, а в образце АС-Fe-U – почти в 3 раз. EDX анализ АС образцов также показал, что при увеличении дозы с 0,025 до 0,05 наблюдалось увеличение содержания железа Fe_2O_3 на поверхностях АС в 3,5 раза для мочевины и 1,75 для лимонной кислоты. Следует отметить, что более высокое содержание железа на поверхности образца АС-Fe-U 0.05 также привело к более эффективному удалению железа по сравнению с АС-Fe-СА 0.05. Таким образом мочевина выбрана в качестве восстановителя для последующих модификаций.

Следует отметить, что в качестве каталитического слоя фильтров могут применяться полифункциональные модифицированные материалы. Это позволит решать сразу несколько задач водоподготовки и увеличить эффективность работы станций обезжелезивания.

Список использованных источников

1. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 50

// Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871 &p0=C22100050> – Дата доступа: 12.05.2024.

2. Romanovski, V. Comparative Analysis of the Disinfection Efficiency of Steel and Polymer Surfaces with Aqueous Solutions of Ozone and Sodium Hypochlorite / V. Romanovski [et al.]. // Water. – 2024. – Vol. 16(5) . – P. 793.

3. Propolsky, D. Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, E. Romanovskaia, W. Kwapinski, V. Romanovski // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996.

4. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д.Э. Пропольский, В.И. Романовский, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – №2. – С. 47–50.

5. Пропольский, Д. Э. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – №. 4. – С. 103-111.

Р.С. Рогожкин, Ю.В. Юркин, Д.А. Варанкина

Вятский государственный университет
Киров, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛОТОЙ СЕРЫ НА СВОЙСТВА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧУКА

Аннотация. В данной статье изучено время вулканизации вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука, исследованы динамические механические характеристики, такие как относительное удлинение при разрыве, условное напряжение при 100% удлинении, условная прочность при растяжении и удельная демпфирующая способность при различной концентрации молотой серы

R.S. Rogozhkin, Y.V. Yurkin, D.A. Varankina

Vyatka State University
Kirov, Russia

STUDY OF THE EFFECT OF GROUND SULFUR ON THE PROPERTIES OF VIBRATION-ABSORBING MATERIALS BASED ON BUTYL RUBBER

Abstract. In this article, the vulcanization time of vibration-absorbing materials based on butyl rubber is studied, dynamic mechanical characteristics such as elongation at break, conditional stress at 100% elongation, conditional tensile strength and specific damping ability at different concentrations of ground sulfur are investigated

Введение. Вибропоглощающие материалы снижают передачу вибраций и шума, обеспечивая комфорт, защиту оборудования и повышение эффективности работы различных систем [1]. Вулканизирующая система является неотъемлемой частью вибропоглощающих материалов и обеспечивает превращение полимерной основы в эластичную и упругую резину, которая эффективно поглощает вибрации. Самым распространенным вулканизирующим агентом для бутилкаучука является сера [2]. Она взаимодействует с двойными связями в молекуле бутилкаучука и способствует образованию поперечных связей, что приводит к образованию трехмерной сети полимера [3].

Цель работы: установить оптимальное время вулканизации и изучить динамические механические характеристики вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука с применением различной концентрации молотой серы в качестве вулканизирующего агента.

Методы.

Рецептура для проведения исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1- Рецепттура для проведения исследований

Компонент	Количество, м.ч.
БК-1675Н	90
ХБК-139	10
И-40	35
Мел МИКАРБ	45
Технический углерод П-803	110
Тиурам Д	3
Вулкатив С-1	3
Сера молотая	0,5-7,5

Смешение компонентов производилось на микросмесителе Brabender при температуре 110°C со скоростью 60 об/мин. в течение 20 минут. По показаниям реометра определялось время вулканизации, затем образцы вулканизовались в гидравлическом прессе, из которых далее вырубались лопатки для проведения испытаний.

Испытания на механическое растяжение и циклическую деформацию до 100% растяжения проводились на испытательной машине Autograph AG-X 5 кН фирмы Shimadzu по ГОСТ 252-75.

Результаты исследований, обсуждение. Результаты кинетики вулканизации представлены на рис. 1.

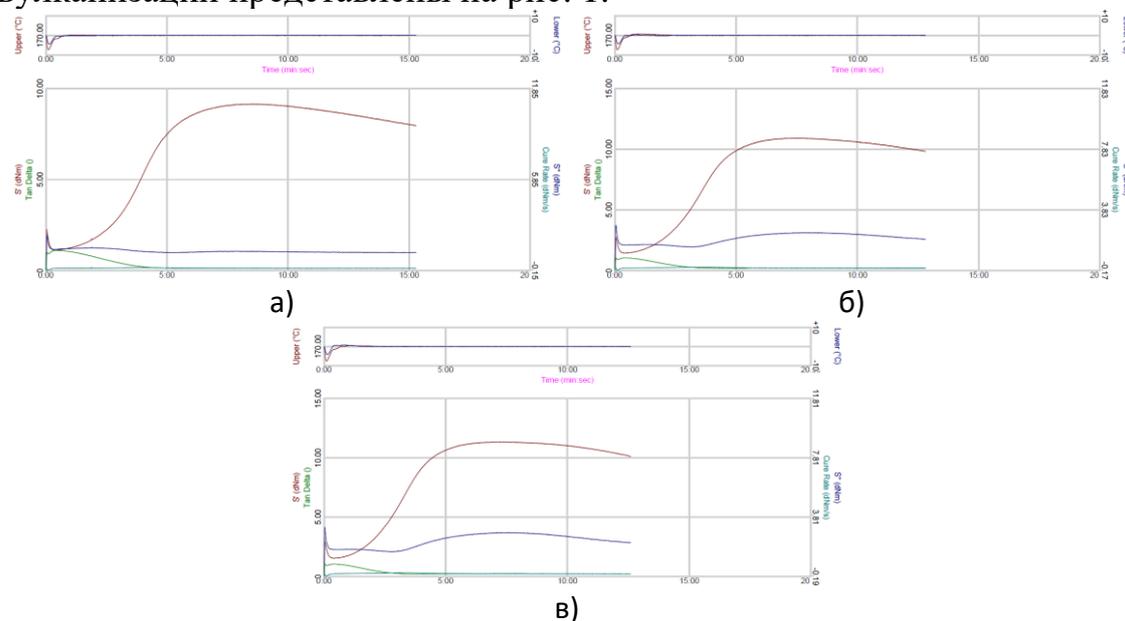


Рис. 1 - Кинетика вулканизации для резины с молотой серой а) 0,5 м.ч. на 100 м.ч. каучука; б) 1,5 м.ч. на 100 м.ч. каучука; в) 2,5 м.ч. на 100 м.ч. каучука

Анализируя показания реометра, можно отметить, что с увеличением количества серы растёт жёсткость материала, а время и плато вулканизации уменьшаются. Оптимальное время вулканизации 7,5 минут.

Результаты испытаний на разрывной машине представлены на рис. 2.

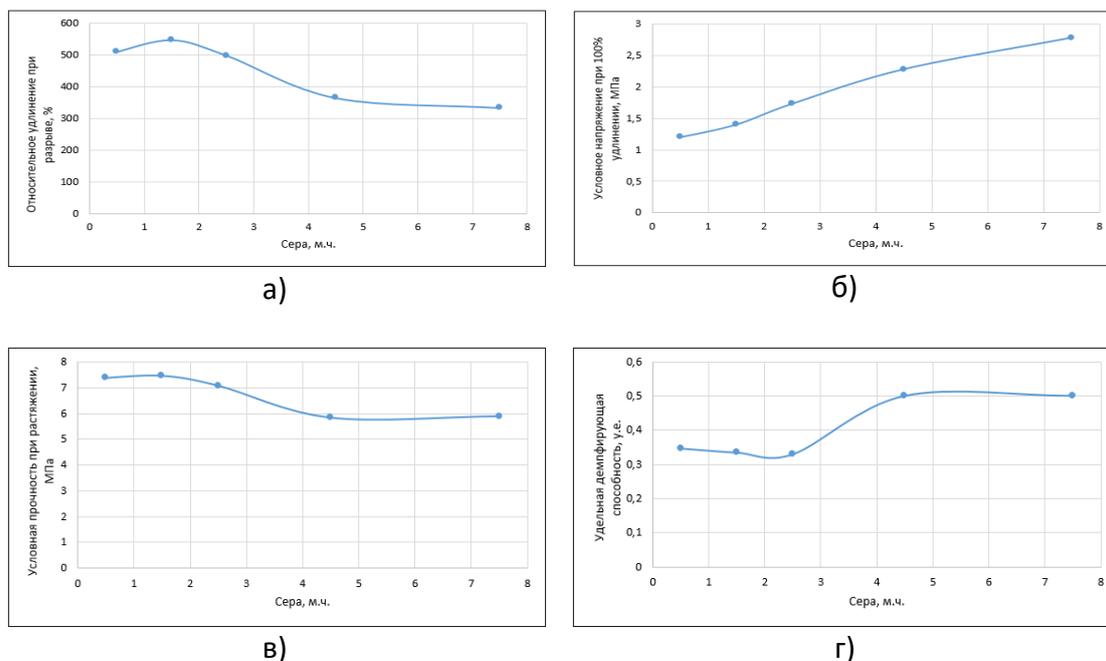


Рис. 2 - Динамические механические характеристики материала при варьировании количества серы: а) относительное удлинение при разрыве; б) условное напряжение при 100% удлинении; в) условная прочность при растяжении; г) удельная демпфирующая способность.

Максимальные значения относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении, и минимальные условное напряжение при 100% удлинении и удельная демпфирующая способность наблюдаются при добавлении серы в диапазоне от 0,5 до 2,5 м.ч.

При дозировке серы 4,5 м.ч. и более исследуемые характеристики практически не изменяются, наблюдается выцветание серы.

Выводы. В работе изучены динамические механические характеристики вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука с применением различной концентрации молотой серы в качестве вулканизирующего агента, установлено оптимальное время вулканизации – 7,5 минут.

Список использованных источников

1. Рогожкин, Р. С. Изучение влияния фенолформальдегидной смолы на свойства вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука / Р. С. Рогожкин, Д. А. Варанкина, Ю. В. Юркин // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. – 2024. – № 1(12). – С. 148-150. – EDN FZLCVR.
2. Шашок, Ж. С. Технология эластомерных материалов. Ингредиенты резиновых смесей : учебно-методическое пособие для студ. вузов по спец. 1-48 01 02 "Химическая технология органических веществ, материалов и изделий" специализации 1-48 01 02 05 "Технология переработки эластомеров" / Ж. С. Шашок, Е. П. Усс. - Минск : БГТУ, 2019. - 111 с.
3. Бигун С. А., Евчик В. С., Хорольский М. С. О выборе материалов для создания рукавов стыковки систем термостатирования современных РКН //Космическая техника. Ракетное вооружение. – 2018. – №. 1. – С. 72-84.

УДК 622.279.8

А.И. Сапаралиева, С.Ш. Хабибуллаев

Ташкентский государственный технический университет
Ташкент, Узбекистан

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА ПРОМЫСЛОВЫХ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Аннотация. Оптимизировать технологические параметры работы систем компримирования КС можно по результатам энергетических обследований технологических участков и компрессорных станций, проведение которых позволяет оценить эффективность реализуемых режимов эксплуатации и проводимых энергосберегающих мероприятий.

A.I. Saparaliev, S.Sh. Khabibullaev

Tashkent State Technical University
Tashkent, Republic of Uzbekistan

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF GAS PUMPING UNITS AT FIELD BOOSTER COMPRESSOR STATIONS

Abstract. It is possible to optimize the technological parameters of the CS compression systems based on the results of energy surveys of technological sites and compressor stations,

the conduct of which makes it possible to assess the effectiveness of the implemented operating modes and energy-saving measures.

В связи с естественным (в процессе эксплуатации) истощением пластовой энергии установлены дожимной компрессорной станции (ДКС-2) низкого давления на площадях месторождений Зеварды, Алан и Денгизкуль с целью подготовки природного газа до минимально установленных условий и подачи на существующую ДКС-1.

По результатам анализа движения газа в системе «скважина-шлейф-установка подготовки и транспорта газа» выявлена сравнительно низкая возможность регулирования технологическими режимами эксплуатации скважин в связи с низкими значениями пластового давления в залежах.

Основываясь на анализе литературных источников и основных характеристиках объектов добычи газа, выяснилось, что имеется ряд нерешенных проблем, снижающих эффективность освоения этих месторождений в период истощения пластовой энергии. Основными из них являются:

- высокая динамика изменения параметров технологического режима работы технологии сбора, подготовки и транспорта газа месторождения, при снижении пластового давления в залежах;
- неувязка методических подходов к проектированию разработки газоконденсатных месторождений в условиях истощения пластовой энергии.

Разработка газоконденсатных месторождений на поздней стадии требует совершенствования систем добычи углеводородов по двум основным направлениям: экономии энергозатрат на единицу добываемой из скважин продукции и обеспечение оптимальной системы управления добычей с привлечением технических средств и технологий.

Применительно к таким условиям разработаны газодинамические модели по критерию минимальных потерь давления в системах наземного обустройства месторождений, что позволяет осуществлять построение режимно-технологических карт интегрированных в эксплуатацию месторождений (рис. 1).

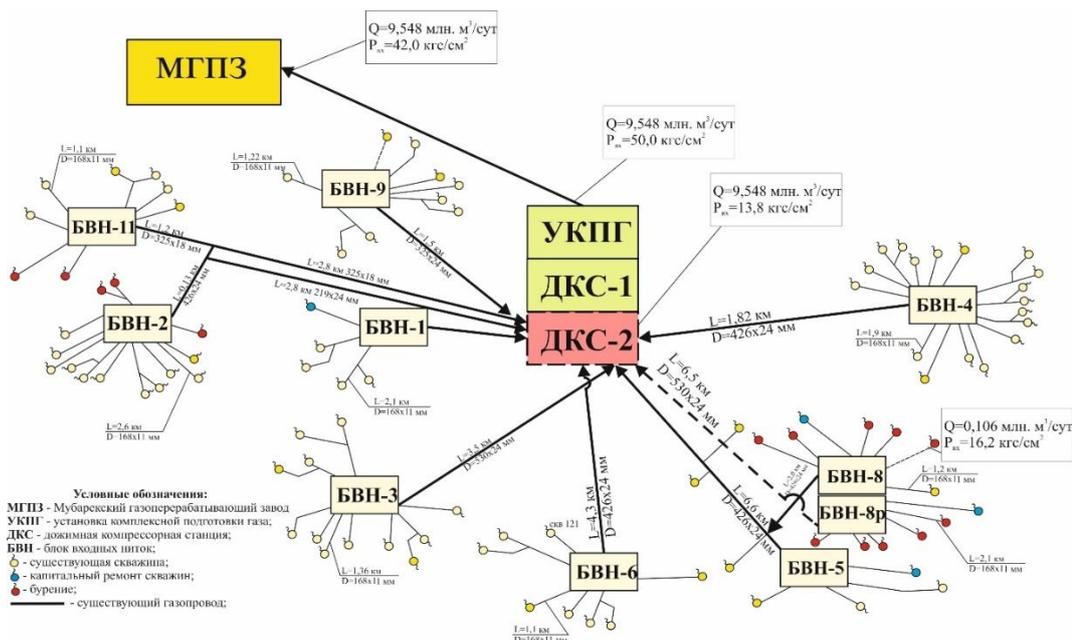


Рис. 1 - Принципиальная схема сбора и компримирования газа в целях максимального удержания темпов добычи газа месторождения Зеварды

Проведены газодинамические расчеты по разработанной методике в системе «устье скважин – шлейф – ДКС – вход УНТС». На газоконденсатном месторождении (ГКМ) Зеварды предусмотрена лучевая схема сбора газа. Расчеты показали возможность увеличения темпов добычи природного газа, даже в условиях истощения пластовой энергии, за счет реализации комплекса мероприятий, связанных с модернизацией месторождений, предусматривающих строительство дополнительного ДКС-2 к ранее существующему ДКС-1.

Исследования по вышеуказанным процессам и реализация их в мероприятиях проекта дообустройства газоконденсатных месторождений, эксплуатируемых с аномально низкими пластовыми давлениями, доказали возможность снижения темпов падения добычи газа в завершающей стадии разработки месторождений.

Как показали результаты реализации концепции энергосбережения в газовой отрасли России, одним из наиболее эффективных методов снижения энергетических затрат при магистральном транспорте природного газа является оптимизация режимов работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях [1]. Решение этой задачи включает определение эффективных режимов эксплуатации газотурбинных установок - основного вида энергопривода ГПА. Следует отметить, что на промысловых ДКС не проводились такие исследования в связи с изменяющимися условиями эксплуатации ГКМ в отличие от эксплуатируемых ДКС газотранспортной системы

В своих работах на основе анализа предложенного ими эффективно-термодинамического цикла газотурбинного двигателя представляет разработанную методику определения энергетически наиболее выгодного режима работы газотурбинного двигателя и режима его работы при условии наибольшей удельной эффективной работы на валу свободной турбины [1]. Для решения ряда задач, актуальных для развития системы сбора и компримирования газа на ГКМ и оценки эффективности использования газотурбинных установок (ГТУ), проведены исследования по оптимизации эффективности эксплуатации ГПА на ДКС и т.д..

Решаемые задачи:

- оценки эффективности эксплуатации ДКС станций в системе сбора газа;
- оптимизации распределения нагрузки между ГПА на дожимных компрессорных станциях ГКМ;
- оптимизации режимов работы ГПА агрегатов и распределения нагрузки между ними в системах компримирования ДКС при изменении режимов работы ДКС и технического состояния газоперекачивающего оборудования.

Расчет и анализ показателей энергоэффективности газоперекачивающего агрегата приведен ниже.

В таблице 1 представлены измеряемые параметры ГПА в КЦ Зеварды.

Таблица 1- Измеряемые параметры ГПА в КЦ Зеварды (фактические данные от 10.07.2023)

№	Наименование параметра	Обозначение	Ед.изм	ГПА-100	ГПА-200	ГПА-300	ГПА-400	ГПА-500	ГПА-600
1	Барометрическое давление	B	МПа	0,099					
2	Температура на входе	t _з	°C	42	52	41	41	47	47
3	Давление на входе в нагнетатель	P _{1н}	МПа	1,68	1,79	1,67	1,61	0,79	0,77
4	Давление на выходе из нагнетателя	P _{2н}	МПа	3,98	3,9	4,1	4,11	1,81	1,75
5	Температура газа на входе в нагнетатель	t _{1н}	°C	42	52	41	41	47	47

В таблице 2 представлены результаты расчета показателей энергоэффективности ГПА.

Таблица 2 - Результаты расчета показателей энергоэффективности ГПА

№	Наименование параметра	Обозн.	Ед.изм	ГПА-100	ГПА-200	ГПА-300	ГПА-400	ГПА-500	ГПА-600

1	Расход топливного газа	$G_{\text{ТГ}}$	кг/с	0,35	0,27	0,41	0,31	0,39	0,42
2	Эффективный КПД ГТУ	η_e	-	0,26	0,25	0,298	0,34	0,313	0,31
3	Приведенная эффективная мощность ГТУ	$N_{\text{епр}}$	кВт	4359	3240	5867,8	5001	5856,7	6264
4	Коммерческая производительность ГПА	q_n	млн.м ³ /сут	2,4	2,0	3,13	2,74	3,92	4,7

В таблице 3 представлены результаты расчета показателей энергоэффективности и технического состояния ГПА.

Таблица 3 - Результаты расчета показателей энергоэффективности и технического состояния ГПА [5]

№	Показатель	ГПА-100	ГПА-200	ГПА-300	ГПА-400	ГПА-500	ГПА-600
1	Эффективный КПД ГТУ, η_e	0,26	0,25	0,3	0,34	0,313	0,31
2	Полиетропный КПД нагнетателя, $\eta_{\text{пол}}$	0,68	0,7	0,69	0,74	0,79	0,86
3	КПД ГПА, $\eta_{\text{ГПА}}$	0,18	0,175	0,21	0,25	0,25	0,27
4	Коэффициент технического состояния ГТУ по мощности, k_{Ne}	0,69	0,514	0,93	0,79	0,93	0,99

На базе выбранных расчетных соотношений разработан алгоритм и создана компьютерная программа прогнозирования действительной работы и мощности сжатия природного газа в системах компримирования ДКС при изменении режимов их работы.

В ходе исследования обоснован выбор расчетных соотношений по определению температуры и давления природного газа в системе сбора газа газопроводов. Предложены расчетные соотношения по определению коэффициента теплопередачи от природного газа в окружающую среду и коэффициента гидравлической эффективности внутренней поверхности труб системы сбора газа, позволяющих находить значения этих коэффициентов на основе обработки эксплуатационных данных на период проводимого исследования. На базе выбранных и полученных расчетных соотношений разработаны алгоритм и программа прогнозирования термобарических характеристик природного газа в системе сбора газа действующих газопроводов при изменении режимов их работы.

Список использованных источников

1. Белоконов Н.И. Метод технико-экономического сравнения энергоприводов на компрессорных станциях магистральных

- газопроводов/Труды МИНХ и ГП № 47 «Энергетика и электроника в нефтяной промышленности». - М.: Недра, 1964.
2. Калинин А.Ф. Эффективность и регулирование режимов работы систем трубопроводного транспорта природного газа. - М.: МПА-Пресс, 2004. - 168 с.
3. Концепция энергосбережения в ОАО «Газпром» на 2001-2010 гг. - М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2001. - 66 с.
4. Энергосберегающие технологии при магистральном транспорте газа/Б.П. Поршаков, А.Ф. Калинин, С.М. Купцов, А.С. Лопатин, К.Х. Шотиди. - М.: МПА-Пресс, 2006. - 311 с.
5. СТО Газпром 2-3.5-113 «Методика оценки газотранспортных объектов и систем»

УДК 622.279.8

А.И. Сапаралиева

Ташкентский государственный технический университет
Ташкент, Узбекистан

ПРОЦЕСС ПОМПАЖА НА ПРОМЫСЛОВЫХ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Аннотация. Помпаж – вредное явление, которое может сформироваться в лопастных нагнетателях, состоящее в том, что непрерывный поток подаваемого газа нарушается и становится нерегулярным или пульсирующим в том числе и знакопеременным.

A.I. Saparaliev

Tashkent State Technical University
Tashkent, Uzbekistan

THE PROCESS OF SURGING AT FIELD BOOSTER COMPRESSOR STATIONS

Abstract. Surging is a harmful phenomenon that can form in bladed superchargers, consisting in the fact that the continuous flow of the supplied gas is disrupted and becomes irregular or pulsating, including alternating.

Дожимные компрессорные станции (ДКС), газонагнетательные компрессорные станции (ГНКС – используются для извлечения нефти, газового конденсата из недр – cycling process) всегда имеют ключевую роль при добыче и транспортировке углеводородов. Дожимная

компрессорная станция (ДКС) - это комплекс сооружений и оборудования для закачки газа в подземное хранилище газа (ПХГ) в летний период, либо отбора газа в зимний период [1.2]. Поэтому изучение явлений, приводящих к аварийному остановку, разрушению данных сооружений имеют большую актуальность.

Помпажу подвержены компрессоры кинетического сжатия (осевые и центробежные). При помпажном режиме резко ухудшается газодинамика проточной части компрессора, в результате чего он не сможет создавать требуемый напор, но при этом, давление за ним на некоторое время останется высоким. В результате может произойти обратный проброс газа. Давление за компрессором уменьшится, он снова будет развивать напор, но при отсутствии расхода напор резко упадет, и ситуация повторится. Рабочий режим сети характеризуется параметрами точкой А (рис. 1). Точка при этом перемещается по характеристике нагнетателя в сторону точки Б. Рабочая точка переместится во второй квадрант (точка В) и по мере «сравливания» будет мигрировать в направлении точки Г.

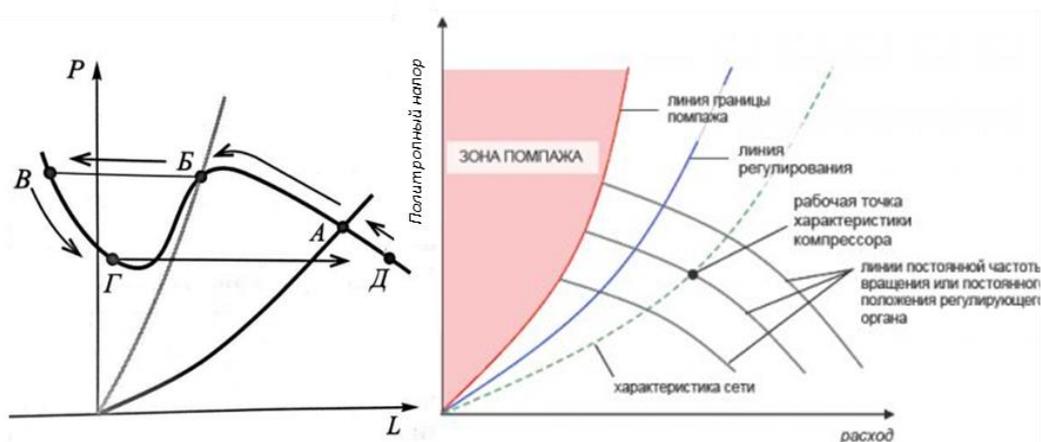


Рис.1 - Процесс формирования и линия границы помпажа

В виду уменьшения статического давления в сети и малой скорости движения газа сопротивление трубопроводов будет малым и рабочая точка переместится в положение Д. По мере увеличения статического давления противодействие сети будет увеличиваться, и рабочая точка опять будет перемещаться в сторону точки Б. Если технологическое возбуждение сети к этому моменту не будет снято, то процесс повторится.

Задачей антипомпажной защиты и регулирования является поддержание помпажного запаса на заданном уровне, обнаружение помпажного состояния и вывод компрессора из зоны помпажа.

Регулирование дросселированием на нагнетании достигается путем установки на нагнетающем трубопроводе дроссельного устройства.

Регулирование дросселированием на всасывании достигается путем установки на всасывающем трубопроводе дроссельного устройства.

Регулирование перепуском газа из области нагнетания в область всасывания в рабочем режиме (байпасирование) применяется при регулировании режима работы центробежных компрессоров и заключается в том, что параллельно основной сети подключается участок, сопротивление которого можно оценить путем наложения графических построений.

На ДКС «Зеварда» для запуска и вывода на номинальный режим работы ГПА оборудован пусковым контуром, представляющим собой трубопровод Ду 300, соединяющий нагнетательный трубопровод ГПА, после сепаратора выходного с линией низкого давления перед сепаратором входного. Пусковой контур снабжен регулирующим краном КРР-106, предназначенным также и для антипомпажного регулирования компрессора. На ДКС «Самантепе» противопомпажные клапаны установлены на байпасе, соединяя линии нагнетания компрессора с линией всасывания компрессора.

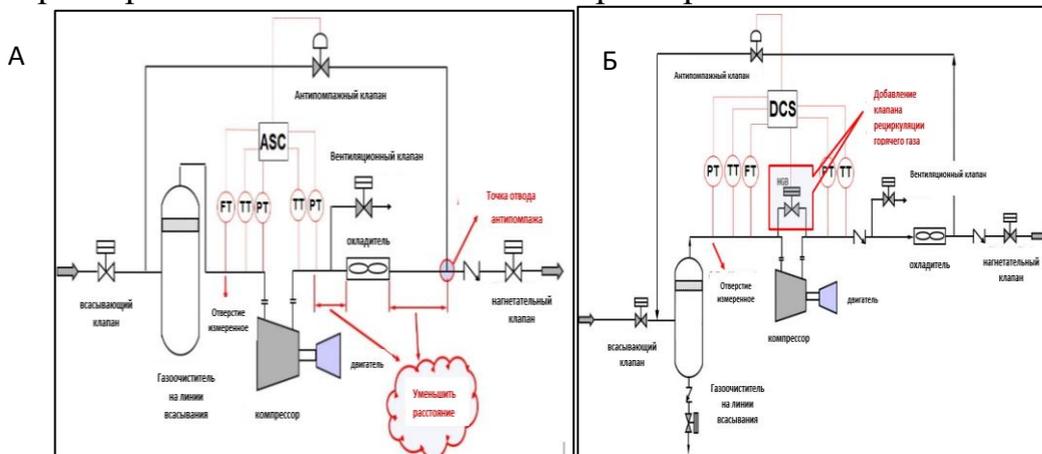


Рис. 2 - Дополнительные технологические решения по предупреждению помпажа

На рис. 2 А Перемещение точки отвода клапана имеет следующие особенности: необходимо для рециркуляции газа к отсосу, дает более короткое время отклика на скачок напряжения. Однако перемещение крана вне точек, слишком близко к разряду компрессора может вызвать проблемы вибрации. Кроме того, клапан против перенапряжения может греметь, чтобы усугубить отказ опор трубы.

Применение клапана рециркуляции горячего газа Б используется в качестве последнего средства, когда все остальное не в состоянии справиться с всплеском, обеспечивает кратчайший маршрут для рециркуляции горячего газа обратно в всасывающей стороне, чтобы держать точку работы от линии перенапряжения. Количество потока переработки горячего газа должно быть сохранено как можно меньше, чтобы избежать перегрева подшипников компрессора. Таким образом, участие поставщиков также необходимо для понимания воздействия метода рециркуляции горячего газа на работу компрессора.

При помпаже вся конструкция ДКС испытывает большие динамические нагрузки, которые могут привести к ее разрушению. В режиме помпажа слышны характерные «хлопки», усиливается шум; элементы конструкции, особенно ротор, испытывают знакопеременные нагрузки. Помпаж может привести к аварии.

Список использованных источников

1. Ильясов Б.Г., Сайтова Г.А., Халикова Е.А., Давлиева А.С. Выбор математических моделей элементов исследуемой энергетической установки // Труды V Всероссийской конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (с приглашением зарубежных ученых), Том 2, Май 16-19. Уфа. Россия, 2017. с. 39-42.

2. Ильясов Б.Г., Сайтова Г.А., Халикова Е.А. Синтез алгоритмов интеллектуального управления газоперекачивающим агрегатом с учетом обеспечения требуемого качества // Современные наукоемкие технологии, 2018. № 12-2. с. 271-275.

3. neftegaz.ru

УДК 66.095.62+544.47

Н.Т. Севостьянова

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
Тула, Россия

АЛКОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СИНТЕЗЕ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. Изучены возможности синтеза мономеров и полимеров путем алкоксихарбонилирования ненасыщенных соединений растительного

происхождения, исходным сырьем для получения которых являлись лигноцеллюлоза и растительные масла. В ряде случаев в этих процессах успешно использовали каталитические системы, не содержащие сильные Н-кислоты.

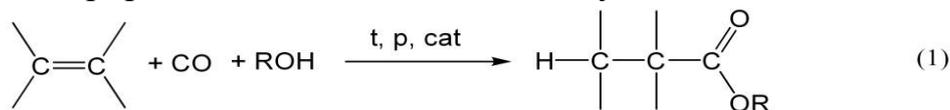
N.T. Sevostyanova

Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University
Tula, Russia

ALKOXYCARBONYLATION OF UNSATURATED COMPOUNDS OF PLANT ORIGIN IN POLYMER SYNTHESIS

***Abstract.** The possibilities of the monomers and polymers synthesis by alkoxy-carbonylation of unsaturated compounds of plant origin, the raw materials for which were lignocellulose and vegetable oils, were studied. In some cases, catalytic systems that do not contain strong H-acids have been successfully used in these processes.*

Алкоксикарбонилирование ненасыщенных соединений спиртами и СО – метод введения сложноэфирной группы в молекулы, содержащие кратные связи С-С (реакция (1)). Используемый в этих процессах СО в основном выделяют из синтез-газа, для получения которого можно использовать как традиционные сырьевые источники – нефть и природный газ, – так и каменный уголь или отходы биомассы.



Алкоксикарбонилирование имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным способом получения сложных эфиров путем этерификации карбоновых кислот спиртами, такие как доступные реагенты, необратимый характер, мягкие условия. На сегодняшний день в промышленности реализуется метоксикарбонилирование этилена – первая стадия в синтезе метилметакрилата по технологии Alpha компании Lucite [1]. Особый интерес вызывает метод алкоксикарбонилирования в связи с недавними работами по синтезу полимеров с использованием в качестве сырья соединений растительного происхождения. В частности, растительные масла с их длинными линейными метиленовыми последовательностями являются привлекательными субстратами для получения полимеров. Традиционно синтезы полимеров осуществляют с использованием нефтяного сырья. Другой путь открывают биотехнологические методы превращения растительных масел в длинноцепочечные линейные производные α,ω-дикарбоновых кислот, которые за последние 20 лет были дополнены химическими каталитическими превращениями. Среди них следует отметить реакции метатезиса, гидрирования, этерификации,

полимеризации и поликонденсации. Методы карбонилирования с использованием CO (синтез сложных эфиров алкоксикарбонилированием ненасыщенных соединений и карбонилированием спиртов, синтез амидов путем аминометилирования алкенов, синтез спиртов путем гидроформилирования алкенов в альдегиды с их последующим восстановлением) открывают альтернативные возможности. Целью данной работы стало определение наиболее перспективных процессов синтеза полимеров с использованием алкоксикарбонилирования. Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи: обзор и систематизация литературных данных, анализ результатов наиболее успешных работ по синтезу мономеров и полимеров с использованием метода алкоксикарбонилирования с определением достоинств и недостатков этих процессов.

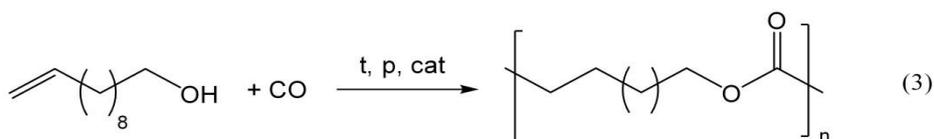
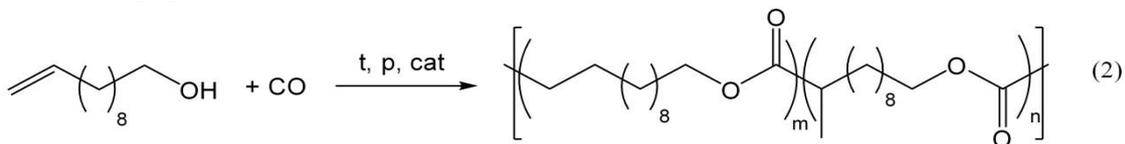
В первую очередь следует отметить синтез адипиновой кислоты на основе лигноцеллюлозы [1]. Из лигноцеллюлозы путем обработки разбавленной H_2SO_4 при $200\text{ }^\circ C$ можно получить с хорошим выходом левулиновую кислоту. Гидрированием из левулиновой кислоты получают γ -валеролактон, который этерифицируют с раскрытием кольца в газофазном процессе в смесь изомерных метилпентеноатов. Метоксикарбонилированием этой смеси был получен диметиладипинат, который далее гидролизовали до адипиновой кислоты [1]. Следует отметить, что в случае интернальных метилпентеноатов имело место изомеризационное метоксикарбонилирование, при котором сначала происходит миграция внутренней связи $C=C$ в терминальное положение, а затем метоксикарбонилирование этой связи. Адипиновую кислоту используют как полупродукт в производстве полигексаметиленадипинамида (найлона-6,6), полиуретана, инсектицидов, смазок и пластификаторов полимеров. На стадии метоксикарбонилирования метилпентеноатов применяли гомогенные палладий-дифосфиновые системы: $Pd(OAc)_2$ – 1,2-бис(дитретбутилфосфинометилбензол) (1,2-dtbpmb) – метансульфо кислота (MSA) и системы с теми же предшественником и дифосфином, но с заменой MSA на кислоты Льюиса [1].

На основе производных ундецена-1 был получен диметиловый эфир додекандиовой кислоты, представляющий интерес как мономер для получения полиамидов Nylon 6,12 и Nylon-12,12 [1]. Метиловый эфир 2-ундеценовой кислоты, синтезированный путем метатезиса метилолеата, полученного из таллового масла, с малеиновой кислотой, и метиловый эфир 10-ундеценовой кислоты, доступный благодаря

крекингу касторового масла, были подвергнуты метоксикарбонилированию в присутствии каталитической системы $\text{Pd}_2(\text{dba})_3 - 1,2\text{-dtbpx} - \text{MSA}$. В метоксикарбонилировании метилового эфира 10-ундеценовой кислоты также были успешно применены другие палладиевые предшественники, дифосфины и сильные Н-кислоты. Была разработана схема синтеза диметилового эфира додекандиовой кислоты с последующим его выделением и рециклом каталитической системы $\text{Pd}_2(\text{dba})_3 - 1,2\text{-dtbpm} - \text{MSA}$ результаты, полученные в среде метанола, были перенесены на систему термоморфных растворителей метанол – додекан (1:1 (мас.)). Указанное соотношение растворителей было оптимальным с точки зрения достижения высоких показателей метоксикарбонилирования, высокой степени экстракции целевого продукта в неполярную фазу и низким выщелачиванием Pd и дифосфина в фазу продукта. Основным недостатком предлагаемой схемы рецикла была необходимость использования достаточно высоких концентраций MSA в первом цикле и добавления ее на каждый новый рецикл [1]. Тем не менее данный пример, позволяющий избежать энергоемкой ректификации и обеспечивающий эффективный рецикл палладиевого катализатора, представляется перспективным для внедрения.

Интересным примером однореакторного синтеза полимера из ненасыщенного спирта и CO является одностадийное алкоксикарбонилирование-полимеризация 10-ундеценола-1 (реакции (2) и (3)). 10-Ундеценол-1 может быть синтезирован путем каталитического крекинга и гидрирования из сложных эфиров 12-гидроксиолеиновой кислоты, получаемой из касторового масла. В реакции (3) использовались каталитические системы $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{дифосфин} - \text{MSA}$. При селективности по образованию линейных фрагментов 86-89 % молярная масса синтезированного полимера варьировала в пределах 2,7–3,3 кг/моль [1]. С другой стороны, в недавней работе [2] сообщается о каталитических системах, регулирующих степень разветвления в поли(додецилоате) (реакция (2)). Было установлено, что метильные разветвления в полиэфирах улучшают такие их свойства, как температура стеклования (T_g), гидрофобность и гибкость [2]. В состав используемых в реакции (2) каталитических систем входили Pd-предшественник, монофосфин и вода. Установлено, что, варьируя палладиевые предшественники и монофосфиновые лиганды, можно получить поли(додецилоат) с различным процентным содержанием α -метильных разветвлений. Так, минимальная доля разветвлений 25 % наблюдалась в полиэфире, полученном в присутствии системы $\text{Pd}(\text{OAc})_2 / \text{P}(\text{furyl})_3 / \text{H}_2\text{O}$ в среде

диоксана при температуре 100 °С и давлении СО 0.8 МПа. В присутствии каталитической системы PdCl₂ / P(o-MePh)₃ / H₂O в среде диоксана максимальная доля разветвлений составила 78% при той же температуре и давлении СО 5.2 МПа. Полученные сложные полиэфиры обладали умеренной молекулярной массой M_n в диапазоне от 7.2 до 9.4 кг/моль [2].



Наиболее часто в последние десятилетия в синтезе мономеров путем алкоксикарбонилирования ненасыщенных субстратов растительного происхождения использовали метилолеат. Благодаря изомеризационному метоксикарбонилированию из метилолеата получают линейный диметилвый диэфир нонадекандиовой кислоты – CH₃OOC(CH₂)₁₇COOCH₃. Этот диэфир и продукты на его основе – нонадекандиовая кислота, нонадекандиамин-1,19 и нонадекандиол-1,19 – являются мономерами в синтезе полиамида PA19.19, полиуретана PUR19 и полиэфира [1]. В качестве катализаторов метоксикарбонилирования метилолеата успешно применяли как системы с сильными Н-кислотами, например Pd(OAc)₂ – 1,2-dtbpmb – MSA и PdCl₂ – 1,2-dtbpх – MSA, так и комплекс [(1,2-dtbpх)Pd(OTf)₂] в отсутствие каких-либо добавок. Восстановлением диэфира CH₃OOC(CH₂)₁₇COOCH₃ был получен диол HO(CH₂)₁₉OH, поликонденсация которого с исходным диэфиром приводила к полиэфиру [- (O)C(CH₂)₁₇COO(CH₂)₁₉O]_n [1]. Полученный полиэфир можно рассматривать как замену линейному полиэтилену низкой плотности [3].

Диэфир CH₃OOC(CH₂)₁₇COOCH₃ также можно получить путем метоксикарбонилирования метиллинолеата или метиллинолената, однако при этом промежуточными продуктами являются ненасыщенные сложные диэфиры, некоторая доля которых остается по окончании метоксикарбонилирования [1]. Для полимеризации можно использовать смесь насыщенного диэфира CH₃OOC(CH₂)₁₇COOCH₃ с ненасыщенными диэфирами, а также метиллинолеатом и метиллиноленатом. Остаточные двойные связи в молекулах можно использовать для поперечных сшивок в полиэфирных цепях. Как отмечают авторы [3], с помощью указанного подхода можно получить

материал, близкий по свойствам к полиэтилену высокой плотности.

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы. На сегодняшний день алкоксикарбонилирование алкенов открывает возможности разработки ресурсосберегающих малоотходных производств полимеров, включающих от одной химической стадии, с высоким уровнем экологической безопасности. Основным недостатком этих синтезов следует считать их продолжительность – до 22 ч. Среди рассмотренных процессов наиболее перспективным представляются процессы с использованием каталитических систем, включающих воду или кислоты Льюиса и не содержащих коррозионноактивные сильные протонные кислоты.

Список использованных источников

1. Севостьянова, Н.Т. Алкоксикарбонилирование ненасыщенных субстратов растительного происхождения с использованием палладиевых катализаторов как путь к получению сложноэфирных продуктов / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев // Катализ в промышленности. – 2024. – Т. 23. – № 1. – С. 37-55.

2. Sachs, J.D. Catalyst control of polyester branching in the hydroesterificative polymerization of 10-undecen-1-ol / J.D. Sachs, R.J. Anderson, I.A. Tonks // ACS Catalysis. – 2023. – V. 13. – P. 14650-14656.

3. Cole-Hamilton, D.J. Nature's Polyethylene / D.J. Cole-Hamilton // Angewandte Chemie International Edition. – 2010. – V. 49. – N 46. – P. 8564-8566.

УДК 66.095.62+544.47

Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого
Тула, Россия

СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ИЗ СПИРТОВ И СО В ПРИСУТСТВИИ ПАЛЛАДИЙ-ФОСФИНОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМИ ПРОТОННЫМИ КИСЛОТАМИ

Аннотация. Разработаны процессы синтеза сложных эфиров как совмещенные в одном реакторе реакции дегидратации спиртов и алкоксикарбонилирования образующихся алкенов, катализируемые палладий-

фосфиновыми системами с сильными протонными кислотами. Установлена возможность синтеза сложных эфиров линейных карбоновых кислот из вторичных спиртов и CO.

N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev

Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University

Tula, Russia

ESTERS SYNTHESIS FROM ALCOHOLS AND CO IN THE PRESENCE OF PALLADIUM-PHOSPHINE CATALYTIC SYSTEMS WITH STRONG PROTONIC ACIDS

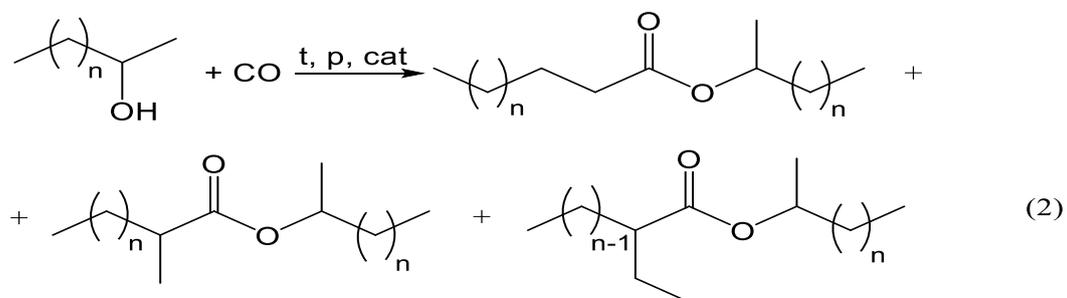
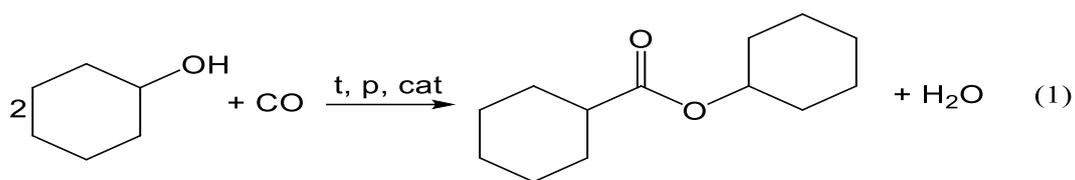
Abstract. The esters synthesis processes have been developed as reactions of alcohols dehydration and the resulting alkenes alkoxy carbonylation combined in one reactor, catalyzed by palladium-phosphine systems with strong protonic acids. The possibility of the linear carboxylic acids esters synthesis from secondary alcohols and CO has been established.

Сложные эфиры находят разнообразное применение: в качестве растворителей, ароматизаторов, пластификаторов полимеров, добавок к топливам, лекарственных субстанций и полупродуктов для химических и фармацевтических синтезов. Помимо традиционной кислотнокаталитической этерификации карбоновых кислот спиртами в промышленности реализуются процессы Monsanto и Cativa (карбонилирование метанола в уксусную кислоту и метилпропионат, катализируемое гомогенными родиевыми и иридиевыми катализаторами с добавками иодидов) [1] и синтез метилметакрилата по технологии Alpha, первой стадией которого является метоксикарбонилирование этилена в метилпропионат, катализируемое системой $\text{Pd}_2(\text{dba})_3 - 1,2\text{-dtbpx} - \text{MSA}$ (где dba – дибензилиденацетон; 1,2-dtbpx – 1,2-бис(ди-трет-бутилфосфин)ксилол; MSA – метансульфо кислота) [2]. В то время как карбонилирование метанола сопровождается образованием побочных продуктов (углеводороды, диметилвый эфир) [1], метоксикарбонилирование этилена протекает с селективностью 99,9% по метилпропионату [2]. Недостатки указанных методов карбонилирования при использовании более сложных спиртов и алкенов связаны со снижением скорости процессов и выходов целевых продуктов, при этом побочными продуктами алкоксикарбонилирования алкенов, катализируемого палладий-фосфиновыми системами, как правило, являются лишь изомерные сложные эфиры. В этой связи продолжается поиск более эффективных катализаторов процессов карбонилирования, приводящих к образованию сложных эфиров. Целью данной работы являлась

разработка альтернативного синтеза сложных эфиров из вторичных спиртов и СО путем совмещения в одном реакторе кислотнокаталитической дегидратации спиртов и алкоксикарбонилирования образующихся алкенов, катализируемого палладий-фосфиновыми системами с сильными протонными кислотами (реакции (1) и (2)). Катализаторами первой стадии выступали сильные протонные кислоты, являющиеся сокатализаторами Pd-фосфиновых каталитических систем на второй стадии. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: апробация различных палладиевых предшественников, органофосфинов и сильных Н-кислот (НА), поиск эффективных агентов для связывания воды (продукта дегидратации спиртов, оказывающего в больших концентрациях негативный эффект на алкоксикарбонилирование), поиск оптимальных условий получения сложных эфиров из СО и вторичных спиртов. В отличие от традиционного карбонилирования спиртов, протекающего через промежуточное образование алкилиодидов и иодистых ангидридов, в предлагаемом нами процессе промежуточными продуктами являлись алкены.

Следует упомянуть уже описанные в литературе примеры совмещения в одном реакторе алкоксикарбонилирования с другими реакциями: процессы получения лактона алкоксикарбонилированием-циклизацией 2-аллилфенола [3] и получения поли(додецилоата) алкоксикарбонилированием-полимеризацией 10-ундеценола-1 [2].

Предлагаемая организация двух последовательных реакций в одном реакторе основана на использование доступного сырья, не требует выделения и очистки промежуточного продукта и является фактором снижения капитальных и энергозатрат при внедрении. Однако сложность такой организации связана с необходимостью поддержания соизмеримых скоростей реакций. При этом первая из них – кислотнокаталитическая дегидратация спирта – является обратимой. По мере ее прогрессирования в реакционной массе накапливается вода, что приводит к смещению равновесия реакции дегидратации в сторону реагентов. С другой стороны, под действием воды в сочетании с СО прогрессирует восстановление каталитических предшественников Pd(II) до Pd(0), необратимое образование палладиевой черни и, как следствие, снижение скорости алкоксикарбонилирования. Эта проблема была решена путем использования натриевых и калиевых солей сильных кислот-сокатализаторов (NaA, KA). В результате гидролиза этих солей происходило не только связывание воды, но и генерирование *in situ* дополнительных количеств сильных кислот НА.



Методика экспериментов по исследованию одnoreакиторных процессов синтеза сложных эфиров из спиртов и CO описана в работе [4]. В качестве модельного исследовали процесс на основе циклогексанола и CO (реакция (1)). В качестве побочного продукта была обнаружена циклогексанкарбоновая кислота. Среди апробированных палладиевых предшественников наибольшую активность и устойчивость к образованию палладиевой черни проявили Pd(PPh₃)₂Cl₂ и Pd(XANTPHOS)Cl₂ [4]. Наиболее активными и селективными в направлении образования циклогексилциклогексанкарбоксилата были метансульфо кислота (MSA) и п-толуолсульфо кислота с добавками их натриевых солей. Среди апробированных органофосфинов наибольшую промотирующую способность в совмещенном модельном процессе проявил дифосфин XANTPHOS. В оптимальных условиях модельного процесса выходы циклогексилциклогексанкарбоксилата составляли более 80%. На следующем этапе исследований были использованы вторичные линейные спирты C₆, C₇ и C₉. В качестве каталитической системы использовали систему Pd(PPh₃)₂Cl₂ – XANTPHOS – MSA. Дегидратация гексанола-2, гептанола-2 и нонанола-2 протекала, главным образом, с образованием интернальных алкенов, которые затем вовлекались в изомеризационное алкоксикарбонилирование [2]. Первая стадия этого процесса – изомеризация интернальной связи C=C в терминальное положение, катализируемая некоторыми палладий-дифосфиновыми комплексами. Вторая стадия – алкоксикарбонилирование терминальных алкенов с преимущественным образованием линейных сложных эфиров. В процессах на основе вторичных линейных спиртов C₆, C₇ и C₉ селективность по сложным эфирам карбоновых кислот линейного

строения составила 60–73%. Реализация совмещенных процессов на основе линейных вторичных спиртов в среде толуола приводила к сокращению времени процесса и увеличению выходов целевых сложных эфиров по сравнению с процессом, осуществляемым без растворителя толуола [4]. Побочными продуктами в этих процессах являлись простые эфиры. Установлена возможность одновременного использования в совмещенных процессах первичного и вторичного спирта. Так, основным продуктом совмещенного процесса на основе нонанола-1, нонанола-2 и СО был *n*-нонилдеканоат. В этом процессе нонанол-1 проявил почти в 3 раза более высокую активность как нуклеофильный агент алкоксикарбонилирования по сравнению с нонанолом-2 [4]. В процессе на основе метанола, гексанола-2 и СО суммарная доля метилового и 2-гексилового эфиров гептановой кислоты достигла 85,5%, однако скорость процесса с использованием одновременно гексанола-2 и метанола была ниже по сравнению с процессом на основе гексанола-2 [5].

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Процессы синтеза сложных эфиров на основе спиртов и СО могут быть осуществлены в присутствии палладий-фосфиновых каталитических систем с сильными протонными кислотами. Установлено, что в этих процессах можно одновременно использовать первичный и вторичный спирты. В отличие от традиционных процессов карбонилирования спиртов (температуры более 170 °С) разработанные процессы протекают в более мягких условиях (температура 110–135 °С) без использования добавок иодидов. Синтезированные сложные эфиры гептановой и декановой кислот могут использоваться в качестве полупродуктов в фармацевтических синтезах (например, препаратов тестостерона).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 22-23-00102), <https://rscf.ru/project/22-23-00102/>.

Список использованных источников

1. Севостьянова, Н.Т. Катализаторы карбонилирования спиртов для получения карбоновых кислот и сложных эфиров (обзор) / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев // Журнал прикладной химии. – 2022. – Т. 95. – № 8. – С. 947-970.

2. Севостьянова, Н.Т. Алкоксикарбонилирование ненасыщенных субстратов растительного происхождения с использованием палладиевых катализаторов как путь к получению сложноэфирных

продуктов / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев // Катализ в промышленности. – 2024. – Т. 23. – № 1. – С. 37-55.

3. Amezquita-Valencia, M. PdI₂-Catalyzed regioselective cyclocarbonylation of 2-allyl phenols to dihydrocoumarins / M. Amezquita-Valencia, H. Alper // Organic Letters. – 2014. – V. 16. – P. 5827-5829.

4. Sevostyanova, N.T. One-pot esters synthesis from secondary alcohols and CO catalyzed by Pd-phosphine systems / N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.S. Rodionova, D.K. Kozlenko // Tetrahedron. – 2023. – V. 146. – 133653.

5. Севостьянова, Н.Т. Влияние гексанола-2 и метанола на совмещенный процесс дегидратации и алкоксикарбонилирования для синтеза сложных эфиров / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев, А.С. Родионова, Д.К. Козленко // Тонкие химические технологии. – 2024. – Т. 19. – № 3. – С. 192-201.

УДК 577.1; 577.112; 577.127; 581.5; 637.1; 602.3:633/635

А.А. Сисько, И.А. Щедрин, В.П. Курченко

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

ЭКСТРАКЦИЯ БАВ ИЗ КОЖУРЫ ФИСТАШКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВ МОЛОКА И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация. С использованием этилового спирта и водных растворов β-циклодекстрина, концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ и гидролизата КСБ экстрагированы биологически активные вещества из кожуры фисташки. С использованием ГХ-МС определен их состав и содержание в полученных экстрактах. Показана различная эффективность экстракции БАВ.

A.A. Sisko, I.A. Shchedrin, V.P. Kurchenko

Belarusian State University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF EXTRACTION OF BAS FROM PISTACHIO PEEL USING VARIOUS EXTRACTANTS

Abstract. Using ethyl alcohol and aqueous solutions of β -cyclodextrin, whey protein concentrate (WPC), heat-denatured WPC and WPC hydrolysate, biologically active substances were extracted from pistachio peel. Using GC-MS, their composition and content in the obtained extracts were determined. Different efficiency of BAS extraction was shown.

Настоящая фисташка (*Pistacia vera*) - широко известное и ценившееся ещё в древности растение, источник съедобных плодов, дубильных продуктов, смолы, древесины. В плодах фисташки находится много полезных биологически активных веществ. Это, например, витамины (А, В1, В2 и т. д.), минералы (Са, Fe, Mg и т. д.), незаменимые аминокислоты (триптофан, фенилаланин, изолейцин и т. д.), углеводы (крахмал, сахароза) и др. Однако, не только в плодах фисташки содержатся биологически активные вещества, но и в её кожуре. Кожура фисташек - побочный продукт переработки фисташек, получивший признание благодаря своей универсальности в качестве биомассы. Этот материал, ранее считавшийся отходами, теперь используется различными способами, принося значительную пользу. Для экстракции БАВ из кожуры фисташки можно использовать различные экстрагенты. Повысить эффективность экстракции можно путем использования ЦД, который эффективно связывает гидрофобные вещества; КСБ, в состав которых входят белки, способные связывать гидрофильные и гидрофобные вещества; термоденатурированные белки КСБ, у которых повышена способность связывать гидрофобные вещества; а также ферментативный гидролизат КСБ, который содержит полярные пептиды, способные связывать гидрофильные вещества. Такие экстракты, обогащенные БАВ из кожуры фисташки, могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания [1-3].

Цель работы. Получение экстрактов биологически активных веществ из кожуры фисташки (КФ) с использованием: этилового спирта, β -циклодекстрина (ЦД), концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ (ТКСБ), гидролизата КСБ (ГКСБ) и исследование их состава с использованием ГХ-МС.

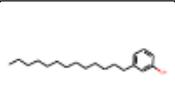
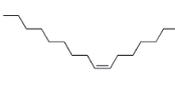
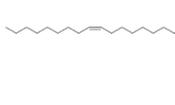
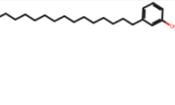
Для проведения экстракции готовились навески КФ, к которой добавлялся экстрагент в соотношении 1:10. Экстрагирование проводили при 45 °С 24 часа. В качестве экстрагента использовали 1 % водные растворы: ЦД, КСБ, ТКСБ термоденатурированный при 85°С 35 мин и ГКСБ. Полученные экстракты лиофильно высушивали. К лиофильно высушенному образцу добавляем метанол для экстракции БАВ (1:10). Полученный метанольный экстракт фильтруем через фильтр 0,45 мкм. ГХ-МС анализ экстрактов из КФ был проведен на

газовом хроматографе Agilent 6850 с масс-селективным детектором Agilent 5975В. В таблице представлены результаты состава и содержания биологически активных веществ, полученных в результате экстракции водными растворами различных экстрагентов.

Таблица - Состав и содержание основных биологически активных веществ, экстрагированных из кожуры фисташки этанолом, ЦД, КСБ, ТКСБ, ГКСБ по результатам ГХ-МС анализа.

Время удержания	Вещество, молекулярная формула, ММ, CAS	Структурная формула	Относительное содержание вещества в экстракте, %				
			EtOH	ЦД, 1,0%	КСБ, 1,0%	ТКСБ, 1,0%	ГКСБ, 1,0%
6.52	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- CAS: 028564-83-2 C ₆ H ₈ O ₄ ММ: 144		н.д.	н.д.	6.5	3.5	н.д.
6.77	N-Methylpyrrole-2-carboxylic acid CAS: 006973-60-0 C ₆ H ₇ NO ₂ ММ:125		н.д.	3.6	н.д.	н.д.	7.8
7.10	Catechol CAS: 000120-80-9 C ₆ H ₆ O ₂ ММ: 110		н.д.	22.3	16.1	н.д.	35.3
7.76	Nonanoic acid CAS: 000112-05-0 C ₉ H ₁₈ O ₂ ММ:158		н.д.	2.4	н.д.	н.д.	3.0
8.69	Hydrocinnamic acid CAS: 000501-52-0 C ₉ H ₁₀ O ₂ ММ: 150		н.д.	н.д.	н.д.	15.3	н.д.
8.78	n-Decanoic acid CAS: 000334-48-5 C ₁₀ H ₂₀ O ₂ ММ: 172		н.д.	н.д.	2.2	1.6	н.д.
9.04	1,2,3-Benzenetriol CAS: 000087-66-1 C ₆ H ₆ O ₃ ММ: 126		н.д.	н.д.	8.0	2.7	н.д.
9.75	l-[-]-4-Hydroxy-1-methylproline CAS: 1000251-00-7 C ₆ H ₁₁ NO ₃ ММ:145		н.д.	30.4	н.д.	н.д.	4.7
10.10	4-Amino-4,5(1H)-dihydro-1,2,4-triazole-5-one CAS: 001003-23-2		н.д.	н.д.	18.4	н.д.	н.д.

	$C_2H_4N_4O$ MM: 100							
10.20	1-[-]-4-Hydroxy-1-methylproline CAS: 1000251-00-7 $C_6H_{11}NO_3$ MM: 145		н.д.	н.д.	2.2	15.1	н.д.	
10.65	Dodecanoic acid CAS: 000143-07-7 $C_{12}H_{24}O_2$ MM: 200		н.д.	1.5	2.3	н.д.	н.д.	
10.65	5-Hydroxypipercolic acid CAS: 013096-31-6 $C_6H_{11}NO_3$ MM: 145		н.д.	н.д.	н.д.	26.1	н.д.	
11.52	Benzenepropanol, 4-hydroxy-3-methoxy- CAS: 002305-13-7 $C_{10}H_{14}O_3$ MM: 182		н.д.	0.7	1.2	н.д.	н.д.	
11.75	Benzenepropanoic acid, 4-hydroxy- CAS: 000501-97-3 $C_9H_{10}O_3$ MM: 166		н.д.	н.д.	н.д.	3,8	н.д.	
12.33	Tetradecanoic acid CAS: 000544-63-8 $C_{14}H_{28}O_2$ MM: 228		н.д.	2.6	1,0	1.8	н.д.	
12.41	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl- CAS: 000620-02-0 $C_6H_6O_2$ MM: 110		н.д.	н.д.	3.2	н.д.	н.д.	
13.59	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione CAS: 082304-66-3 $C_{17}H_{24}O_3$ MM: 276		0.6	2.4	1.3	н.д.	н.д.	
13.67	Pyrrolo[1,2-a]pyrazine-1,4-dione, hexahydro-3-(2-methylpropyl)- CAS: 005654-86-4 $C_{11}H_{18}N_2O_2$ MM: 210		н.д.	н.д.	3.3	1.7	2.4	
13.86	n-Hexadecanoic acid CAS: 000057-10-3 $C_{16}H_{32}O_2$ MM: 256		2.2	5.6	5.9	3.8	4.1	
15.26	Octadecanoic acid CAS: 000057-11-4 $C_{18}H_{36}O_2$ MM: 284		н.д.	н.д.	0.5	0.7	н.д.	

16.14	3-Tridecylphenol CAS: 072424-02-3 C ₁₉ H ₃₂ O MM: 276		41.5	0.8	н.д.	н.д.	1.7
16.57	9-Octadecenamide CAS: 003322-62-1 C ₁₈ H ₃₅ NO MM:281		н.д.	1.6	н.д.	н.д.	н.д.
16.58	9-Octadecenamide, CAS: 000301-02-0 C ₁₈ H ₃₅ NO MM: 281		1.1	н.д.	1.5	0.4	0.4
17.42	Phenol, 3-pentadecyl- CAS: 000501-24-6 C ₂₁ H ₃₆ O MM: 304		11.9	н.д.	0.4	0.3	н.д.
18.72	(Z)-3-(pentadec-8-en-1-yl)phenol CAS: 000501-26-8 C ₂₁ H ₃₄ O MM:302		24.4	н.д.	н.д.	0.6	0.8
Общее содержание алифатических соединений, %			30,4	13,4	13,8	9,2	8,3
Общее содержание циклических соединений, %			42,1	60,2	60,2	68,4	51,9

Сравнительный анализ эффективности экстракции БАВ из КФ, представленный в таблице, показал значительное различие использования 1% растворов ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ по отношению к спиртовому экстракту. За счет образования комплекса включения ЦД с фенольными соединениями и ненасыщенными жирными кислотами в полученном экстракте значительно увеличивается их содержание, в сравнении со спиртовым экстрактом. Водный раствор КСБ экстрагировал преимущественно фенольные соединения, при этом выход жирных ненасыщенных кислот значительно снижался. Благодаря повышенной гидрофобности ТКСБ возрастала экстракция из КФ насыщенных жирных кислот, но снижалось содержание ненасыщенных жирных кислот, азотсодержащих соединений и других веществ. Использование 1% водного раствора ГКСБ, в качестве полярного экстрагента показало его способность увеличивать выход из КФ только полярных фенольных соединений. При этом, экстракция гидрофобных соединений, таких как жирные кислоты, азотсодержащие соединения и другие вещества была мало эффективна.

Проведенное исследование показало, что использование водных растворов белков сыворотки молока и их производных позволяет получить экстракты биологически активных веществ из КФ, которые могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания.

Список использованных источников

1. Halavach, T.M. et.al. (2021). Antimutagenic and antibacterial activity of β -cyclodextrin clathrates with extensive hydrolysates of colostrum and whey / *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(2), pp. 8626–8638.
2. Halavach, T.M. et.al. (2020). Biologically active properties of hydrolysed and fermented milk proteins / *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(4), pp. 714–720.
3. Görgüç, A., Gençdağ, E., Yilmaz M. (2020). Bioactive peptides derived from plant origin by-products: biological activities and techno-functional utilizations in food developments – a review / *Food Research International*, 136(109504), pp. 1–45.

УДК 621.798

А.Д. Скридлевская, П.С. Кулинич
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

УМНАЯ УПАКОВКА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА

Аннотация. В данной работе рассмотрена роль введения умной упаковки на рынок. Выполнен анализ различных технологий для повышения конкурентоспособности. Подробно рассмотрены виды индикаторов вскрытия упаковки, а также путём опроса выявлен наиболее эффективный и удобный вариант контроля вскрытия умной упаковки.

A.D. Skridlevskaya, P.S. Kulinich
Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

SMART PACKAGING. USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES TO INCREASE COMPETITIVENESS AND IMPROVE USER EXPERIENCE

***Abstract.** This article examines the role of introducing smart packaging to the market is considered. The analysis of various technologies to increase competitiveness is carried out. The types of packages opening indicators are considered in detail, and the most effective and convenient option for controlling the opening of smart packaging is identified through a survey.*

В современном мире, в условиях растущей конкуренции, компании вынуждены искать новые способы не только улучшить качество своей продукции, но и повысить удобство и безопасность для конечного потребителя. Одним из таких решений становится внедрение инновационной умной упаковки. Умная упаковка – это тип упаковки, который контролирует некоторые характеристики содержимого пищевых продуктов и предоставляет информацию производителю, розничному продавцу и потребителю в процессе хранения и передачи продуктов питания [1]. В более точном определении интеллектуальная упаковка относится к системе, которая способна создавать, получать, записывать и обмениваться данными между продуктом и потребителем [1]. Это не просто очередной маркетинговый ход, а необходимость для производителей, стремящихся поддерживать свою конкурентоспособность в условиях цифровизации и устойчивого потребления. Интеллектуальная упаковка значительно улучшает качество взаимодействия с потребителями, предоставляя дополнительные возможности, начиная от мониторинга состояния продукта и заканчивая оптимизацией логистики и дальнейшей персонализацией. В условиях современного рынка, где потребитель ценит не только качество товара, но и комфорт, инновации в упаковке становятся ключевым фактором, который способен повысить лояльность и доверие к бренду, а также улучшить общую эффективность бизнес-процессов [1].

Неотъемлемую часть стратегии компаний, которые стремятся повысить свою конкурентоспособность, составляет использование технологий. Например, IoT (Интернет вещей), QR-коды, RFID (радиочастотная идентификация) и т.д. открывают новые возможности для улучшения качества продукции, мониторинга состояния товаров и взаимодействия с потребителями. Все эти инновации делают упаковку не просто средством для транспортировки, а высокотехнологичным инструментом для улучшения потребительского опыта и управления цепочкой поставок.

Мониторинг состояния продукции — это одна из ключевых функций умной упаковки, которая позволяет не только улучшить качество хранения товаров, но и повысить безопасность, снизить риски для здоровья потребителей и улучшить потребительский опыт. С

помощью новейших технологий упаковка может «отслеживать» важные параметры, такие как срок годности, вскрытие упаковки или изменения внешней среды (температура, влажность), и своевременно уведомлять как производителя, так и конечного пользователя о потенциальных рисках.

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) позволяет интегрировать сенсоры и устройства, которые могут отслеживать различные параметры продукта в реальном времени. Такие технологии обеспечивают мониторинг состояния товара на всех этапах – от производства до конечного потребителя. IoT включает в себя температурный контроль, уровень влажности, трекер местоположения. Эти данные могут быть переданы напрямую потребителю через мобильные приложения или системой мониторинга для специалистов, что позволяет повысить уровень безопасности и доверия к бренду.

RFID (радиочастотная идентификация) используется для автоматического считывания информации с упаковки с помощью радиоволн, что помогает ускорить процессы инвентаризации, транспортировки и доставки товаров. В системе записи RFID индикатор получает данные из сигнала RFID, излучаемого радиоволнами, которые затем передаются на компьютер для анализа [1]. В отличие от QR-кодов, RFID-метки могут быть считаны без прямого визуального контакта, что улучшает скорость и точность логистики.

Совсем недавно появились упаковочные решения в виде интерактивных индикаторов состояния, которые меняют внешний вид и используют мобильные приложения или цифровые экраны для отображения информации о состоянии продукта. Это позволяет производителям и потребителям получать более детализированную информацию о состоянии товара. С использованием интерактивных гибких OLED-экранов или других технологий, упаковка может отображать дополнительную информацию о продукте в реальном времени. Например, экран может показывать данные о сроках хранения, температуре или других условиях, важных для потребителя. Благодаря QR-кодам и NFC-меткам потребители могут сканировать упаковку с помощью своих мобильных устройств, чтобы получить информацию о состоянии продукта, сроках годности, а также данные о том, был ли товар подвергнут неправильному хранению.

Один из наиболее интересных и практичных примеров умной упаковки — это технологии, которые позволяют изменять цвет упаковки или самого продукта в зависимости от времени или состояния товара. Особенно это актуально для продуктов с ограниченным сроком

хранения, таких как мясо, рыба, молочные продукты или фармацевтические препараты.

Индикаторы (ТТІ, индикаторы свежести или утечки) предоставляют информацию о свежести, микробиологическом качестве, безопасности, температурном статусе и сроке хранения пищевых продуктов [1].

Индикаторы технология времени (Time-Temperature Indicator, ТТІ) используют химические реакции, которые происходят при воздействии температуры на упаковку. Индикатор, встроенный в упаковку, постепенно изменяет цвет с течением времени, показывая, насколько долго продукт был подвержен воздействию определенных температурных условий. Например, упаковка молока может начать менять цвет через несколько дней после вскрытия, сигнализируя о приближении к истечению срока годности.

Упаковка может содержать индикатор срока годности. В упаковке может быть интегрирован сенсор или специальный индикатор, который реагирует на время, прошедшее с момента производства, или на влияние окружающих факторов (например, температуры). Такой индикатор может менять цвет по мере приближения к истечению срока годности товара.

Температурные датчики на упаковке изменяют цвет или отображают графическую информацию в случае, если температура выходит за пределы заданного диапазона. Например, упаковка может стать красной, если продукт находился в слишком теплых условиях, что может повлиять на его безопасность или качество. Для определенных типов продуктов, таких как текстиль или электроника, избыточная влажность может стать причиной повреждения товара. Умная упаковка с сенсорами влажности помогает отслеживать такие изменения и может уведомить потребителя или производителя о потенциальных рисках.

Еще один вид индикаторов на умной упаковке – индикатор рН. В большинстве исследований используются пленки природного происхождения, содержащие индикаторы рН, цвет которых может изменяться при разном рН. Композитная пленка с экстрактом зеленого чая/фурцелларана/желатина как образец интеллектуальных упаковок с индикатором рН обладает антиоксидантными и антимикробными свойствами [1]. Эта пленка показывает рН, меняет цвет в кислых и щелочных условиях, используется для умной упаковки и имеет способность предотвращать порчу упакованных пищевых продуктов [1].

Еще одной важной функцией умной упаковки могут являться индикаторы вскрытия. Они позволяют отслеживать, было ли вскрыто упаковочное средство. Эта технология особенно важна для таких продуктов, как упаковка пищи, лекарства или косметики, где вскрытие упаковки может повлиять на качество и безопасность продукции.

Индикаторы цвета, используемые для отслеживания вскрытия – специальные датчики или метки, которые меняют свой цвет, когда упаковка была повреждена или вскрыта. Эти устройства меняют цвет при воздействии внешних факторов, таких как кислород, свет, температура или давление. Например, индикатор, реагирующий на изменение температуры, может изменить цвет, если упаковка была вскрыта или нарушена, что поможет пользователю выявить факт вскрытия.

Механические индикаторы вскрытия могут изменять форму или структуру упаковки в случае вскрытия. Это может быть, например, пластиковая наклейка, которая при попытке открыть упаковку разрывается или оставляет видимый след.

Также могут быть использованы графические индикаторы – специальные печатные метки или изображения, которые при нарушении упаковки становятся видимыми или изменяются. Например, могут быть использованы невидимые чернила, которые проявляются только при повреждении упаковки.

Для некоторых типов упаковки, например, для косметики или лекарств, может быть использована технология, при которой на упаковке будут интегрированы герметичные замки или пломбы. При попытке вскрытия упаковки они либо повреждаются, изменяя форму, либо оставляют видимые следы, что позволяет точно определить факт вскрытия.

В ходе научного исследования был проведен опрос среди студентов и преподавателей БНТУ о том, какой из четырёх типов индикаторов вскрытия упаковки (индикаторы цвета, механические индикаторы, графические индикаторы, герметичные замки и пломбы) они считают наиболее эффективным и удобным в использовании. Результаты показали, что большинство человек, а именно 48%, выбрали герметичные замки и пломбы как самый надёжный и эффективный способ защиты упаковки. Большинство аргументировали свой выбор высокой степенью безопасности и ясностью в определении вскрытия. Около 35% голосов отдали за графические индикаторы, объяснив это тем, что такой вид индикаторов вскрытия упаковки не требует усилий при её открытии и обеспечивают наглядную проверку целостности, не нарушая при этом её эстетический вид. Около 17%

выбрали индикаторы цвета и механические индикаторы. Все значения и данные графически отображены на рис.1.

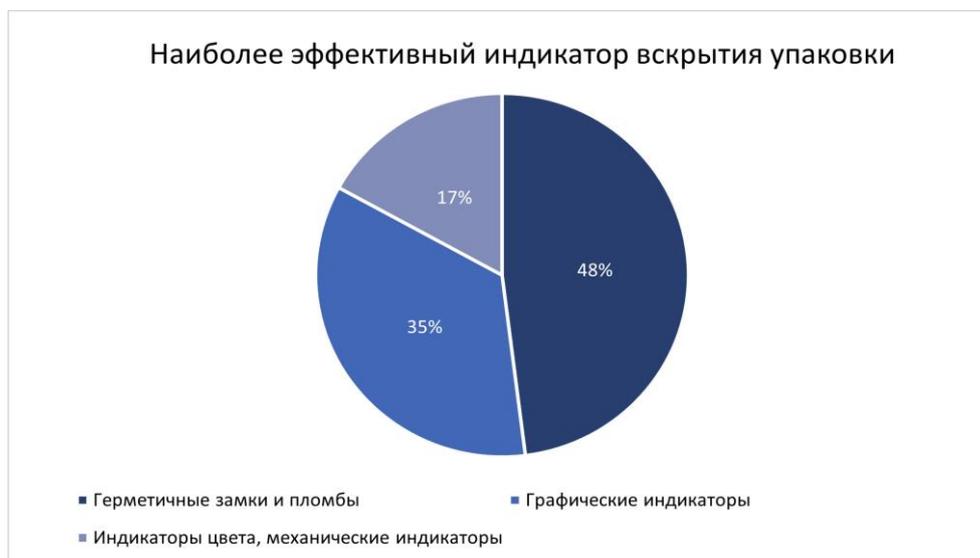


Рис. 1 - Диаграмма индикаторов вскрытия упаковки

Интеллектуальная упаковка значительно улучшает качество взаимодействия с потребителями, предоставляя дополнительные возможности, начиная от мониторинга состояния продукта и заканчивая оптимизацией логистики и дальнейшей персонализацией. На современном рынке, где потребители ценят не только качество, но и удобство, инновации в упаковке становятся решающим фактором, который может повысить доверие и лояльность к бренду, а также повысить общую эффективность бизнес-процессов.

Список использованных источников

1. Датчики цвета в «интеллектуальной упаковке» пищевых продуктов / Р. В. Крюк [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 2. С. 321–333.

**К.Н. Слободкина¹, С.И. Вольфсон¹, Т.В. Макаров¹,
К.Б. Вернигоров², Р.М.Гарипов¹, Ю.М. Казаков¹,
О.В. Стоянов¹**

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, Россия

² ООО «Сибур ПолиЛаб»
Москва, Россия

КОМПОЗИЦИИ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА И ТИОКОЛА

Аннотация. Изучены упруго-прочностные и адгезионные характеристики, степень сшивания композиций на основе смеси БНК и тиокола. Показано, что введение тиокола оказывает «эластифицирующий» эффект в композиции на основе БНК, при этом степень сшивания не снижается. Максимальными адгезионными показателями обладают композиции при соотношении БНК – тиокол 80:20.

**K.N. Slobodkina¹, S.I. Volfson¹, T.V. Makarov¹,
K.B. Vernigorov², R.M. Garipov, Yu. M. Kazakov¹,
O.V. Stoyanov¹**

¹Kazan National Research Technological University
Kazan, Russia

² LLC «Sibur PolyLab»
Moscow, Russia

COMPOSITIONS FOR SEALING PURPOSE BASED ON MIXTURES OF NITRILE BUTADIENE RUBBER AND THIOKOL

Abstract. Rheological, elastic-strength and adhesive characteristics of compositions based on a mixture of BNK and thiokol were studied. It was shown that the introduction of thiokol has an "elasticizing" effect in the composition based on BNK, while the degree of crosslinking does not decrease. The maximum adhesive properties are possessed by compositions with a BNK - thiokol ratio of 80:20.

В настоящее время активное развитие приобрели научные исследования в области производства и применения композиционных материалов для машиностроения [1-3].

Сырьем для данных композиционных материалов чаще всего выступают каучуки, имеющие полярные функциональные группы. Наибольшее применение нашел бутадиен-нитрильный каучук (БНК).

Однако данный каучук имеет неудовлетворительные технологические свойства [4].

Одним из перспективных решений данной проблемы может стать модификация бутадиен-нитрильного каучука жидкими полисульфидными олигомерами.

В данном исследовании были оценены реологические свойства, упруго-прочностные характеристики, показатели вулканизационной сетки, адгезионная прочность к различным субстратам (металл, резина) композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука при варьировании тиокола в смеси.

Выявлено, что введение тиокола в БНК приводит к незначительному изменению прочностных свойств и увеличению относительного удлинения при разрыве, при этом не наблюдается снижения степени сшивания материала.

Пластифицирующий эффект тиокола по отношению к БНК незначителен, так как температура стеклования БНК в двухфазной смеси «БНК-тиокол» снижается незначительно, максимально на 3 °С. В данном случае речь может идти об «эластифицирующем» влиянии тиокола в смеси.

Обнаружено, что при содержании тиокола от 10 до 20 масс. ч. в композиции на основе БНК наблюдается увеличение прочности адгезионного соединения. Максимальными адгезионными показателями обладают композиции при соотношении БНК – тиокол 80:20.

Показано, что увеличение адгезионной прочности реализуется независимо от природы субстрата (сталь, дюралюминий, резина) и метода оценки адгезионной прочности (нормальный отрыв, сдвиг, отслаивание).

Влияние тиокола в композиции на основе бутадиен-нитрильного каучука на вязкоупругие и деформационные характеристики в сочетании с низкой степенью вулканизации (отверждения) свидетельствует о том, что исследуемые композиционные материалы являются адгезивами, которые работают по механизму, характерному для клеев, «чувствительных к давлению».

Исследуемые композиции обладают стойкостью к агрессивным средам (минеральному маслу, тосолу, бензину), что делает их перспективными для практического использования в плане замещения импортных материалов.

Список использованных источников

1. К. Н. Слободкина, К. Б. Вернигоров, Ю. М. Казаков, О. В. Стоянов. Адгезионные свойства композиций на основе смеси

«бутадиен-нитрильный каучук-тиокол» // Вестник технологического университета. – 2024. - № 9. -С. 34-40.

2. К. Н. Слободкина, А. А. Рудаков, Т. В. Макаров, С. И. Вольфсон. Маслобензостойкие герметизирующие композиции на основе бутадиен-нитрильного каучука и тиокола // Клеи. Герметики. Технологии. – 2015. - № 5. – С. 12-14.

3. Р. Ю. Галимзянова, Т. В. Макаров, Ю. Н. Хакимуллин, С. И. Вольфсон. Влияние состава на свойства композиций на основе бутилкаучука // Вестник технологического университета. – 2007. - № 2. -С. 53-57.

4. А. М. Чайкун, Е. В. Елифанов, И. С. Наумов. Эластомерные материалы в топливных и масляных системах (обзор) // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2018. - № 3-4 (30). – С. 50 – 60.

УДК 625.089

Д.В. Сперанский, Н.А. Гриневиц

Уральский государственный лесотехнический университет
Екатеринбург, Россия

СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАБОТАХ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Аннотация. Часто при проведении ремонтных и монтажных работ на проезжей части автомобильных дорог возникает необходимость в установлении правил и норм организации движения на данном участке на период работ. Это необходимо для обеспечения безопасности как участников дорожного движения, так и для рабочих, выполняющих строительно-монтажные работы на участке автомобильной дороги.

D.V. Speransky, N.A. Grinevich

Ural State Forestry Engineering University,
Yekaterinburg, Russia

TRAFFIC MANAGEMENT METHODS USED WHEN WORKING ON THE ROADWAY

Abstract. Often, when carrying out repair and installation work on the carriageway of highways, it becomes necessary to establish rules and regulations for the organization of traffic on this site for the period of work. This is necessary to ensure the safety of both road users and workers performing construction and installation work on a section of the highway.

При проведении долгосрочных и краткосрочных работ по строительству, реконструкции и иных работ на участках проезжей части, примыкающих к ним тротуарах пешеходных и велосипедных дорожек, для обустройства зоны работ используются временные технические средства организации дорожного движения [1].

Основной целью во время организации движения и ограждения мест проведения дорожно-строительных работ является обеспечение безопасности движения участников дорожного движения и дорожных рабочих.

Для решения поставленных задач необходимо использование специальных временных технических средств.

Таким образом после обозначения участка для проведения ремонтных работ, организация, выполняющая их, должна обустроить участок с помощью различных средств информирования [2]:

- Информационные щиты и динамические табло;
- Дорожные знаки;
- Дорожные светофоры;
- Дорожная разметка;
- Ограждающие устройства;
- Направляющие устройства.

Все вышеперечисленные устройства должны размещаться строго поочередно. По завершении дорожных работ их демонтаж производится в обратном порядке. Также одновременно с демонтажными работами, осуществляются мероприятия по установке (восстановлению) технических средств организации дорожного движения при постоянной эксплуатации, согласно имеющимся установленным схемам.

После установки всех, вышеуказанных устройств формируется участок (рис. 1), разделенный на несколько функциональных зон:

- Зона предупреждения (информационные знаки);
- Зона отгона транспортного потока;
- Буферная зона;
- Зона производства дорожных работ;
- Зона стабилизации транспортного потока.

Каждая из зон устраивается друг за другом в прямом порядке, и выполняет предписанную ей задачу.

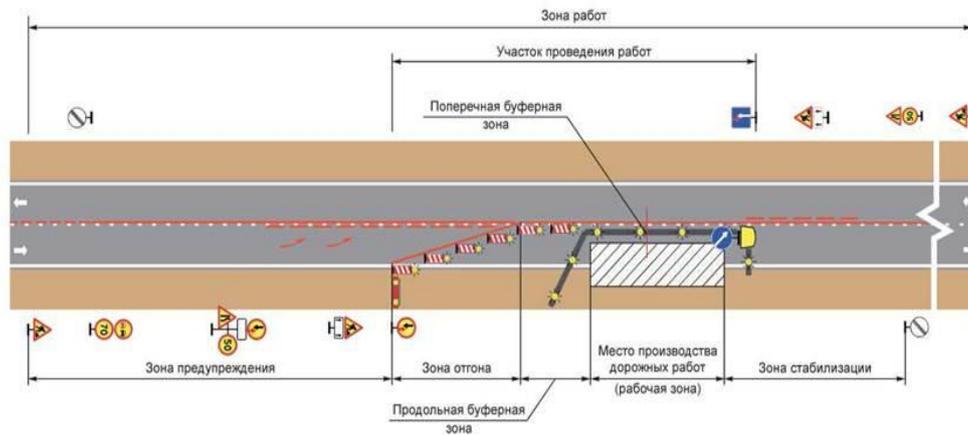


Рис. 1 - Схема зоны работ, вызвавших необходимость временного изменения дорожного движения на дороге.

Схема зоны работ может изменяться в зависимости от категории автомобильной дороги, количества полос движения, рельефа местности и прочих условий, которые могут возникнуть на конкретном участке (рис. 2).

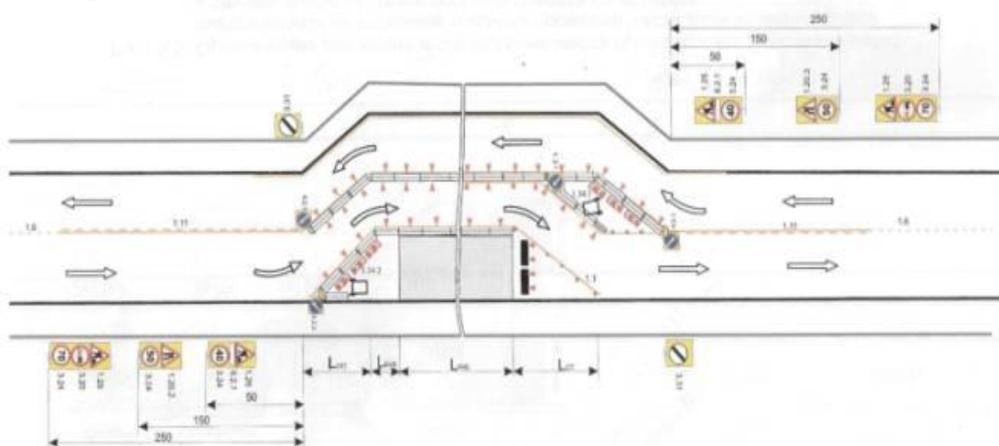


Рис. 2 - Схема организации движения при проведении дорожных работ, в случае уширения проезжей части, с устройством временного объезда

Подобные способы организации дорожного движения на местах проведения дорожных работ обеспечивают необходимый уровень безопасности для участников дорожного движения и дорожных рабочих без прерывания транспортных потоков. Однако они имеют ряд недостатков, к которым относятся:

- Образование дорожных заторов из-за снижения средней скорости движения транспортного потока на участке ремонтных работ;
- Повышенная вероятность дорожно-транспортных происшествий в ночное время ввиду недостаточной освещенности ремонтных участков;
- Повышенный стресс у дорожных рабочих, особенно в ночное время;

- Ущерб дорожному покрытию в виде вмятин, оставленных тяжелым грузовым транспортом из-за долгого простоя или медленного продвижения.

В особенности эти недостатки наблюдаются при проведении долгосрочных работ.

Для преодоления недостатков стандартного способа организации дорожного движения можно рассмотреть внедрение специального передвижного путеводного автомобильного моста (рис. 3). Такой мост может существенно повлиять на решение вышеуказанных проблем.



Рис. 3 - Модульный передвижной мост для проведения ремонтных работ

Данный мост обладает рядом весомых преимуществ в сравнении с обычным способом организации движения во время проведения дорожных работ [3].

Технические характеристики моста (4,65 метра в высоту; 7,57 метра в ширину; 257 метров в длину) обеспечивают широкий фронт работ на заданном участке.

Возведение моста длится не более суток и не требует большого числа специальных знаков для информирования об участке работ.

Снижение средней скорости транспортного потока минимально.

Безопасность как водителей, так и дорожных рабочих обеспечивается на самом высоком уровне, благодаря тому, что они находятся в разных уровнях и не могут пересечься.

Из-за своей подвижности отсутствует необходимость в дополнительных трудозатратах при переходе к следующему участку дорожных работ. Мост может просто приехать на следующий участок, когда это потребуется, или же вовсе переехать на встречную полосу движения.

Суммируя все вышесказанное, можно сказать, что способы организации дорожного движения, применяемые во время дорожных

работ, постоянно совершенствуются, оставаясь гибкими в применении и постепенно вводя все новые способы.

Список использованных источников

1. Рекомендации по организации движения и ограждения мест производства дорожных работ / [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://www.lenta-signalnaya.ru/stati/rekomendatsii-po-organizatsii-dvizheniya-i-ograzhdeniya-mest-proizvodstva-dorozhnykh-rabot/> (дата обращения: 01.11.2024);
2. ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ, РАЗМЕТКИ, СВЕТОФОРОВ, ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И НАПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ / [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://www.mos.ru/upload/documents/files/9432/GOSTR52289-2019.pdf> (дата обращения: 01.11.2024);
3. ASTRA Bridge / [Электронный ресурс] // : [сайт]. — URL: <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/baustellen/wissenswertes/astra-bridge.html> (дата обращения: 01.11.2024).

УДК 678.742.046

**О.В. Стоянов¹, С.А. Ефремов², В.В. Бушков³, К.Б. Вернигоров⁴,
С.Н. Русанова¹, Ю.М. Казаков¹**

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Казань, Россия

²Казахский НУ им. аль-Фараби
Алматы, Казахстан

³ООО «Сибур»

⁴ООО «Сибур ПолиЛаб»
Москва, Россия

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ КОМПЛЕКСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Исследовано влияние концентрации комплексных природных наполнителей на деформационно-прочностные и адгезионные характеристики различных сополимеров этилена с винилацетатом, а также на изменение деформационно-прочностных характеристик полиэтилена высокого давления в процессе его термостарения.

**O.V. Stoyanov¹, S.A. Efremov², V.V. Bushkov³, K.B. Vernigorov⁴,
S.N. Rusanova¹, Yu. M. Kazakov¹**

Kazan National Research Technological University
Kazan, Russia

University passport al-Farabi Kazakh National University
Almaty, Kazakhstan
SIBUR LLC
SIBUR PolyLab LLC
Moscow, Russia

MODIFICATION OF POLYOLEFINS WITH COMPLEX FILLERS BASED ON NATURAL AND SECONDARY RAW MATERIALS

Abstract. The effect of the concentration of complex natural fillers on the deformation-strength and adhesion characteristics of various ethylene copolymers with vinyl acetate, as well as on the change in the deformation-strength characteristics of high-pressure polyethylene during its thermal aging, has been studied.

Полимерные композиционные материалы благодаря использованию в их составе различных по химической природе, физическим свойствам, форме и размерам наполнителей, отличаются широким разнообразием свойств. Ассортимент дисперсных наполнителей, применяемых для термопластов, весьма широк. Это природные силикаты, алюмосиликаты и карбонаты, двуокись кремния, оксиды и гидроксиды металлов, древесная мука, технический углерод. В настоящее время к ним добавились различные нанополнители как природного происхождения (например наноглины), так и синтетические (различные нанотрубки). Все это обусловило возможность в широких пределах варьировать свойства материалов и, соответственно, области их применения.

В последние годы в литературе появилась информация о новых наполнителях природного происхождения, получаемых из отходов растениеводства и горнодобывающей промышленности. Данные наполнители представляют несомненный интерес, поскольку являются комплексными дисперсными системами, в состав которых входят углерод, двуокись кремния и некоторые оксиды других элементов. Этими наполнителями являются: углерод-кремнистый композит (УКК) - смесь рисовой шелухи и соломы, подвергнутая карбонизации при температурах 550-600°C, углерод-минеральный наполнитель (УМН) – механоактивированные отходы добычи углистых сланцев. Поэтому, данные наполнители позволяют не только решать экологические задачи, но и расширить ассортимент недорогих компонентов для полимерных материалов. Следует отметить, что некоторые зарубежные

исследователи выявили эффект синергизма при совместном использовании технического углерода и диоксида кремния в различных резинах [1-3]. С этой точки зрения, комплексные природные наполнители, благодаря своему сложному составу, представляют несомненный интерес при разработке композиционных материалов.

Нами было исследовано влияние комплексных природных наполнителей на деформационно-прочностные и адгезионные характеристики различных марок отечественных сополимеров этилена с винилацетатом (СЭВА), содержащих разное количество сложноэфирных звеньев, а также на изменение деформационно-прочностных характеристик полиэтилена высокого давления (ПЭВД) в процессе его термостарения.

Было установлено, что для всех исследованных наполненных полимеров, независимо от типа и количества использованного наполнителя, наблюдается незначительное монотонное увеличение разрушающего напряжения и снижение предела текучести. При этом при введении УМН до 10-15 % мас. наблюдается сохранение относительного удлинения при разрыве на достаточно высоком уровне, мало отличающемся от значений ненаполненного исходного полимера. Это позволило предположить, что использование УМН окажет благоприятное действие на адгезию наполненных СЭВА к стали. Что подтвердили проведенные испытания. При этом сравнение УМН с традиционным адгезионноактивным наполнителем тальком, показало, что УМН обеспечивает более высокие значения адгезионной прочности.

Использование же УКК для адгезионных композиций нецелесообразно, поскольку его введение в исследованные полиолефины приводит к снижению прочности адгезионного контакта «наполненная композиция – сталь» в 1,3- 1,5 раза.

Проведенные исследования влияния комплексных наполнителей на процессы термостарения ПЭВД, показали, что использование УКК и УМН в полиэтиленовых композициях оказывает положительное влияние на сохранение деформационно-прочностных свойств материала. А их использование в совместно со стандартным антиоксидантом Ирганокс 1010 позволяет сохранить прочностные показатели ПЭВД, подвергнутого термостарению, практически на уровне показателей несостаренного материала.

Список использованных источников

1. Xiong, X. Synergistic Effect of Carbon Black and Carbon–Silica Dual Phase Filler in Natural Rubber Matrix/ X. Xiong, J. Wang, H. Jia, L. Ding,

- X. Dai, X. Fei // Polymer Composites. - 2014.- V. 35 - № 8. - P. 1466–1472.
2. Sattayanurak, S. Synergistic effect by high specific surface area carbon black as secondary filler in silica reinforced natural rubber tire tread compounds/ S. Sattayanurak, K. Sahakaro, W. Kaewsakul, W. K. Dierkes, L.A.E.M. Reuvekamp, A. Blume, J.W.M. Noordermeer // Polymer Testing – 2020-V.21 – APP. 106173
 3. Velga, V.D. Tire tread compounds with reduced rolling resistance and improved wet grip / V.D.Velga, T.M. Rossignol, J. da S. Crespo, L.N. Carli //Journal of Applied Polymer Science. - 2017. - V.134- № 3 – APP. 45334.

УДК 681.5

Д.Д. Сувханов

Институт Телекоммуникаций и Информатики Туркменистана
Ашхабад, Туркменистан

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ» НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32 И ПРОТОКОЛА MQTT

Аннотация. В докладе рассматривается разработка метода автоматического управления для умного дома на основе микроконтроллера ESP32 и протокола MQTT. Описываются ключевые аспекты реализации, включая настройку микроконтроллера, интеграцию различных устройств умного дома и использование MQTT для обмена данными между компонентами.

D.D. Suvhanov

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

METHOD OF AUTOMATIC CONTROL OF THE SMART HOME SYSTEM BASED ON ESP32 MICROCONTROLLER AND MQTT PROTOCOL

Abstract. The report discusses the development of an automatic control system for a smart home based on the ESP32 microcontroller and the MQTT protocol. Key aspects of the implementation are described, including configuring the microcontroller, integrating various smart home devices, and using MQTT to communicate between components.

Указ Президента от 9 июля 2015 года о создании предприятий по производству различных электронных устройств в Туркменистане (№ 14330) дал толчок развитию инновационной отрасли [1]. В ноябре 2018 года была принята Концепция развития цифровой экономики на 2019-2025 годы. В рамках этого документа подчеркивается важность разработки электронных схем и программного обеспечения в стране. Необходимость создания научно обоснованных решений для предоставления, соответствующих современным стандартам технологий «Умного дома» гражданам страны становится первоочередной задачей.

В настоящее время публикация многочисленных статей [2-4], посвященных системам «Умный дом», свидетельствует о том, что этот вопрос не до конца изучен с научной точки зрения. Поэтому создание подходящей топологии электронных схем и программного обеспечения для этой системы является одной из важнейших задач в стране. В результате анализа была разработана новая технология системы «Умный дом» для нашей страны.

Таким образом были созданы топологии электронных схем, составляющих систему, и соответствующее программное обеспечение для используемых в схеме микроконтроллеров.

Предложен новый метод определения оптимальных параметров системы «Умный дом». Основная особенность этого метода состоит в том, чтобы разделить рассматриваемую систему на отдельные функциональные блоки и изучить их как целостную систему.

Созданная система «Умный дом» состоит из трех основных функциональных блоков:

- 1) Идентификация – предназначена для того, чтобы только авторизованные пользователи могли управлять оборудованием и устройствами в доме для обеспечения безопасности;
- 2) Управление – обеспечивает удаленное управление оборудованием в доме пользователем;
- 3) Сигнализация – немедленно передает пользователю информацию о некоторых нештатных ситуациях, происходящих в доме.

Для функционального блока аутентификации системы «Умный дом», управляемой на основе протокола MQTT, использован идентификатор отпечатка пальца и аутентификация с помощью разработанного программного обеспечения. Используемые идентификаторы не позволяют посторонним лицам проникнуть в дом.

Когда пользователь системы «Умный дом» находится вдали от дома, он может подключиться к сети Интернет и удаленно управлять

бытовыми электронными устройствами из любой точки мира посредством программного обеспечения.

Основная цель блока сигнализации – проинформировать пользователя об опасной ситуации (превышение нормы температуры или уровня влажности, прямое проникновение в дом) через программное обеспечение.

Для управления системой умного дома использовался микроконтроллер ESP32 компании TSMC, а программное обеспечение было разработано на языке C++ в Atmel Studio 7.0.



Рис. 1 - Микроконтроллер ESP32

Этот микроконтроллер полностью соответствует функциональным требованиям системы «Умный дом». Флэш-память этих микроконтроллеров, выбранных для системы «Умный дом», составляет 520 Кбайт.

Функциональный блок сигнализации системы «Умный дом» обеспечивает сигнализацию по трем основным эффектам: при входе в дом и при выходе температуры и влажности за пределы нормального диапазона. Чтобы знать, как меняется штатная ситуация в системе «Умный дом», используются специальные ситуационные датчики, полученная от них информация должна передаваться контроллерам. Таким образом, предельные значения соответствующих параметров (температура, влажность, движение) должны быть введены в специальную программу, загруженную на контроллеры.

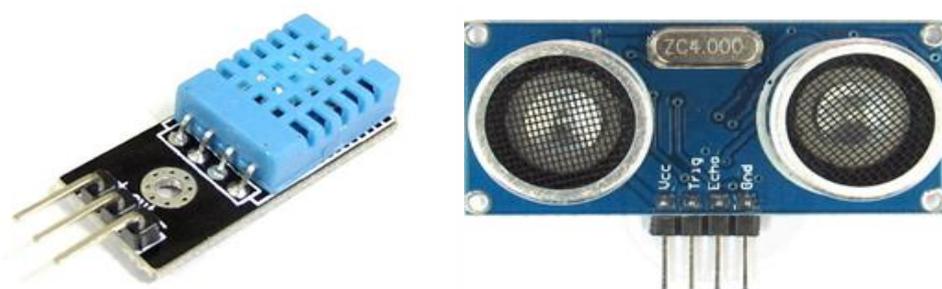


Рис. 2 - Используемые датчики (DHT11, HC-SR04)

В системе «Умный дом», кроме возможности управления электроприборами, разработано программное обеспечение для автоматического контроля въезда и выезда автомобилей в дом. Возле ворот дома установлена специальная камера, и если в базу данных внесен номер приближающегося автомобиля, то камера распознает номер и разрешает въезд. Если информации об автомобиле нет в базе данных, программа выдаст сообщение «Я вас не знаю».



Рис. 3 - Разработанная программное обеспечение для идентификации автомобиля

На основе исследований было создано программное обеспечение (рис. 4) и рабочая модель (рис. 5.) системы «Умный дом», управление которой осуществляется на основе протокола MQTT микроконтроллером ESP32.

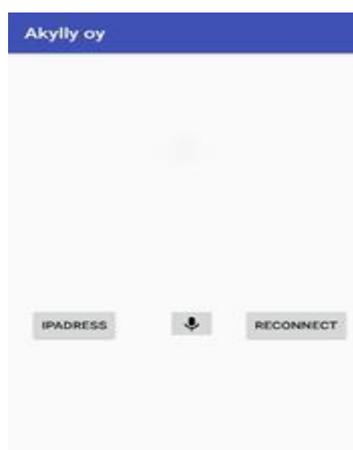


Рис. 4 - Программное обеспечение системы «Умный дом» (для ОС Android)



Рис. 5 - Макетный проект системы «Умный дом»

Результаты

- 1) В результате проведенных исследований разработан и подготовлен метод автоматического управления системой «Умный дом» на основе протокола MQTT;
- 2) Разработаны новые топологии электронных схем системы «Умный дом»;
- 3) Разработано новое программное обеспечение для микроконтроллеров системы;
- 4) Эффективность созданной системы «Умный дом» подтверждена экспериментами.

Список использованных источников

1. «Сборник писем Президента Туркменистана и постановлений Правительства Туркменистана» № 7, 2015 год. Постановление Президента от 9 июля 2015 года № 14330 «Об утверждении Государственной программы создания различные виды предприятий по производству электронного оборудования в Туркменистане».
2. А.Чарыев. Биометрическая система аутентификации. – Ашхабад, 2021г.
3. А.А. Малюк, С.В. Пазизин, Н.С. Погожин. Введение в защиту информации в автоматизированных системах. - М.: Горячая линия – Телеком. 2001 г.
4. «Руководство пользователя GSM-сигнализации»
<http://electromost.com>

УДК 624.21.042.8: 625.032.435: 629.3.015.5

Н.В. Тепикин, С.А. Чудинов

Уральский государственный лесотехнический университет
Екатеринбург, Россия

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

Аннотация. В статье описаны ключевые факторы, которые приводят к повреждению и разрушению мостов. Также в ней анализируется, как интенсивность и характер движения транспорта влияют на техническое состояние автодорожных мостов.

N.V. Tepikin, S.A. Chudinov

The Ural State Forestry University
Ekaterinburg, Russia

THE INFLUENCE OF THE TRAFFIC FLOW MODE ON THE TECHNICAL CONDITION OF THE BRIDGE STRUCTURE.

Abstract: The article describes the key factors that lead to damage and destruction of bridges. It also analyzes how the intensity and nature of traffic affect the technical condition of road bridges.

Мостовые конструкции — это сложные системы, которые из-за динамических нагрузок и внешних факторов часто деформируются, повреждаются или разрушаются. Один из важных разделов — динамика сооружений. Эта область уже давно интересует многих учёных в России и за рубежом. [2,4].

Обрушение Честерского моста в 1847 году стало важным событием, которое подтолкнуло к проведению первых теоретических и экспериментальных исследований динамического действия подвижных нагрузок [2]. Это событие привело к необходимости более глубокого изучения проблемы и разработки новых методов проектирования мостов, способных выдерживать динамические нагрузки.

Остановимся на аспекте влияние режима движения (например, равномерное движение или движение с остановками) на техническое состояние моста. Важно понять, какой режим движения является наиболее благоприятным для моста с точки зрения нагрузок и износа.

Сейчас изучение воздействия подвижных нагрузок на пролётные конструкции мостов продвигается в двух направлениях.

Первый подход — теоретический. Его сторонники пытаются разработать теории динамического расчёта, которые позволили бы независимо от статического расчёта определять динамические нагрузки в мостах, возникающие под воздействием движущейся нагрузки.

Представители второго направления применяют лабораторные и натурные эксперименты, чтобы уточнить нормативные динамические коэффициенты для мостов из разных строительных материалов и их динамические характеристики.

Для определения движения колеблющейся системы под действием произвольной динамической нагрузки необходимо, как известно, решать поэтапно следующие задачи:

- определить частоты (периоды) свободных (собственных) колебаний;
- определить формы (фундаментальные функции) свободных колебаний;
- разложить заданную внешнюю нагрузку по формам свободных колебаний, т.е. определить нормальные составляющие внешних сил;
- решить соответствующие неоднородные дифференциальные уравнения;
- получить движение системы как сумму нормальных ее составляющих.

Когда решены все перечисленные задачи, можно без труда вычислить внутренние усилия и напряжение в элементах колеблющейся системы.

Из всех перечисленных задач наиболее важны первые две. Без их решения невозможно определить дальнейшее движение системы. При этом именно решение первых двух задач представляет наибольшую сложность.

И.М. Рабинович подчеркивает, что «Определение частот собственных колебаний является основным вопросом динамики сооружений, важное значение имеет также вопрос о форме этих колебаний» [1].

На работу мостовых сооружений оказывают воздействие разные факторы. Один из них — динамическая нагрузка, которая создаётся, например, проезжающим по мосту транспортом. Из-за неё в конструкции моста могут возникнуть колебания, что, в свою очередь, способно привести к повреждению сооружения [4].

Ещё один фактор — жёсткость конструкции моста. Более жёсткие мосты могут быть более устойчивыми, но менее гибкими, что

при определённых условиях также может привести к их повреждению [5].

Чтобы исследовать функционирование мостов, используют разные методы: численное моделирование, анализ визуальных данных, проведение экспериментов на реальных объектах и другие. Такие исследования помогают предотвратить повреждения мостов, улучшить их работу и обеспечить безопасность людей и транспортных средств [7].

Изучение функционирования мостовых конструкций помогает понять причины их повреждений.

Основные факторы, приводящие к повреждениям, включают:

- износ и старение материалов;
- высокую осевую нагрузку транспортных средств;
- вибрации и динамические нагрузки;
- недостаточное обслуживание и ремонт;
- большую скорость транспортного потока;
- малую дистанцию между транспортными средствами.

Анализ динамики мостовых сооружений позволяет учесть эти аспекты, предотвратить повреждения, улучшить работу мостов и обеспечить безопасность на дороге.

Изучение теоретических основ и производственного опыта проектирования, строительства и эксплуатации мостов позволяет выявить причины ухудшения технического состояния мостовых сооружений из-за влияния транспортного потока:

1. Высокая скорость движения транспортных средств на мостовых сооружениях может увеличивать динамические нагрузки и вибрации, что, в свою очередь, может привести к ускоренному износу и ухудшению технического состояния моста. Более того, чрезмерная скорость может увеличивать риск аварий и столкновений, что также негативно сказывается на состоянии мостовых сооружений.

2. Недостаточное соблюдение безопасной дистанции между транспортными средствами на мостовых сооружениях может привести к увеличению концентрации нагрузок на определенных участках моста. Это может вызвать преждевременный износ и повреждения конструкций, что в свою очередь ухудшает техническое состояние мостовых сооружений. Кроме того, недостаточное расстояние между АТС также увеличивает риск ДТП.

3. Превышение осевой массы транспортных средств может привести к повышенному износу и деградации конструкций моста, что, в свою очередь, ухудшает его техническое состояние.

4. Материалы мостовых сооружений подвергаются износу при движении автотранспортных средств.

Таким образом, на основании проведенного анализа причин ухудшения технического состояния мостовых сооружений следует предусматривать особый режим движения транспортного потока для продления срока их эксплуатации до момента проведения ремонтных работ, а именно:

1. Целесообразно снизить рекомендованную скорость движения транспорта по мостовому сооружению. Ограничение скорости позволит минимизировать возникновение опасных резонансных частот и снизить риск повреждения моста.

2. Целесообразно увеличить значение минимальной дистанции между автомобилями, что будет способствовать снижению вероятности возникновения резонансных эффектов из-за одновременного прохождения нескольких автомобилей через мост.

Список использованных источников.

1. Рабинович, И.М. Основы динамического расчета сооружений на действие мгновенных или кратковременных сил: Раздел курса строит. механики / И.М. Рабинович; Воен.-инж. краснознам. акад. КА им. В. В. Куйбышева. – Москва; Ленинград: Гос. изд-во строит. лит., 1945. 83 с.

2. González, A. Detection of bridge dynamic parameters using an instrumented vehicle / A. González, E. J. OBrien, P. J. McGetrick. – Текст: электронный // Proceedings of the 5th World Conference on Structural Control and Monitoring, Tokyo, Japan. – 2010. – 13 pages. – URL: <https://researchrepository.ucd.ie/server/api/core/bitstreams/db3f5d28-bca3-4930-b0c6-097d7e68cf53/content> (дата обращения: 20.10.2024).

3. Силуков Ю.Д. О перевозке крупногабаритных неделимых грузов по автомобильным дорогам / Ю.Д. Силуков, С.А. Чудинов // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 2 (45). С. 41-42.

4. Yabe, A. Development of bridge monitoring system for short- and medium-span bridges based on bus vibration / A. Yabe, A. Miyamoto, S. Isoda, N. Tani. – Текст : электронный // Journal of Japan Society of Civil Engineers, Series F4 (Construction and Management). – 2013. – vol. 69. – no. 2. – pp. 102–120. – URL: <http://claisse.info/2013%20papers/data/e557.pdf> (дата обращения: 20.10.2024)

5. Чудинов, С.А. Применение композиционных материалов для ремонта и усиления железобетонных мостов / С.А. Чудинов, М.А.

Матис // В сборнике: Научное творчество молодежи - лесному комплексу России. материалы IX Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе "Умник". 2013. С. 56-59.

УДК 338.1

Д.А. Толстик

Сибирский институт бизнеса и информационных технологий
Омск, Россия

УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ РОСТОМ

Аннотация. В статье рассматривается влияние уровня качества жизни населения на экономический рост страны. Анализируются различные показатели качества жизни, такие как уровень доходов, доступность образования и здравоохранения, экологическая обстановка. Рассматриваются факторы, способствующие или препятствующие развитию экономики.

D.A. Tolstikov

Siberian Institute of Business and Information Technology
Omsk, Russia

THE LEVEL OF QUALITY OF LIFE AND ITS RELATIONSHIP WITH ECONOMIC GROWTH

Abstract. The article examines the impact of the quality of life of the population on the economic growth of the country. Various indicators of the quality of life are analyzed, such as income levels, access to education and healthcare, and the environmental situation. The factors contributing to or hindering the development of the economy are considered.

Рост экономики страны важный фактор её благосостояния. Без экономического роста не может быть сильного государства. Сильное государство это прежде всего довольные своей жизнью граждане.

С одной стороны, экономический рост способствует повышению качества жизни граждан - увеличиваются доходы, появляются новые

рабочие места, развивается здравоохранение, образование, улучшаются жилищные условия. Экономический рост активизирует развитие инноваций, что способствует появлению новых товаров, услуг, растёт заработная плата. Всё это способствует улучшению качества жизни населения.

С другой стороны, экономический рост порождает и ряд проблем. Загрязнение воздуха, истощение природных ресурсов, деградация окружающей среды, подрывают здоровье населения страны. Вследствие чего сокращается продолжительность жизни людей, увеличивается число больных хроническими заболеваниями, приводящими к преждевременной смерти, что ведёт к уменьшению населения. Поэтому сглаживание отрицательных моментов негативного влияния экономического роста на качество жизни людей сегодня становится особенно актуальным.

Для решения подобных проблем необходимо так трансформировать экономику, чтобы она гибко реагировала на постоянно меняющиеся экономические условия, тем самым помогая развитию благосостояния населения. Поэтому, экономический рост должен анализироваться как необходимый элемент качества жизни человека, который объединяет в себе рост экономики, её трансформацию и процесс развития человека. Всё это в конечном итоге должно приводить к повышению качества жизни.

Качество жизни – это уровень удовлетворённости человеком своей жизнью. Оно зависит от материального благополучия, образования, здоровья, работы, социальной защиты, экологической обстановки, безопасности, разнообразия культурной жизни, инфраструктуры, межличностных отношений в семье, социального взаимодействия.

Экономический рост является основанием качества жизни населения, но непродуманная экономическая политика способна принести больше вреда, чем пользы. Для гармоничного развития экономики необходимо соблюдать интересы разных групп населения, строить объекты социального значения, сохранять экологию окружающей среды [1].

Качество жизни населения страны тесно связано с экономическим ростом. Качество жизни зависит от субъективных и объективных факторов. К субъективным факторам относятся когнитивные и эмоциональные факторы. К объективным факторам относится: состояние окружающей среды, доступность образования, досуга, условия труда, правовая, социальная защищённость,

экономическая обстановка в стране, моральная ситуация в обществе, возможность саморазвития.

Государство играет одну из главных ролей в повышении качества жизни населения. Оно разрабатывает различные государственные программы, направленные на развитие экономики, здравоохранения, образования, инфраструктуры. Помимо этого, государство не забывает о поддержке бизнеса в стране (доступные кредиты, налоговые льготы, субсидии), что способствует появлению дополнительных рабочих мест.

Особо важными для человека элементами качественной жизни являются здоровье и образование.

Здравоохранение, поддерживаемое государством, помогает населению сохранять своё психическое и физическое здоровье. Это становится возможным благодаря оказанию своевременной медицинской помощи, профилактике заболеваний, позволяющей ещё на ранних стадиях выявить причины болезни и принять надлежащие меры для их устранения.

Образование позволяет населению приобретать необходимые умения и навыки, которые помогут построить успешную карьеру, развиваться как личности, сформировать критическое мышление, помогающее принимать рациональные решения, способствующие качественному выполнению своей работы [2].

Важным фактором, от которого зависит качество жизни, является состояние экологии в регионе проживания. Оно показывает влияние антропогенных и природных факторов на здоровье человека. Увеличение населения в крупных городах, строительства жилья приводит к уменьшению природных ресурсов, загрязнению окружающей среды и снижению качества жизни.

Чтобы смягчить отрицательные факторы антропогенного воздействия и повысить качество жизни населения необходимо применять современные очистительные сооружения, рационально использовать ресурсы, организовывать систематические мероприятия по охране экологической обстановки в регионе, прививать экологическую культуру гражданам.

Развитая инфраструктура позволяет пользоваться различными видами услуг, сокращает время их получения, делая их более доступными. Поэтому развитие инфраструктуры важное направление в повышении качества жизни населения. Оно повышает доступность предоставляемых гражданам услуг, благотворно сказываются на коммуникации между народом и властными структурами. Помимо

этого, развитие инфраструктуры стимулирует экономический рост, повышает удовлетворённость жизнью.

Уровень качества жизни зависит и от материального равенства населения страны. Устранение неравенства между различными слоями общества должно быть одной из основных задач государства. Для устранения неравенства необходимо создавать рабочие места, проводить курсы повышения квалификации и профессиональной подготовке, что позволит претендовать на более высокую заработную плату. Также необходимо развивать систему социальной защиты малоимущего населения, устранять любые формы дискриминации, обеспечивая равные возможности всем группам населения.

Работа по снижению неравенства среди населения это совместная деятельность общества, бизнеса и государства. Только общий подход поможет достигнуть стабильности в развитии экономики и повышению качества жизни.

Рост экономики не возможен без инноваций, они в свою очередь влияют на повышения качества жизни посредством улучшения качества товаров, услуг, возможности получать их не зависимо от места жительства человека. Это поможет понизить цены на товары и услуги, что благоприятно повлияет на общий уровень жизни населения [3].

Помимо этого, новые технологии открывают новые возможности для населения: телемедицина, дистанционное образование, государственные услуги онлайн.

Граждане страны могут влиять на повышение качества своей жизни путём участия в онлайн голосовании по различным городским проектам, касающимся благоустройства территории или участвуя в различных общественных организациях, продвигающих идеи создания комфортной среды проживания. Эта деятельность помогает гражданам ощутить себя одной семьёй, получить удовлетворение от того, что их голос учитывается при благоустройстве города. Также общественное участие граждан может включать в себя выявления проблем, над которыми необходимо работать. Всё это способствует формированию положительной атмосферы в обществе и удовлетворённости граждан качеством своей жизни.

Чтобы население активно участвовало в общественной жизни, направленной на повышения качества жизни, органам власти необходимо информировать граждан о предстоящих изменениях, применяя разные способы донесения информации.

Соучастие граждан в формировании комфортной городской среды способствует налаживанию коммуникации с жителями соседних домов, микрорайонов, что улучшает личное восприятие качества

жизни. Участие граждан на стадии планирования проектов по благоустройству территории сглаживает разногласия между властью и жителями, делая жителей помощниками органов власти.

Международный обмен опытом в сфере качества жизни помогает странам обмениваться и внедрять лучшие стратегии, улучшающие качества жизни людей.

Таким образом, обмен опытом в сфере качества жизни затрагивает различные направления жизни. Государства обмениваются успехами в повышении качества жизни, проблемами, возникающими в ходе реализации стратегий, направленных на улучшение жизни людей. Это помогает избегать ненужных трат на реализацию неэффективных стратегий. В международном плане укрепляются коммуникационные связи между странами, расширяется применение эффективных методик повышения качества жизни людей в мире. Для повышения качества жизни в будущем необходимо основной упор делать на внедрения различных инноваций, развития общей культуры населения, повышения образования, налаживания международного обмена опытом.

Список использованных источников

1. Бессонова Е. А., Харченко Е. В., Свеженцева К. И. Взаимосвязь устойчивого развития предприятия и региона // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2023. Т. 13, № 1. С. 72-82.

2. Антонова О. А. Качество жизни населения и качество трудовой жизни // Вестник Челябинского государственного университета. 2022. № 6 (464). С. 30-41.

3. Викулов С. А. Влияние потребностей на социально-экономическое развитие государства // Вестник университета. 2017. (6). С. 134-140.

УДК 631.85.661

**И.Е. Хошимов, Ш.И. Турдалиева,
Ш.С. Намазов, А.Р. Сейтназаров, Р. Раджабов**

Институт общей и неорганической химии АН РУз
Ташкент, Узбекистан

ГРАНУЛИРОВАННЫЙ КОРМОВОЙ МОНОКАЛЬЦИЙФОСФАТ НА ОСНОВЕ ОЧИЩЕННОЙ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ И КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Аннотация. В процессе получения кормового монокальцийфосфата с применением упаренной ЭФК с концентрацией 50.55%, нормой H_3PO_4 – 95%, временем разложения – 15 мин., кратностью ретура 1:0.5 получен гранулированный МКФ состава (вес. %): $P_2O_{5у\text{св.}}$ – 50.45; $CaO_{у\text{св.}}$ – 21.14; F – 0.16; pH – 3.16 с прочностью гранул 2.13 МПа и со степенью образования $Ca(H_2PO_4)_2$ – 95.96%.

**I.E. Khoshimov, Sh.I. Turdialieva,
Sh.S. Namazov, A.R. Seytnazarov, R. Radjabov**
General and Inorganic Chemistry Institute of Academy Sciences of
the Republic of Uzbekistan
Tashkent, Uzbekistan

GRANULATED FEED MONOCALCIUM PHOSPHATE BASED ON PURIFIED WET PROCESS PHOSPHORIC ACID AND CALCIUM- BEARING RAW MATERIALS

Abstract. In the production of feed monocalcium phosphate utilizing evaporated wet process phosphoric acid (WPA) at a concentration of 50.55%, with an H_3PO_4 rate of 95%, a decomposition time of 15 minutes, and a recycle ratio of 1:0.5, the resulting granular MCP composition (wt.%) was as follows: $P_2O_{5dig.}$ – 50.45; $CaO_{dig.}$ – 21.14; F – 0.16; pH – 3.16. The granules exhibited a strength of 2.13 MPa, and the degree of $Ca(H_2PO_4)_2$ formation was 95.96%.

Животноводство – отрасль сельского хозяйства, занимающаяся разведением сельскохозяйственных животных. Животноводство – поставщик костной муки, меха, кожи, шерсти, пуха. По данным Госкомстата РУз, поголовье крупнорогатого скота (КРС) в Узбекистане увеличилось за последние четыре года на 9.2% и достигло на 1 октября 2023 года 13.9 млн. голов. В частности, в 2018 году рост составил 2%, в 2019 году – 1.2%, в 2020 году – 1.8%, а в 2021 году – уже 3.1%. При этом поголовье КРС в дехканских (личных подсобных) хозяйствах выросло с начала 2018 года до конца 2021 года на 6.8% или 12.47 млн.

голов [1]. По состоянию 2022 года большая часть поголовья скота содержится в домашних хозяйствах – 76% крупного рогатого скота, 78% коз и овец, 53% птицы. На их долю приходится 93% молока, 88% мяса и 62% яиц. Животноводческий сектор производит 40.7% сельскохозяйственной продукции в произведенной в стране.

В организме кальций регулирует нервную и мышечную деятельность. В мышцах роль ионов кальция заключается в противодействии фактору, блокирующему аденозинтрифосфат (АТФ) актомиозина. Кальций повышает защитные функции организма, понижая мембранную проницаемость для вредных веществ и усиливая функцию лейкоцитов, а в сочетании с витамином D способствует активации в рубце целлюлозолитических бактерий и сокращению времени расщепления клетчатки [2].

Признаки недостатка фосфора в организме животного могут наблюдаться и при высоком содержании в рационе кальция. Поэтому при составлении кормовых рационов следует учитывать соотношение P:Ca, которое в среднем равно 1.5:2.0 соответственно, а в крови коров содержание фосфора в норме – 1.45-2.0 ммоль/л, а кальция – 2.5-3 ммоль/л.

Ежедневное использование питательных фосфатов в рационе животных способствует нормализацию минерального обмена, сокращению периода ожирения, получению здорового потомства (снижает заболеваемость), содержанию молодняка и профилактике рахита, повышению питательной ценности мяса и повышению прибыльности фермы.

В качестве минеральных добавок часто используют фосфаты кальция – костную муку, фосфатных минеральных солей, не содержащих фтора (моно- и дикальцийфосфат, а также моно- и динатрийфосфаты, моно- и диаммонийфосфаты, мочевинофосфат) [3].

Кормовой монокальцийфосфат (МКФ) – это универсальная добавка для сельскохозяйственных животных, которая содержит фосфор и кальций. Следует отметить, что добавка в корма скота монокальцийфосфата (МКФ) позволяет увеличить живую массу птицы и скоту. При этом обеспечивается увеличение живой массы на 5-12% по сравнению с другими видами кормовых фосфатов, что может послужить важным фактором роста для рынка МКФ [4].

Для получения кормовых фосфатов требуется изначально очистить ЭФК, так как она имеет в своем составе примеси полуторных оксидов и соединения фтора. Ранее авторами тоже были проведены исследования по очистке и концентрированию очищенной ЭФК.

В настоящей работе нами изучен процесс получения гранулированного МКФ на основе нейтрализации очищенной и упаренной ЭФК известняковой мукой (99.5% CaCO₃) в присутствии ретурного продукта (мелкая фракция с размером менее 1 мм). При этом исходная ЭФК имела в своем составе 18.95% P₂O₅, 0.45% F, 0.27% CaO, 0.26% MgO, 0.41% Fe₂O₃, 0.56% Al₂O₃, 2.96% SO₃. Для её очистки: обессульфачивания применяли карбонат стронция марки “хч” (не менее 98% SrCO₃), а для обесфторивания – карбонат натрия (не менее 98% Na₂CO₃).

Упаривание очищенной ЭФК (от 46.01 до 59.41% P₂O₅) проводили под вакуумом при разряжении 0.65 мм рт. ст. Получены образцы гранулированного МКФ путем разложения смеси из CaCO₃ и ретура при различных соотношениях Продукт: Ретур с ЭФК (при 80°C). В опытах количество используемого ретура варьировали от 30 до 70% по отношению к общей массе готового продукта.

Процесс перемешивания реакционной массы длился 60 мин. с применением 46.01% P₂O₅, 15 мин. с применением 50.55% P₂O₅, 10 мин. с применением 55.65% P₂O₅ и 5 мин. с применением 59.41% P₂O₅. Затем грануляцию влажной разрыхленной реакционной массы осуществляли методом интенсивного размешивания и окатывания. Полученные гранулы МКФ сушили в сушильном шкафу при температуре 75-80°C в течение 4-6 часов. В результате получены гранулы округлой формы. Они охлаждались, затем рассеивались по размерам. Гранулометрический состав продукта определяли ситовым анализом. Частицы размером 2-3 мм подверглись замеру на прочность гранул на приборе МИП – 1 методом, разработанным в НИУИФ [5]. В таблице 1 приведен фракционный состав, а в таблице 2 прочность гранул образцов готовых продуктов.

Таблица 1 - Выход фракции гранул образцов монокальцийфосфата в зависимости от нормы и концентрации упаренной экстракционной фосфорной кислоты, кратности ретура

Норма Н ₃ Р ₀ ₄ , %	Массовое соотношение Продукт: Ретур											
	1:0.3				1:0.5				1:0.7			
	Остаток на сите с отверстиями диаметром (не более, мм), %											
	5 мм	3 мм	2 мм	1 мм	5 мм	3 мм	2 мм	1 мм	5 мм	3 мм	2 мм	1 мм
Концентрация упаренной ЭФК – 46.01% P ₂ O ₅												
100	2.16	65.45	18.26	10.74	2.20	66.24	17.98	10.35	2.42	68.55	16.52	9.95
95	1.36	66.44	18.17	10.04	1.84	68.31	17.56	9.25	1.93	69.60	16.12	9.64
90	1.11	67.39	17.88	9.82	1.31	69.29	16.84	8.74	1.44	71.49	15.11	8.45
Концентрация упаренной ЭФК – 50.55% P ₂ O ₅												

100	1.29	68.12	16.85	9.86	2.02	70.21	15.34	9.06	2.31	70.07	15.11	8.94
95	0.97	70.13	15.65	9.14	1.33	72.17	14.04	8.77	1.55	71.06	14.93	8.72
90	0.85	72.01	14.29	8.23	1.05	73.05	13.78	8.09	1.13	72.13	13.99	8.45
Концентрация упаренной ЭФК – 55.65% P ₂ O ₅												
100	2.89	67.31	17.78	9.69	3.12	66.14	17.84	10.25	3.16	67.51	17.44	10.02
95	2.47	67.25	17.25	9.46	2.88	68.20	16.79	9.35	2.99	69.24	16.12	9.03
90	2.19	69.32	15.76	9.14	2.34	69.08	16.01	9.17	2.56	72.29	14.08	8.63
Концентрация упаренной ЭФК – 59.41% P ₂ O ₅												
100	2.26	68.03	16.77	9.51	2.30	68.13	16.71	9.48	2.43	69.34	15.67	9.83
95	1.15	69.15	15.68	9.11	1.22	70.04	15.09	9.14	1.51	70.19	15.03	8.97
90	0.97	70.11	15.26	8.82	1.07	71.19	14.15	8.25	1.23	71.22	13.94	8.11

Из таблицы 1 видно, что для всех концентрации и норм ЭФК, а также количеств подаваемого ретура основная масса товарной фракции (2-3 мм) составляет более 80%, а мелкая фракция не превышает 10%. Из данных хорошо просматриваются, что как концентрация, так и количество ретура очень мало влияет на товарную фракцию продукта. А уменьшение нормы фосфорной кислоты улучшает выход товарной фракции, но незначительно.

Таблица 2 - Прочность гранул образцов монокальцийфосфата в зависимости от нормы и концентрации экстракционной фосфорной кислоты, кратности ретура

Норма H ₃ PO ₄ , %	Прочность гранул (диаметр гранул 2–3 мм), МПа		
	Массовое соотношение Продукт : Ретур		
	1:0.3	1:0.5	1:0.7
Концентрация упаренной ЭФК – 46.01% P ₂ O ₅			
100	2.07	1.56	2.15
95	2.25	2.14	2.28
90	2.4	2.32	2.35
Концентрация упаренной ЭФК – 50.55% P ₂ O ₅			
100	1.85	1.9	1.86
95	1.94	2.48	2.13
90	2.06	2.65	2.24
Концентрация упаренной ЭФК – 55.65% P ₂ O ₅			
100	1.65	1.69	1.66
95	1.82	2.2	2.06
90	1.97	2.31	2.13
Концентрация упаренной ЭФК – 59.41% P ₂ O ₅			
100	1.5	1.58	1.52
95	1.66	1.79	1.74
90	1.85	1.98	1.86

Относительно высокие прочностные показатели гранул наблюдаются при применении упаренной ЭФК с концентрацией 46.01% P₂O₅. Чем ниже

норма кислоты тем выше прочность гранул. Самая высокая прочность гранул – 2.65 МПа мы имеем при норме концентрации кислоты 50.55% P_2O_5 и 90% от стехиометрии, соотношении Продукт : Ретур = 1 : 0.5, а самая низкая – 1.5 МПа при норме концентрации кислоты 59.41% P_2O_5 и 100% от стехиометрии, соотношении Продукт : Ретур = 1:0.7 (таблица 2). В любом случае, все они по этому показателю отвечают требованиями сельского хозяйства.

В нашем случае с применением упаренной ЭФК с концентрацией 50.55%, нормой H_3PO_4 – 95%, временем разложения – 15 мин., кратностью ретура 1:0.5 получен гранулированный МКФ состава (вес. %): $P_2O_{5\text{у.св.}}$ – 50.45; $P_2O_{5\text{водн.}}$ – 38.02; $CaO_{\text{у.св.}}$ – 21.14; $CaO_{\text{водн.}}$ – 14.39; F – 0.16; pH – 3.16 с прочностью гранул 2.13 МПа и со степенью образования $Ca(H_2PO_4)_2$ – 95.96%. А товарная фракция (2-3 мм) составляет более 85%. По требованию ГОСТ 23999-80 продукт соответствует к 2-ому сорту.

Таким образом, показана возможность получения кормового фосфата в виде гранулированного МКФ на основе разложения известняковой муки очищенной и упаренной ЭФК в присутствии ретурного продукта.

Список использованных источников

1. Когда граждане Узбекистана смогут позволить себе есть мясо. <https://anhor.uz/society/meat>
2. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К., Косолапова В.Г. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. – М.: ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.
3. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.
4. И.Е.Хошимов, Ш.И.Турдиалиева, Ш.С.Намазов, Р.Раджабов, А.Р.Сейтназаров, А.М.Реймов. Технология получения гранулированного кормового монокальцийфосфата на основе термической фосфорной кислоты и известняковой муки. // Химическая промышленность. - Санкт-Петербург, 2023. – т. 100. - № 1. – С. 33-47.
5. Турдиалиева Ш.И. Упаренная экстракционная фосфорная кислота и ее физико-химические свойства. 2021. Материалы докладов 85-научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) – Минск, БГТУ. 1-13 февраля 2021. 47-49с.

О. Хансарыева, О. Аллаберенова, О. Реджепова
Институт Телекоммуникаций и Информатики Туркменистана
Ашхабад, Туркменистан

МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ В РАДИОКАНАЛАХ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G

***Аннотация.** В данной научной статье рассматриваются модельные расчёты характеристик распространения сигналов в радиоканалах систем сотовой связи пятого поколения (5G). Обсуждаются основные факторы, влияющие на качество связи, включая затухание сигналов, интерференцию и использование новых частотных диапазонов. Приведены результаты моделирования различных сценариев распространения сигналов.*

***Ключевые слова:** телекоммуникационные системы, широкополосные сети, беспроводная связь, инфраструктура связи, технологии передачи данных, интеграция сетей IoT (Интернет вещей), 5G технологии будущего телекоммуникаций, конвергенция сетей.*

O. Hansaryyeva, O. Allaberenova, O. Redjepova
Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashkhabad, Turkmenistan

MODEL CALCULATIONS OF SIGNAL PROPAGATION CHARACTERISTICS IN RADIO CHANNELS OF 5G CELLULAR COMMUNICATION SYSTEMS

***Abstract.** This research paper examines model calculations of signal propagation characteristics in radio channels of fifth-generation (5G) cellular communication systems. The main factors affecting communication quality are discussed, including signal attenuation, interference, and the use of new frequency ranges. The results of modeling various signal propagation scenarios are presented.*

***Keywords:** telecommunication systems, broadband networks, wireless communications, communications infrastructure, data transmission technologies, network integration IoT (Internet of Things), 5G technologies the future of telecommunications, network convergence.*

Системы сотовой связи 5G представляют собой значительный шаг вперёд в области мобильной связи. Они обеспечивают высокую скорость передачи данных (до 10 Гбит/с), низкие задержки (менее 1 мс) и возможность подключения до 1 миллиона устройств на квадратный километр. Введение новых технологий требует глубокого понимания

характеристик распространения сигналов в радиоканалах, что является ключевым для проектирования эффективных сетей.

1. Теоретические основы распространения радиосигналов

1.1. Основные модели распространения

- Модель свободного пространства: описывает идеальные условия, при которых сигнал распространяется без препятствий и затухания.
- Модель затухания в зависимости от расстояния: учитывает затухание сигнала в зависимости от расстояния между передатчиком и приемником. Обычно используется формула:

$$P_r = P_t - 20 \log_{10}(d) - 20 \log_{10}(f) - K$$

где P_r — мощность принимаемого сигнала, P_t — мощность передаваемого сигнала, d — расстояние, f — частота, K — константа затухания.

- Модель многолучевого распространения: учитывает многопутевое распространение сигналов, что приводит к эффектам интерференции.

1.2. Факторы, влияющие на распространение сигналов

- Атмосферные условия: влажность, температура и наличие осадков могут влиять на затухание сигнала.
- Препятствия: здания, деревья и другие объекты могут вызывать отражение, преломление и дифракцию сигналов.
- Интерференция: взаимодействие сигналов от различных источников может приводить к ухудшению качества связи.

2. Моделирование радиоканалов 5G

2.1. Используемые частотные диапазоны

- Суб-6 ГГц: диапазоны ниже 6 ГГц обеспечивают хорошую проникающую способность и стабильное покрытие.
- Миллиметровые волны: частоты выше 24 ГГц обеспечивают высокую скорость передачи данных, но имеют ограниченную дальность и проникающую способность.

2.2. Программное обеспечение для моделирования

- MATLAB: часто используется для математического моделирования и анализа сигналов.
- NS-3: эмулятор сетей, который позволяет моделировать различные сценарии работы сетей 5G.

3. Результаты моделирования

3.1. Сценарии тестирования

- Городская среда: высокие здания и плотная застройка создают сложные условия для распространения сигналов.
- Сельская местность: открытые пространства с минимальными препятствиями обеспечивают более стабильное покрытие.

- Внутренние помещения: сложные условия из-за стен и мебели требуют особого подхода к проектированию сетей.

3.2. Анализ полученных данных

- Затухание сигналов: результаты моделирования показывают, как затухание зависит от расстояния и частоты.
- Уровень интерференции: анализ интерференции помогает определить оптимальные параметры сети для обеспечения качества связи.

. Теоретические основы распространения радиосигналов

3.3. Основные модели распространения

- Модель свободного пространства
- Модель затухания в зависимости от расстояния
- Модель многолучевого распространения

3.4. Факторы, влияющие на распространение сигналов

- Атмосферные условия
- Препятствия (здания, деревья и т.д.)
- Интерференция

4. Моделирование радиоканалов 5G

4.1. Используемые частотные диапазоны

- Суб-6 ГГц
- Миллиметровые волны

4.2. Программное обеспечение для моделирования

- Описание используемых инструментов (например, MATLAB, NS-3)

5. Результаты моделирования

5.1. Сценарии тестирования

- Городская среда
- Сельская местность
- Внутренние помещения

5.2. Анализ полученных данных

- Затухание сигналов
- Уровень интерференции

Заключение

Информационные коммуникации играют ключевую роль в развитии сетевых и телекоммуникационных технологий. Их влияние ощущается во всех аспектах нашей жизни, от бизнеса до личных отношений. В данной научной статье представлены результаты модельных расчётов характеристик распространения сигналов в системах 5G. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации проектирования сетей и улучшения качества связи, что является критически важным для успешного внедрения технологий пятого поколения.

Список использованных источников

1. Rappaport, T.S., et al. "Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work!" IEEE Access, vol. 1, pp. 335-349, 2013.
2. Zhang, J., et al. "A Survey on the Applications of Machine Learning in Wireless Networks." IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 21, no. 4, pp. 3778-3807, 2019.
3. Holma, H., Toskala, A. "5G Technology for Mobile and Wireless Communications." Academic Press, 2017.
4. Gupta, A., Jha, R.K. "A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies." IEEE Access, vol. 7, pp. 127133-127150, 2019.

УДК 628.477.6

А.Н. Хотько

Белорусский государственный колледж промышленности
строительных материалов
Минск, Беларусь

ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА В ТЕХНОПРИРОДНЫХ КЛАСТЕРАХ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ХРУСТАЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм рециклинга отходов, образующихся после химической полировки хрусталя. Предложены направления вовлечения отходов и рассмотрена возможность их использования и в дорожно-строительной отрасли.

A.N. Khatsko

Belarusian State College of Building Materials Industry
Minsk, Belarus

THE BASICS OF RECYCLING IN TECHNOPRIME CLUSTERS OF WASTE MANAGEMENT FORMED AFTER CHEMICAL POLISHING OF CRYSTAL

Abstract. The article considers an algorithm for recycling waste generated after chemical polishing of crystal. The directions of waste involvement are proposed and the possibility of their use in the road construction industry is considered.

Введение. Правовые основы обращения с отходами определены в Законе Республики Беларусь «Об обращении с отходами», который направлен на уменьшение объемов образования отходов и предотвращение их вредного воздействия на окружающую среду, здоровье граждан, а также на максимальное вовлечение отходов в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. Система обращения с отходами в Республике Беларусь ориентирована на соблюдение принципа приоритетности использования отходов по отношению к их захоронению и на их вовлечение в рециклинг.

Современный рециклинг – быстро развивающаяся, динамичная область ресурсосбережения. Как элемент системы экологичного развития, рециклинг становится одной из доминант прогресса XXI века. Движущей силой является нарастающий дефицит природных ресурсов при обострении экологических аспектов проблемы отходов.

Также понятие рециклинга – целесообразно определять известным в биохимии термином «ресинтез» специфическую сферу его применения: химия ресинтеза – область химии, изучающая химические реакции обеспечения рециклинга.

Выделяют следующие признаки ресинтеза: 1) получение из отходов известного вещества по иной технологии по сравнению с существующими; 2) получение из отходов вещества, не синтезируемого из первичного сырья; 3) получение веществ, израсходованных в одних реакциях химической схемы производства, путем дополнения этой химической схемы другими реакциями, замыкающими цикл.

Так одной из основных стадий производства хрусталя является стадия химического полирования. Полирование осуществляется в смеси плавиковой и серной кислоты. Технологический процесс нейтрализации кислых стоков от химической полировки хрусталя включает в себя процесс приготовления известкового молока и подачу его в реактор для нейтрализации, куда закачивается определенный объем отработанных кислот. При нейтрализации кислых стоков известковым молоком происходят реакции с образованием следующих продуктов: сульфата кальция, фторида кальция, хлорида кальция и других продуктов. Для разработки эффективных направлений рециклинга данного вида отходов необходимо определить физико-химические свойства и состав.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служил шлам, образующийся при нейтрализации отработанного раствора полировки хрусталя. Отобранные пробы отходов подвергали сушке при температуре 60°C в течение 6 ч. Изучение микроструктуры

и количественного состава отходов использовали сканирующий электронный микроскопы JSM-5610 LV (Jeol Ltd.), оснащенный модулем химического рентгеноспектрального анализа и JED-2201 (Jeol Ltd.). Рентгенофазовый анализ (РФА) исследуемых покрытий проводили на дифрактометре Discover D8 (Bruker).

Результаты и их обсуждение. Результаты испытаний представлены в таблице 1. Гравиметрическим способом установлено, что влажность образующихся отходов составляет 40–50%. На рисунке представлена микрофотография высушенного шлама, образующегося при нейтрализации растворов химической полировки хрусталя.

Согласно рис. 1, микроструктура высушенного шлама представлена игольчатыми и пластинчатыми кристаллами в разных соотношениях. Длина отдельных частиц варьируется от 5 до 40 мкм. В таблице представлены результаты элементного анализа образца отходов.

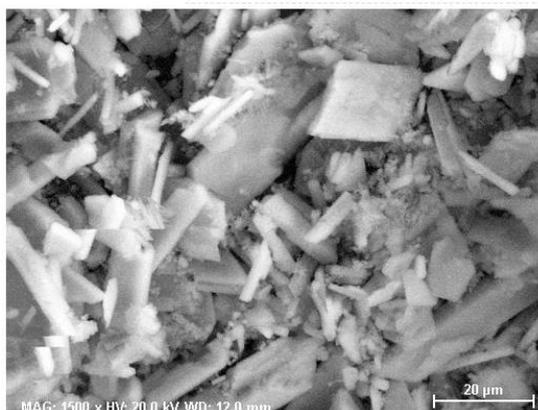
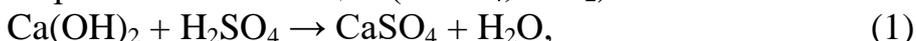


Рис. 1 - СЭМ изображение полученных отходов производства

Таблица 1. Элементный состав образующихся отходов производства, мас.%

O	C	Ca	S	F	Si	Pb	Cu	Fe
52.3	8.41	25.92	12.35	2.65	0.56	0.86	0.21	0.15

Согласно данным таблицы 1, в состав шлама входят преимущественно ионы O, Ca, S. Это вызвано тем, что нейтрализацию отработанных растворов химической полировки производят известью. В результате такого взаимодействия могут образовываться нерастворимые соли кальция (CaSO_4 , CaF_2):



Содержание ионов F и S вызвано образованием CaSO_4 , CaF_2 . Необходимо отметить, что в шламе присутствует незначительная примесь ионов Pb. В состав хрусталя может входить до 13–23 % PbO .

Поэтому при полировке хрустали незначительная часть соединений Рb может переходить в раствор, после чего в шлам нейтрализации. Примеси железа и меди могли попасть к отходам во время захоронения в накопителе. Методами рентгенофазового анализа установлено, что высушенные продукты нейтрализации полировочных растворов хрустали являются смесью полуводного (бассанит) и двухводного (гипс) сульфата кальция.

В контексте современных правил и соображений циркулярной экономики способом обращения с этим материалом является разработка устойчивых методов для полной (безотходной) утилизации.

Гидратные формы сульфата кальция используются в качестве наполнителя в бумаге, осушителя, укрепляющего агента в пищевых продуктах, а также для изготовления строительных материалов. В большинстве случаев техногенный сульфат кальция используется в качестве добавки к портландцементу. Портландцемент – это вяжущее вещество, изготавливаемое путём совместного помола цементного клинкера, гипса и специальных упрочняющих добавок. Для изготовления портландцемента используется двухводный сульфат кальция, содержание которого достигает до 5%. В 2023 году Белорусская цементная компания добилась рекордных показателей по производству цемента. Предприятиями холдинга изготовлено более 5 млн тонн цемента. Химический и фазовый состав твердых отходов нейтрализации растворов полировки позволяет использовать их в качестве добавок при производстве портландцемента. Высокая производительность белорусских цементных заводов может позволить быстро решить проблему накопления отходов производства хрустали и несколько снизить количество природного гипса, используемого в производстве цемента. Так как в составе техногенного гипса содержатся незначительные примеси свинца, то для снижения его негативного экологического воздействия, эти отходы могут использоваться совместно с природным гипсом. Это решение позволит существенно снизить содержание свинца до экологических норм в изготавливаемых цементах. Возможно использовать гипсосодержащие отходы в качестве компонента дорожного асфальтобетона – минерального порошка. Содержание техногенного гипса в асфальтобетонных смесях может достигать до 4%. Устройство монолитных слоев из техногенного гипса является эффективным направлением в изготовлении дорожных одежд, взамен кондиционных дорогих каменных материалов. При устройстве слоев основания из гипса попадание атмосферной воды в земляное полотно с поверхности дорожной одежды не происходит. Поэтому, влажность грунта рабочего

слоя земляного полотна будет намного ниже, чем при устройстве оснований из классических материалов на дренирующем слое из песка. Высушенные твердые отходы нейтрализации полировочных растворов хрустала содержат достаточно большое количество гидратных форм сульфата кальция, которые характеризуются низким количеством примесей, что обуславливает возможность их использования и в дорожно-строительной отрасли.

Необходимо отметить, что рассматриваемый техногенный гипс содержит большое количество влаги, поэтому его необходимо подвергать сушке. Зачастую, для варки стекла, в качестве источника тепла используется природный газ. При сгорании газа образуется большое количество топочных газов, тепло которых можно использовать для сушки техногенного гипса, с целью последующего его использования в различных приложениях. Это решение позволит уменьшить экономические затраты на переработку отходов. Кроме того, для снижения межоперационных стадий необходимо рассмотреть возможность сепарации и сушки отходов на стадии их образования. В этом случае предполагается, что отходы сразу после их образования транспортируются на перерабатывающие предприятия. Это решение позволит исключить накопление отходов на полигоне, а также снизить расходы на транспорт. Для этого необходимо выстроить координацию с производителями строительных материалов.

Выводы и предложения.

Высушенные твердые отходы нейтрализации полировочных растворов хрустала могут использоваться для изготовления гипсовых вяжущих, портландцемента, асфальтобетонных смесей, а также в качестве материала для основания дорог, что позволит решить проблему накопления твердых отходов производства изделий из хрустала.

Список использованных источников

1. Jiménez-Rivero, A., García-Navarro J. Best practices for the management of end-of-life gypsum in a circular economy / A. Jiménez-Rivero, J. García-Navarro //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 167. – P. 1335-1344.

УДК 676.164.8

А.В. Вураско, А.Л. Шерстобитов, И.А. Губанов
Уральский государственный лесотехнический университет
Екатеринбург, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНОПЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ОРГАНОСОЛЬВЕНТНЫМ СПОСОБОМ

Аннотация. Расширение сырьевой базы для производства технической целлюлозы, путем использования отходов переработки конопли технической, полученной натронной и окислительно-органосольвентной варками. При заданных условиях возможно получить техническую целлюлозу с высоким содержанием α -целлюлозы из отходов переработки конопли технической.

A.V. Vurasko, A.L. Sherstobitov, I.A. Gubanov
Ural State Forestry Engineering University
Yekaterinburg, Russia

PRODUCTION OF TECHNICAL CELLULOSE FROM WASTE FROM THE PROCESSING OF TECHNICAL HEMP BY AN OXIDATIVE-ORGANOSOLVENT METHOD

Abstract. Expansion of the raw material base for the production of technical cellulose, through the use of waste from the processing of technical hemp obtained by sodium and oxidative-organosolvent cooking. Under the given conditions, it is possible to obtain technical cellulose with a high content of α -cellulose from the waste of processing technical Cannabis.

Расширение сырьевой базы при получении технической целлюлозы для химической переработки возможно за счет привлечения недревесного растительного сырья в виде ежегодно возобновляемой, быстрорастущей конопли технической.

Целью работы является получение технической целлюлозы из отходов переработки конопли технической комбинированным способом с высоким содержанием альфа-целлюлозы: на первой ступени натронная варка, на второй – окислительно-органосольвентная. В качестве сырья для получения целлюлозы использовали отходы переработки конопли технической (30 % костры и 70 % волокна). Для сравнения в качестве модельных объектов использовали волокна и костру конопли технической вегетационного периода 2020 г., Челябинской обл. Волокна конопли предварительно разрезали на отрезки длиной 15...20 мм. Костру просеивали и использовали фракции, задержанные на сите с отверстиями диаметром

0,15 см и прошедшие через сито с отверстиями диаметром 0,7 см. Компонентный состав сырья представлен в таблице 1.

Таблица 1- Компонентный состав растительного сырья

Показатели, % от массы абсолютно сухого сырья (а.с.с.)	Отходы переработки конопли	Конопля техническая	
		волокно	костра
Массовая доля экстрактивных веществ растворимых:			
- в ацетоне, (ГОСТ 6841);	1,9±0,2	0,4±0,5	1,2±0,5
- в горячей воде [1];	3,4±0,2	5,6±0,5	3,3±0,5
Массовая доля целлюлозы Кюршнера	56,7±1,0	68,3±1,0	40,3±1,0
Массовая доля лигнина, (ГОСТ 11960)	21,7±0,2	6,6±0,2	25,5±0,2
Массовая доля золы, (ГОСТ 18461)	1,1±0,1	2,3±0,1	1,6±0,1
Массовая доля холоцеллюлозы [1]	-	72,3±1,0	50,5±1,0

Из полученных результатов (таблица 1) видно, что в волокне содержится в 3,9 раз меньше лигнина, а целлюлозы в 1,7 раза больше, чем в костре. По количественным характеристикам содержания лигнина и целлюлозы костра подобна древесине лиственных пород. Отходы переработки конопли технической содержат достаточно большое количество целлюлозы и высокий процент лигнина, меньшее количество золы и сопоставимые количества экстрактивных веществ.

Натронную варку отходов конопли проводили при следующих условиях: расход активной щелочи 20, 22 % в ед. Na₂O от абс. сух. сырья, гидромодуль 4,5:1; температура варки 170 °С; продолжительность: подъема температуры 45 мин., варки – 120 мин. Техническую целлюлозу промывали, анализировали.

Органосольвентную варку технической целлюлозы проводили в трехгорлой колбе с раствором, состоящим из композиции равновесной перуксусной кислоты, воды и стабилизатора пероксидных соединений (ИОМС) [2]. Расход равновесной перуксусной кислоты 0,8 и 1,2 г/г к абс. сух. сырью; жидкостный модуль 10:1. Начало варки фиксировали с момента достижения температуры 90 °С. Продолжительность варки при температуре 90 °С – 60 минут.

Результаты по выходу технической целлюлозы после органосольвентной варки представлены на рисунке 1.

Из полученных результатов (рис. 1) можно сделать вывод, что увеличение расхода перуксусной кислоты практически не повлияло на выход технической целлюлозы, а вот увеличение расхода активной щелочи на 2 процента привело к снижению выхода технической целлюлозы на 2,7...4,0 % от абс. сух. сырья.

Для количественной оценки технической целлюлозы определен ее компонентный состав. Результаты представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при заданных условиях варки из отходов конопли технической возможно получить техническую целлюлозу с содержанием α -целлюлозы в диапазоне 82...85 % от абс. сух. целлюлозы.

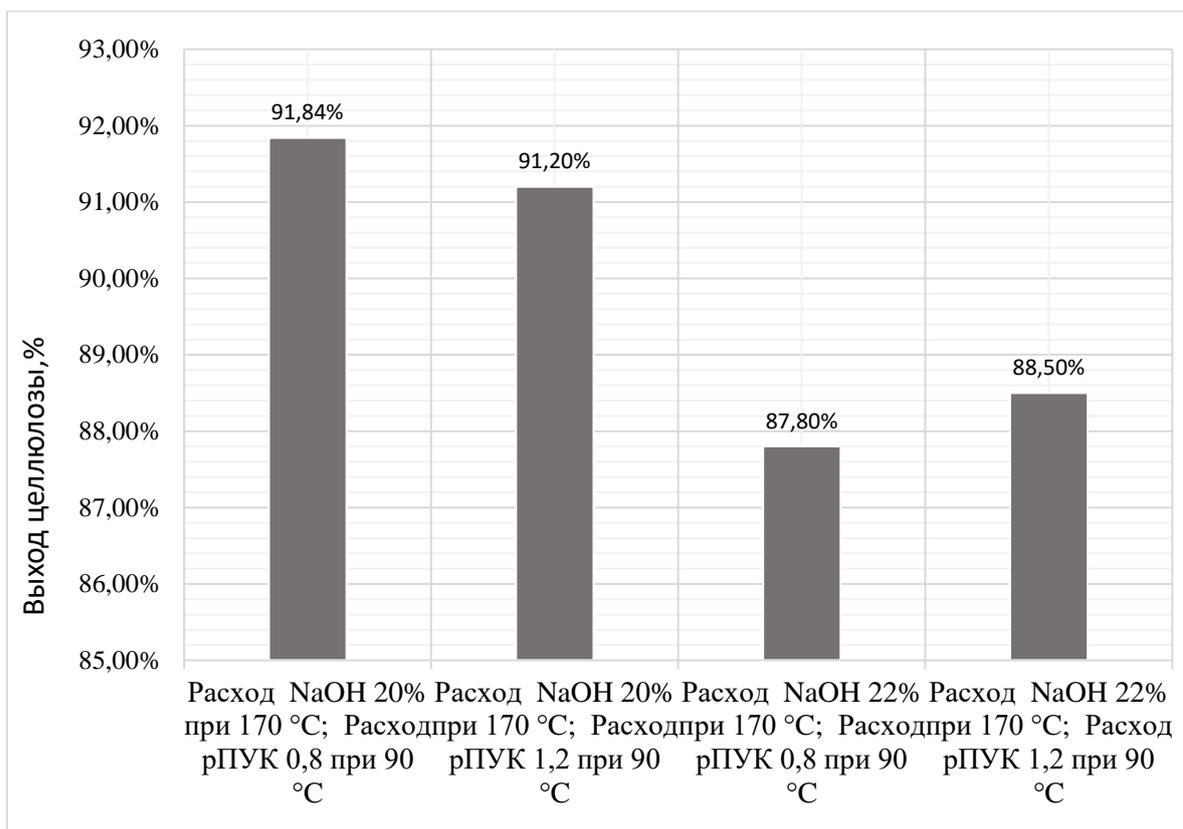


Рис. 1 - Гистограмма выхода технической целлюлозы после органосольвентной варки

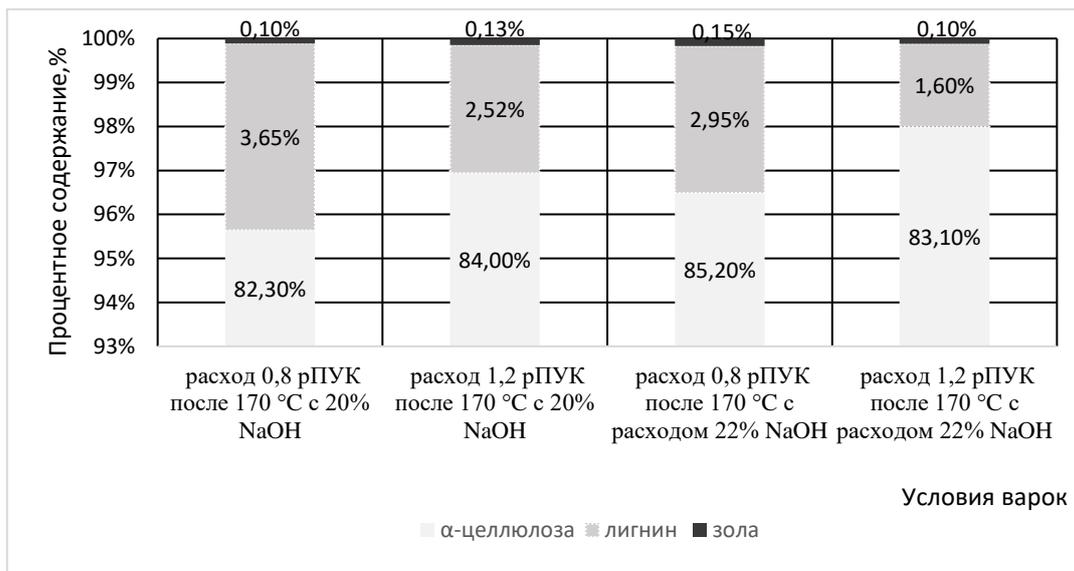


Рис. 2 - Компонентный состав технической целлюлозы после органосольвентной варки

В то время как при получении технической целлюлозы из волокон конопли с содержанием альфа-целлюлозы 95...98 % достаточно проводить процесс в «мягких» условиях: щелочная обработка 60 минут при 90 °С и последующая органосольвентная варка: 30...60 мин при 90 °С; расход равновесной перуксусной кислоты 0,4 г/г к абс. сух. сырью [3].

Список использованных источников

1. Оболенская, А.В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская, В.П. Щеголев, Г.Л. Аким и др.; Под редакцией В.М. Никитина. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 421 с.
2. Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения: монография / Е.Г. Смирнова, Е.М. Лоцманова, Н.М. Журавлева [и др.] под ред. А.В. Вураско. – Екатеринбург, 2020. – 252 с.
3. Губанов И.А., Вураско В.А., Вураско А.В., Агеев М.А. Получение целлюлозы из отходов переработки конопли технической / В сборнике: Научное творчество молодежи - лесному комплексу России. Материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург, 2024. С. 562-567.

Т.Г. Шутова¹, В.В. Паньков², А.С. Тимоненкова², Р.С. Драгун²

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси

²Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

НОВЫЙ МАГНИТНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОЙ КАРКАСНОЙ СТРУКТУРЫ ФУМАРАТА АЛЮМИНИЯ

Аннотация. Исследован процесс адсорбции красителя конго красного новым магнитным сорбентом на основе фумарата алюминия. Установлены закономерности адсорбции красителя в зависимости от массовой доли магнитной фазы в композите.

T.G. Shutava¹, V.V. Pankov², A.S. Tsimanenkava², R.S. Dragun²

¹Institute of Chemistry of New Materials, NAS of Belarus

²Belarusian State University
Minsk, Belarus

NEW MAGNETIC COMPOSITE ON THE BASIS OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK ALUMINUM FUMARATE

Abstract. The process of adsorption of Congo Red dye by a new magnetic sorbent based on aluminum fumarate was investigated. The regularities of the adsorption depending on the amount of magnetic phase in the composite were studied.

Органические красители являются наиболее распространенными загрязнителями в сточных водах, образующихся в текстильной, бумажной, пищевой промышленности. Они потребляют растворенный кислород, препятствуют проникновению света и серьезно влияют на водную флору и фауну. Кроме того, многие органические красители и продукты их распада являются канцерогенными и токсичными. Попадая в организм человека, они могут вызывать аллергические реакции, нарушение сна, нервные расстройства [1].

Одним из решений проблемы очистки сточных вод от технологических загрязнений является адсорбция, которая благодаря своей простоте и высокой эффективности позволяет удалять широкий спектр адсорбатов [2]. Однако, традиционно применяемые адсорбирующие материалы имеют ряд ограничений, например, сложность отделения от очищаемой среды, а также не всегда высокую адсорбционную способность. Таким образом, возникает

необходимость в эффективном и экономичном адсорбенте, который, обладая большой емкостью, высокой скоростью поглощения загрязнителей и удобным простым процессом разделения, мог бы удалять органические красители, например, конго красный (CR).

Металл-органические каркасные структуры (MOFs, от *англ.* metal-organic frameworks) представляют собой пористые кристаллические материалы, состоящие из ионов или оксокластеров поливалентных металлов, связанных различными органическими лигандами. Они интенсивно исследуются, а отдельные из них и применяются, в качестве адсорбентов с большой удельной поверхностью и высокой пористостью [3].

Одной из нерешенных проблем, связанных с MOFs, является сложность их отделения от очищаемого раствора для регенерации, которую предлагается решать путем создания новых магнитных композиционных адсорбентов. В этом случае в немагнитную пористую матрицу MOF в процессе синтеза вводятся наночастицы оксидов железа. Такие материалы сочетают в себе хорошие сорбционные свойства MOFs и возможность эффективного отделения сорбента при помощи магнитного поля.

В настоящей работе исследованы закономерности адсорбции красителя конго красного композитом магнетит/ фумарат алюминия ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$), массовая доля магнетита (w) в которых варьируется от 1 до 35 %мас. Для изучения адсорбции красителя в раствор CR с концентрацией от 8 до 44 мкг/мл объёмом 40 мл добавляли навеску порошка исследуемого композита массой 5 мг. Спектры водной фазы после отделения композита записывали на спектрофлуориметре SM2203 Solar в диапазоне длин волн 300-750 нм. Концентрацию CR определяли используя значение оптической плотности раствора при длине волны 500 нм и экспериментальный коэффициент экстинкции красителя.

В ИК спектре порошка Al-fum после адсорбции CR появляются полосы поглощения красителя при 598 и 1047 см^{-1} , а также существенно увеличивается интенсивность полос с максимумами при 3456, 1612, 1427 и 505 см^{-1} , в области которых в ИК спектре CR наблюдаются группы интенсивных пиков (рис.1). Увеличение интенсивности вышеуказанных полос в спектре порошка Al-fum с ростом концентрации CR в растворе подтверждает адсорбцию красителя.

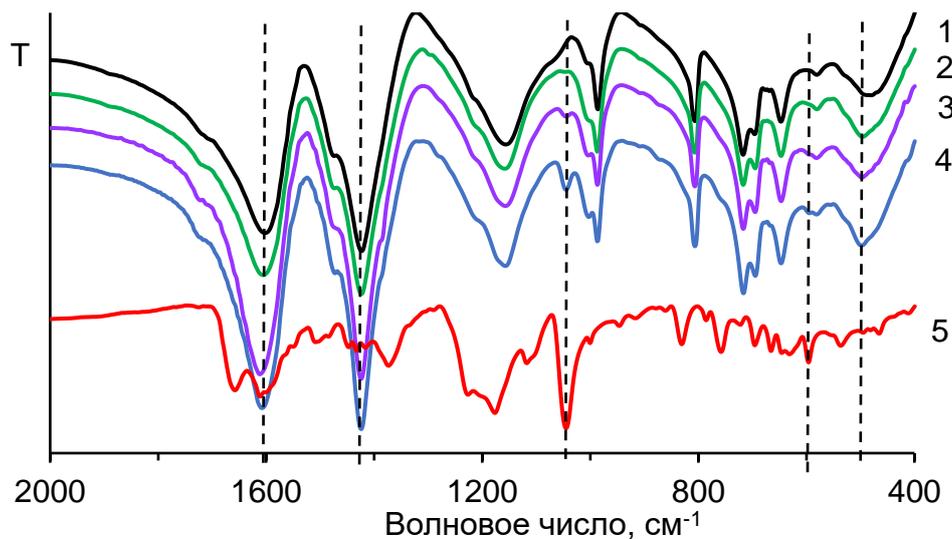


Рис. 1 - ИК спектры порошка Al-fum после адсорбции красителя CR из растворов с различной концентрацией (1-4, C_{CR} , мкг/мл: 1 - 0; 2 - 8,5; 3 - 17,5; 4 - 26,4) и CR (5)

Количество красителя (Q), адсорбированного на Al-fum, увеличивается с увеличением времени адсорбции (рис.2,а). В диапазоне концентраций CR от 8 до 45 мкг/мл время достижения равновесной адсорбции (Q_e) не превышает 120 мин и не зависит от C_{CR} . Величина Q_e линейно зависит от концентрации красителя (рис. 2,б), что позволяет предположить, что даже при максимальной исследованной C_{CR} не все центры адсорбции в Al-fum заполняются красителем.

Начальная скорость адсорбции CR композитами $Fe_3O_4/Al-fum$, содержащими 1-6 %мас. магнетита больше, чем немодифицированным Al-fum (рис.3, а), что может быть связано с появлением на границе наночастиц и пористой матрицы дополнительных дефектов кристаллической структуры обеих фаз. С увеличением массовой доли магнетита до 11-34 %мас. скорость адсорбции красителя снижается, что коррелирует с уменьшением доли пористого материала в композите.

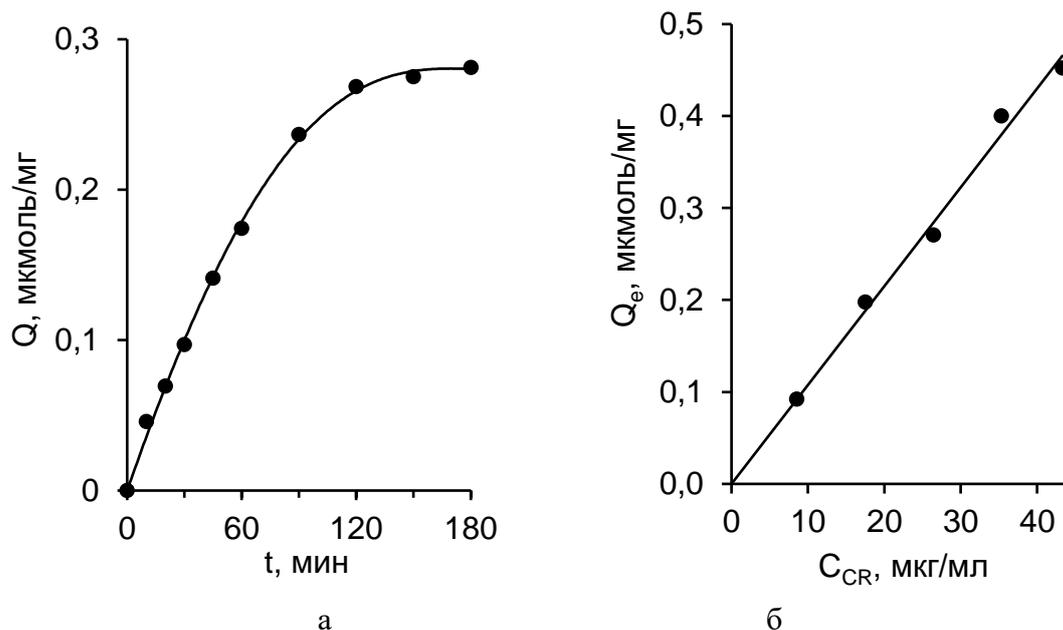


Рис.2 - Зависимость адсорбции конго красного на Al-fum от времени (а), ($C_{CR} = 26,4 \text{ мкг/мл}$) и концентрации в растворе (б). Температура $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Величина равновесной адсорбции красителя зависит от массовой доли магнетита в композите $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$ (рис. 3,б). Максимальная адсорбция конго красного после 24 ч наблюдается при концентрации магнетита около 6 %мас.

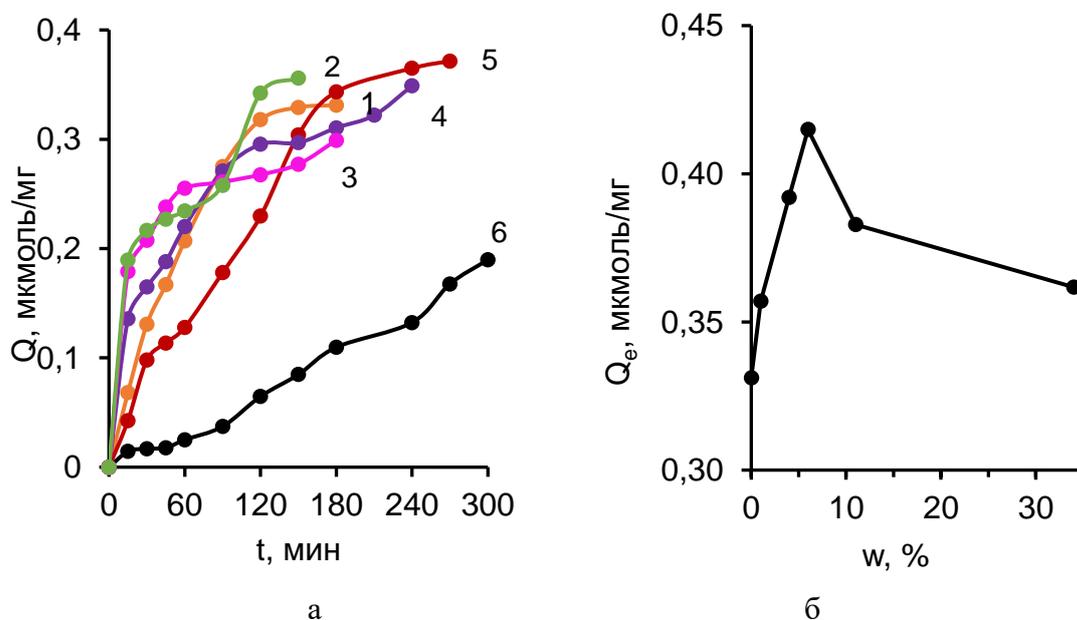


Рис. 3 - Зависимость адсорбции конго красного на композите $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$ от времени (а, $w, \%$: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 4; 4 – 6; 5 – 11; 6 – 34) и массовой доли магнетита в композите (б, через 24 ч). Температура $25 \text{ }^\circ\text{C}$. $C_{CR}=35,3 \text{ мкг/мл}$

Таким образом, новый магнитный сорбент на основе фумарата алюминия демонстрирует высокую скорость адсорбции в сочетании с большой емкостью в отношении красителя конго красного. Адсорбированный на композите $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$ конго красный легко смывается ацетоном, что может быть использовано для выделения красителя из кубовых смесей и регенерации адсорбента.

Список использованных источников

1. Mohammadnejad, M., Alizadeh, S. $\text{MnFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$, MOF magnetic composite, as a novel sorbent for efficient dye removal: fabrication, characterization and isotherm studies. *Sci. Rep.* 14, 9048 (2024). doi: 10.1038/s41598-024-59727-8.
2. Gupta, V.K., Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal - a review. *J. Environ. Manage.* 90 (8), 2313-2342 (2009). doi:10.1016/j.jenvman.2008.11.017.
3. Qi, Z. P., Yang, J. M., Kang, Y. S., Guo, F. & Sun, W. Y. Facile water-stability evaluation of metal-organic frameworks and the property of selective removal of dyes from aqueous solution. *Dalt. Trans.* 45 (21), 8753–8759 (2016). doi: 10.1039/c6dt00886k.

УДК 577.1; 577.112; 577.127; 581.5; 637.1;602.3:633/635

И.А. Щедрин, А.А. Сисько, В.П. Курченко
Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ МЯКОТИ ПЛОДОВ БАОБАБА (*ADANSONIA DIGITATA L.*)

Аннотация. Из мякоти плодов баобаба экстрагированы БАВ этиловым спиртом и водными растворами β -циклодекстрина, концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ и гидролизата КСБ. С использованием ГХ-МС определен их состав и содержание в экстрактах. Показана различная эффективность экстракции жирных кислот, фенольных и азотсодержащих соединений в зависимости от использованного экстрагента.

I.A. Shchedrin, A.A. Sisko, V.P. Kurchenko

Belarusian State University

Minsk, Belarus

THE EFFECT OF EXTRACTANTS ON THE COMPOSITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF EXTRACTS FROM THE PULP OF BAOBAB FRUITS (*ADANSONIA DIGITATA L.*)

Abstract. BAS were extracted from the pulp of baobab fruits with ethyl alcohol and aqueous solutions of β -cyclodextrin, whey protein concentrate (WPC), heat-denatured WPC and WPC hydrolysate. Their composition and content in the extracts were determined using GC-MS. Different extraction efficiencies of fatty acids, phenolic and nitrogen-containing compounds were shown depending on the extractant used.

Баобаб называют суперфруктом. Сегодня это одно из наиболее популярных дополнений к здоровой пище, которое делает ее еще более полезной. Такой положительной репутации баобаба способствует его состав, в который входят большое количество антиоксидантов, кальция и витамина С. В состав мякоти плодов баобаба входят аминокислоты: аргинин, валин, глутаминовая кислота, изолейцин, гистидин, лизин, лейцин, метионин, пролин, треонин, тироксин, триптофан, цистеин. Минералы в составе порошка баобаба: железо, кальций, калий, марганец, магний, натрий, фосфор, цинк. Витамины, которыми богат баобаб: каротин, В1, В2, В6, РР, С. Кроме этого, в плодах содержится: глюкоза, крахмал, мальтоза, сахароза, полисахариды, фруктоза. В африканской традиционной медицине мякоть плодов баобаба используется как жаропонижающее, противодизентерийное, потогонное, иммуностимулирующее, противовоспалительное, обезболивающее и пробиотическое средство. Мякоть обладает многочисленными лечебными свойствами, такими как антиоксидантная активность, гепатопротекторный эффект, кардиопротекторный эффект и антидиабетический и антихолестериновый потенциал [1 - 4].

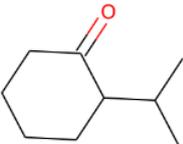
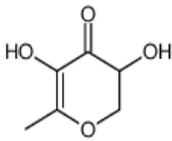
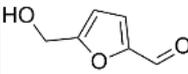
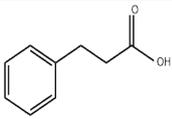
Цель работы. Получение экстрактов биологически активных веществ из мякоти плодов баобаба (МПБ) с использованием: этилового спирта и водных растворов β -циклодекстрина (ЦД), концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ (ТКСБ) и гидролизата КСБ (ГКСБ).

Для приготовления экстрактов к 1,5 г мякоти плодов баобаба добавляли 40 мл экстрагента: этилового спирта, ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ в концентрации 1,0%. Экстрагировали при 45°C 2 часа. Полученные экстракты лиофильно высушивали. К лиофильно

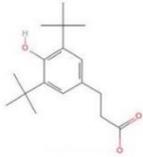
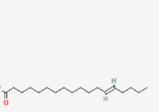
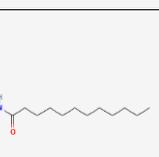
высушенному образцу добавляли метанол для экстракции БАВ (1:10). Полученный метанольный экстракт фильтровали через фильтр 0,45 мкм. Состав и содержание БАВ исследовали с использованием ГХ-МС анализа.

Использование в качестве экстрагентов БАВ из МПБ водных растворов ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ показало их различную эффективности в связывании жирных кислот, фенольных и азотсодержащих соединений. В таблице представлены результаты анализа основных веществ из состава БАВ, полученных с использованием одинаковых концентратов экстрагентов.

Таблица – Состав и содержание основных биологически активных веществ, экстрагированных из мякоти плодов баобаба этанолом, ЦД, КСБ, ТКСБ, ГКСБ по результатам ГХ-МС анализа, мкг/мл

Время удержания, мин	Вещество, CAS, молекулярная формула, молекулярная масса	Стр. Формула	EtOH, мкг/мл	ЦД 1%, мкг/мл	КСБ 1%, мкг/мл	ТКСБ 1%, мкг/мл	ГКСБ 1%, мкг/мл
5.352	Cyclohexanone, 2-(1-methylethyl)-, 001004-77-9 C₉H₁₆O , 140.22		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	7.34
6.541	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-, 028564-83-2, C ₆ H ₈ O ₄ , 144.125		12.86	12.72	16.08	8.49	17.33
7.441	5-Hydroxy methylfurfural, 000067-47-0, C ₆ H ₆ O ₃ , 126.110		4.90	15.61	н.д.	н.д.	н.д.
8.521	Hydrocinnamic acid, 000501-52-0, C ₉ H ₁₀ O ₂ , 150.174		1.65	н.д.	н.д.	22.75	н.д.

9.723	D-erythro-Pentose, 2-deoxy-, 000533-67-5, C5H10O4 , 134.13		н.д.	н.д.	15.66	н.д.	н.д.
9.785	N1-(4-hydroxybutyl)-N3-methylguanidine acetate, 1000188-13-5, C8H19N3O3, 205.26		12.31	13.63	н.д.	н.д.	н.д.
10.645	Dodecanoic acid, 000143-07-7, C12H24O2, 200.32		1.17	н.д.	0.79	1.27	н.д.
10.899	.beta.-D-Glucopyranoside, methyl, 000709-50-2, C7H14O6 , 194.18		н.д.	н.д.	2.99	1.48	н.д.
11.119	3-Deoxy-d-mannoic lactone, 1000127-87-1, C6H10O5, 162.1406		н.д.	5.70	7.86	2.56	3.08
12.329	Tetradecanoic acid, 000544-63-8, C14H28O2, 229.364		1.88	0.84	0.46	3.64	0.89
13.587	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione, 082304-66-3, C17H24O3, 276.4		2.43	2.27	1.69	1.51	2.20
13.862	n-Hexadecanoic acid, 000057-10-3, C16H32O2, 256.4241		7.78	3.64	3.72	11.79	3.48

14.075	3,5-di-tert-Butyl-4hydroxyphenylpropionic acid, 020170-32-5, $C_{17}H_{26}O_3$, 278.4		1.33	0.97	0.81	1.38	0.99
15.250	Octadecanoic acid, 000057-11-4, $C_{18}H_{36}O_2$, 284.5		1.87	н.д.	0.44	2.64	0.50
16.357	Ricinoleic acid, 000141-22-0, $C_{18}H_{34}O_3$, 298.461		0.24	0.91	н.д.	0.21	0.71
16.577	9-Octadecanamide, (Z)-, 000301-02-0, $C_{31}H_{61}NO$, 463.8		7.72	11.56	8.19	2.08	1.38
Общее содержание алифатических соединителей, %			32,97	30,67	29,26	21,63	6,96
Общее содержание циклических соединений,%			23,17	32,27	29,43	38,17	35,04

Сравнительный анализ эффективности экстракции БАВ из МПБ, представленный в таблице, показал значительное различие использования 1% раствора ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ по отношению к спиртовому экстракту. Использование органических экстрагентов: этанола или этилацетата, позволяет получить из МПБ экстракт, содержащий большой спектр БАВ, которые проявляют различную биологическую активность. Вместе с тем, в пищевых технологиях использование в качестве экстрагента этилового спирта нецелесообразно. Для экстракции биологически активных веществ из плодов баобаба могут быть использованы водные растворы белков сыворотки молока и их производные, а также циклодекстрин. За счет образования комплекса включения ЦД с фенольными соединениями и ненасыщенными жирными кислотами в полученном экстракте значительно увеличивается их содержание, в сравнении со спиртовым экстрактом. Полученный экстракт может применяться в качестве биологической добавки. Применение водного раствора КСБ создает преимущество в экстрагировании фенольных соединений, при этом выход жирных ненасыщенных кислот значительно снижался. Такой

молочный продукт, обогащенный фенольными соединениями из МПБ может использоваться в качестве функционального напитка. При термической денатурации КСБ белки, входящие в его состав, приобретают гидрофобные свойства и способны связывать гидрофобные соединения. Благодаря этому ТКСБ увеличивает экстракцию из МПБ насыщенных жирных кислот и других соединений, что позволяет его использовать в качестве обогащенного молочного напитка. Гидролизат КСБ содержит низкомолекулярные пептиды, которые проявляют гипоаллергенные, антиоксидантные, антимуtagenные и другие свойства. Его использование в качестве экстрагента БАВ из МПБ позволяет значительно увеличить его антиоксидантные свойства, за счет увеличения содержания полярных фенольных соединений. Таким образом, использование водных растворов белков молока позволяет получить экстракты биологически активных веществ из МПБ, которые могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания.

Список использованных источников

1. Datsugwai, M.S. & Yusuf, A.S., (2017) Phytochemical analysis and antimicrobial activity of baobab (*Adansonia digitata*) leaves and stem bark extracts on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* / Journal of BioScience and Biotechnology, 6(1), 9–16.
2. Abdallah, M. & Ali, M., (2018) Antibacterial activity of leaf and stem bark extracts of *Adansonia digitata* against *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* grown in Potiskum, Yobe State, Nigeria / Annals of Microbiology and Infectious Diseases, 1(4), 1–7.
3. Lisao, K., Geldenhuys, C.J. & Chirwa, P.W., (2017) Traditional uses and local perspectives on baobab (*Adansonia digitata*) population structure by selected ethnic groups in northern Namibia / South African Journal of Botany, 113, 449–456. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.014>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМОЛ НА
ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ**

***Аннотация.** Большинство машин, механизмов, а также строительных конструкций нуждаются в демпфировании. Полимерные композиционные материалы на основе термоэластопластов обладают высокими диссипативными свойствами. Целью данного исследования является изучение влияния смол на динамические механические характеристики полимерных композиционных материалов на основе термоэластопластов.*

Yu.V. Yurkin, D.A. Varankina, R.S. Rogozhkin

Vyatka State University
Kirov, Russia

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF RESINS ON THE
DYNAMIC MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE
MATERIALS BASED ON THERMOPLASTIC ELASTOMERS**

***Abstract.** Most machines, mechanisms, and building structures need damping. Polymer composite materials based on thermoplastic elastomers have high dissipative properties. The purpose of this study is to study the effect of resins on the dynamic mechanical characteristics of polymer composite materials based on thermoplastic elastomers.*

Введение. Развитие машино- и станкостроения, строительной отрасли и транспортной инфраструктуры Российской Федерации непрерывно связано с увеличением шумов и вибраций, снижающих надежность работы машин и механизмов, а также приводящих к разрушению различных конструкций в зданиях и сооружениях [1]. Таким образом, большинство машин, механизмов, а также строительных конструкций нуждаются в демпфировании для снижения вынужденных колебаний, возникающих под действием внешних сил [2].

Перспективный способ снижения влияния вибраций на различные механизмы и конструкции – применение систем пассивного рассеивания энергии. В пассивных системах рассеивания энергии для снижения уровня вибрации успешно применяются различные вибропоглощающие полимерные композиционные материалы (ПКМ).

В отличие от металлов и их сплавов композитные материалы обладают лучшими диссипативными свойствами, а их логарифмический декремент затухания на порядок выше, чем у металлов [3].

В настоящее время при исследованиях наибольшее внимание уделяется разработке ПКМ на основе термоэластопластов (ТЭП). ТЭП представляют собой группу материалов, способных в процессе эксплуатации к большим обратимым деформациям, подобно резинам, и способные к вторичной переработке, подобно пластикам [4].

Одной из проблем получения вибродемпфирующих материалов на основе ТЭП является тот факт, что эффективность их вибропоглощающих свойств изменяется в зависимости от температурного режима эксплуатации. В статье [5] показано, что ПКМ на основе стирольных термоэластопластов обладают высокими демпфирующими свойствами в области отрицательных температур (от -80°C до -15°C). Однако, с помощью различных компонентов, например, смол, возможно сместить температурный диапазон эффективного вибропоглощения.

Цель данного исследования:

1. Изучить влияние смол на основные динамические механические свойства полимерной основы;
2. Изучить влияние смол на температурный диапазон эффективного вибропоглощения ПКМ на основе ТЭП.

Методы исследования. В качестве базового полимера была использована композиция стирольного ТЭП SIS Vector 4113 NS (Производство TRSC Specialty Materials LLC) и полипропилена марки H030GP (производство «СИБУР»). В качестве модификатора была использована смола марки Hikorez C-1100 (производство «Руспласт»). Состав композиций представлен в таблице 1.

Таблица 1 -Состав композиций

Ингредиент	Базовый состав SV4113(80) PP(20)	Состав №1 SV4113(80) PP(20) H(10)	Состав №2 SV4113(80) PP(20) H(20)	Состав №3 SV4113(80) PP(20) H(30)
SIS Vector 4113NS	80	80	80	80
Полипропилен марки H030GP	20	20	20	20
Смола Hikorez C-1100	-	10	20	30

Для проведения испытаний компоненты смеси смешивали в микромиксере типа Brabender при температуре 180°C в течение 15

минут. Для последующих испытаний материалов образцы отливались на лабораторном термопластавтомате серии SZS при температуре 190 °С и давлении впрыска 5 атмосфер.

Механические испытания при растяжении (максимальное удлинение и максимальная прочность) проводили с использованием Autograph AG–X 5 kN tensile testing machine by Shimadzu (Kyoto, Japan) при комнатной температуре и скорости движения активного захвата 500 мм/мин на образцах в форме гантелей в соответствии с ГОСТ 270-75.

Результаты исследований, их обсуждение. Для каждой композиции были проведены испытания на разрывной машине на образцах в форме гантелей.

На рис. 1 представлено исследование влияния количества смолы на основные динамические механические свойства полимерной основы.

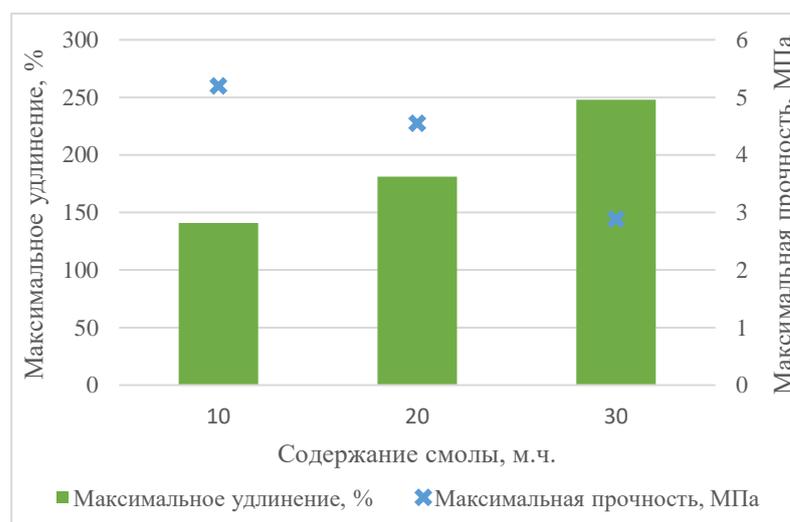


Рис. 1 - Влияние количества смолы на максимальное удлинение и максимальную прочность материала.

В результате исследования выявлено, что с ростом количества смолы увеличивалось максимальное удлинение и уменьшалась максимальная прочность композита. Для использования материала в качестве демпфирующей подкладки необходимо, чтобы материал обладал достаточно высокой прочностью. В связи с чем изучение влияния смолы на температурный диапазон эффективного вибропоглощения проводили на составе №1 с наименьшим количеством смолы.

Для определения температуры стеклования и основных вязкоупругих свойств полимера воспользовались методом динамического механического анализа. Динамический механический

анализ (ДМА) проводили согласно ASTM D7028-07(2015) на динамическом механическом анализаторе DMA 242C/1/F, фирма NETZSCH на образцах размерами не менее 5 мм в диаметре и 2 мм толщиной.

Режимы испытаний образцов: температурный диапазон испытаний – от - 80°С до + 80°С; изменение температуры – 1-2 градуса в минуту; частота испытаний – 0,1; 1; 10 и 100 ГЦ; нагрузка на образец – 5 Н.

Для базового состава и состава №1 были проведены испытания на динамическом механическом анализаторе.

На рисунке 2 представлено исследование влияния смолы на удельную демпфирующую способность материала и температурный диапазон эффективного вибропоглощения.

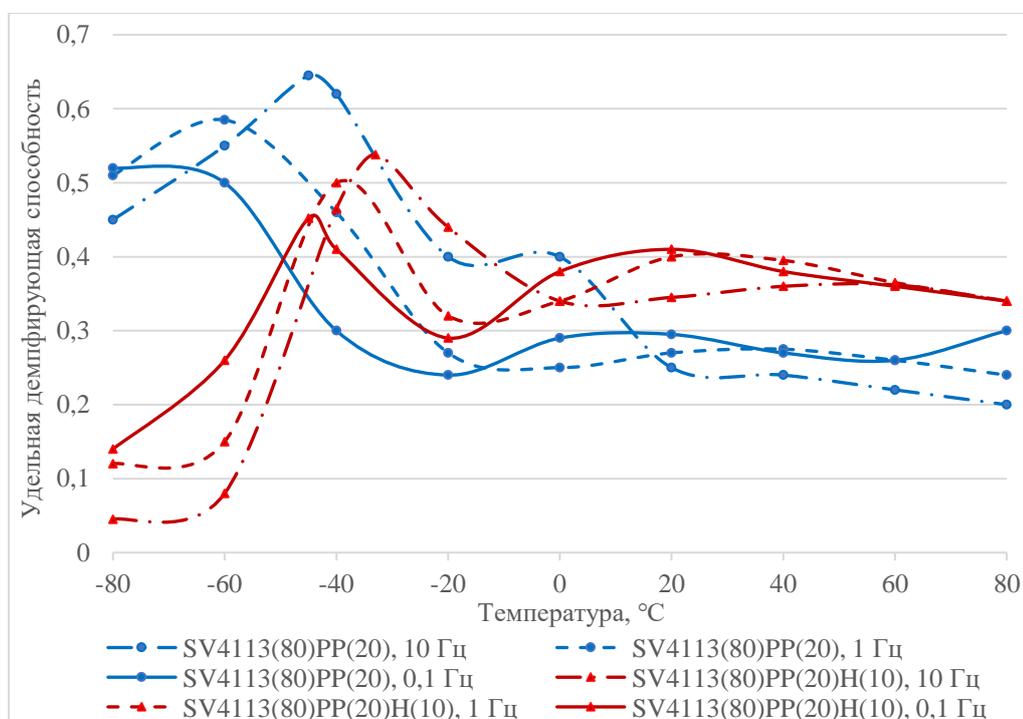


Рис. 2- Влияние смолы на удельную демпфирующую способность материала и температурный диапазон эффективного вибропоглощения.

В результате проведенного исследования выявлено, что смола смещает диапазон эффективного вибропоглощения композита в область более высоких температур. Значения удельной демпфирующей способности композита со смолой в зоне положительных температур выше, чем у базового состава. Однако при этом значение максимальной удельной демпфирующей способности композита снижается.

С увеличением частоты колебаний росла и удельная

демпфирующая способность композита. Пик удельной демпфирующей способности при этом смещался в зону более положительных температур. Характер изменения динамических-механических характеристик в зависимости от частоты был одинаков и для базового состава, и для состава со смолой.

Выводы.

1. Увеличение количества смолы приводит к росту максимального удлинения и снижению максимальной прочности композита.

2. Смола смещает диапазон эффективного вибропоглощения композита в область более высоких температур. Значения удельной демпфирующей способности композита со смолой в зоне положительных температур выше, чем у базового состава. Однако при этом значение максимальной удельной демпфирующей способности композита снижается.

Список использованных источников

1. Исследование влияния состава и структуры ПКМ с повышенными вибропоглощающими свойствами на его демпфирующие механические характеристики / В. А. Сагомонова, С. С. Долгополов, В. В. Целикин, А. Е. Сорокин // Пластические массы. №1-2, 2022. С. 10–13.

2. Современные тенденции развития научных исследований по проблемам машиноведения и машиностроения / Н. А. Махутов, В. П. Петров, В. И. Куксова, Г. В. Москвитин // Проблемы машиностроения и автоматизации. №3, 2008. С. 16–37.

3. Демпфирующие характеристики композитных конструкционных материалов, изготовленных намоткой / А. Г. Демешкин, М. Е. Козеко, В. М. Корнев, В. Д. Кургузов // Прикладная механика и техническая физика. Т. 42, №1, 2001. С. 190–195.

4. Современные полимерные композиционные материалы и их применение / А. С. Колосова, М. К. Сокольская, И. А. Виткалова, А. С. Торлова, Е. С. Пикалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. №5, 2018. С. 245–256.

5. Анализ динамических и механических характеристик стирольных термоэластопластов (ТЭП) / Ю. В. Юркин, В. В. Авдонин, Е. С. Широкова // Региональная архитектура и строительство. №4(57), 2023. С. 135–142.

П.Н. Перфильев¹, Д.А. Савенков², С.А.Голякевич³

¹Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова

²ООО Открытый лес
Архангельск, Россия

³Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

МЕТОДИКА УЧЁТА ДРЕВЕСИНЫ НА УДАЛЁННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРМИНАЛАХ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье рассмотрена методика определения объемов круглых лесоматериалов с использованием беспилотных летательных аппаратов и современного программного обеспечения Agisoft и ArcGIS.

P.N. Perfiliev¹, D.A. Savenkov², S.A. Golyakevich³

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

²Open Forest LLC
Arkhangelsk, Russia

³Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

METHODOLOGY FOR ACCOUNTING WOOD AT REMOTE FOREST TERMINALS USING UNMANNED TECHNOLOGIES

Abstract. The article discusses the methodology for determining the volume of round timber using unmanned aerial vehicles and modern software Agisoft and ArcGIS.

В Российской Федерации значительна площадь лесных массивов. По различным оценкам, ежегодный объём заготовки круглого леса составляет примерно 220 млн м³ [1]. Это говорит о значительном потенциале страны в сфере лесозаготовки и деревообработки. Логистика передвижения круглых лесоматериалов с лесосеки до деревообрабатывающего предприятия предполагает необходимость точного учета лесопродукции. Существует множество методов учёта лесопродукции [1]. В большинстве лесозаготовительных предприятий учет происходит в «ручном» режиме, а на деревообрабатывающих предприятиях работают специализированные сканеры, вследствие этого возникают погрешности в объёмах при передаче круглых лесоматериалов с лесосеки на переработку. Проблема учета круглых лесоматериалов является очень актуальной.

В настоящее время разрабатываются новые методы учета древесины, использующие технологии автоматизированного учета. Одной из самых инновационных, является технология учета древесины с применением беспилотного летального аппарата. Данный метод позволяет определить объем штабеля круглых лесоматериалов, уложенных на складе деревоперерабатывающих производств, верхних, нижних и промежуточных складах лесозаготовительного процесса, баржах и т.д. Очень актуально использовать учет с помощью БПЛА в технологиях сезонной лесозаготовки и деревопереработки древесины на удалённых лесных терминалах [2]. На таких терминалах организуется переработка древесины. По вопросу разработки и внедрения технологий использования лесных терминалов при сезонных лесозаготовках продолжает работать большое количество учёных. Из них отдельно стоит выделить: профессор И.В. Григорьев, профессор С. А. Угрюмов; доцент Д.А. Ильюшенко; профессор О.А. Куницкая; доцент В.М. Меркелов; доцент А.Н. Заикин и др. [2,3,4,5].

Исследование проведено на третьем участке лесопромышленного предприятия ЗАО «Лесозавод 25». Измерения проведены с помощью квадрокоптера DJI Mavic Air2. В приложении Drone Deploy заданы необходимые характеристики для полета и процесса фотосъемки (местность съемки, область полета, путевые точки, степень перекрытия, направление и скорость полета, отклонение полета) Фрагмент настроек, процесс выделения области полета и пример фото, сделанного квадрокоптером в процессе полета над штабелем представлен на рис. 1.



Рис. 1 - Съемка с помощью БПЛА

С помощью программного обеспечения Agisoft выполнена фотограмметрическая обработка полученных с квадрокоптера данных (выровнены полученные снимки, построено плотное облако точек, построена цифровая модель местности (ЦММ) и ортофотоплан). Ортофотоплан показан на рис.2.



Рис. 2 - Ортофотоплан

Полученные ЦММ и ортофотоплан обработаны с помощью программного обеспечения ArcGIS. В этом цифровом решении определен складочный объем штабеля. Пример определения объема штабеля на основе ЦММ представлен на рис. 3.

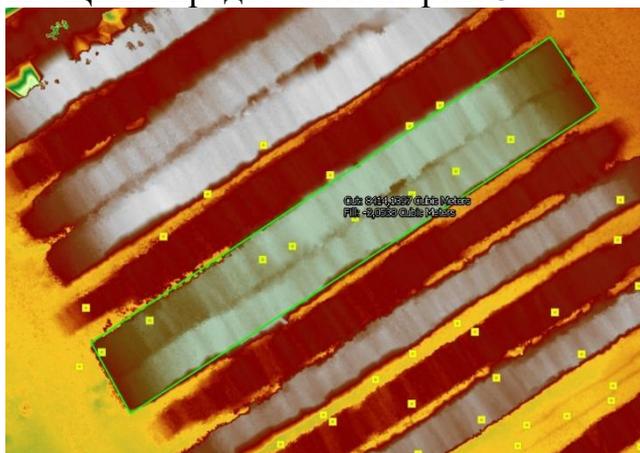


Рис. 3 - Определение объема штабеля на основе ЦММ

На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что на данном этапе развития метод учета древесины с помощью БПЛА рекомендуется использовать при больших объемах круглых лесоматериалов, подлежащей учету, так как сам процесс обработки данных может занимать достаточно большое количество ресурсов (требуется достаточно высокопроизводительное и современное оборудование позволяющее быстро и качественно обрабатывать большой массив данных). Кроме того, для использования данного метода требуется специальная квалификация учетчика, которая подразумевает собой умение управлять беспилотным летательным аппаратом и работать в специальных программах для обработки полученных данных. Но, несмотря на это данный метод представляет большой интерес для изучения и требует дальнейших апробаций.

Список использованных источников

1. Перфильева М.Г. Исследование фотометрического метода учета круглых лесоматериалов/ М.Г. Перфильева, П.Н. Перфильев // Сборник научных статей «Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых учёных – 2022» – Архангельск, САФУ, 2022. - с.381-384
2. Перфильев П.Н. Анализ транспортной обеспеченности лесных массивов Российской Федерации / П.Н. Перфильев, Н.О. Задраускайте, П.А. Посредников // Инженерные задачи: проблемы и пути решения. Материалы V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции Высшей инженерной школы САФУ, 2024. – с. 97-100
3. Куницкая О. А. Переработка древесины на мобильных линиях лесных терминалов / О.А. Куницкая, А.В. Помигуев // Вестник АГАТУ, №3 (3), 2021, – с. 82-99.
4. Локштанов Б.М. Терминалы на лесосеке и их функции / Б.М. Локштанов, В.В. Орлов, Д.А. Ильюшенко, С.А. Угрюмов // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции: в 2 частях. Том ч.1. Кострома, 2021, – с. 123-127.
5. Kunickaya O., Zyryanov M., Medvedev S., Mokhirev A., Spiridonova A., Perfiliev P., Teppoev A. Efficient Technologies for Harvesting and Reutilizing Logging Residues in Russia: A Sustainable Forestry Approach / Mathematical modelling of engineering problems / Mathematical Modelling of Engineering Problems 11(3), 2024, p. 745–753.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 2. «ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАТЕРИАЛОВ И ВЕЩЕСТВ, В ТОМ ЧИСЛЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЛИМЕРНЫХ, КОМПОЗИЦИОННЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ, ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И БИОТЕХНОЛОГИЙ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И БЕСПИЛОТНОЙ ТЕХНИКИ»

	<i>Стр</i>
<i>Мурадвердиева Л.А.</i> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АЗЕРБАЙДЖАНА.....	3
<i>Аннабердиев Ш.М., Рахмедов О.С.</i> РОБОТЫ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ.....	8
<i>Аннаев Б.О.</i> МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ПРОТЕЗОМ РУКИ.....	12
<i>Аннаныязова Г.С.</i> УПРОЩЕНИЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	16
<i>Atagulov A., Spirina Ye.A., Samoylova I.A.</i> ARTIFICIAL INTELLIGENCE: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES.....	21
<i>Басистый И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ	23
<i>Безбородов В.С., Михалёнок С.Г., Кузьменок Н.М., Лапаник В.И.</i> ХИРАЛЬНЫЕ МЕЗОМОРФНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: СИНТЕЗ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	27
<i>Берестовая А.А., Шавшина А.Н., Кара А.В., Светлаков О.Ю., Журавлев С.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $CoSO_4-Al_2(SO_4)_3-Na_2O_2$	32
<i>Боброва В.В., Касперович А.В., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В., Казаков Ю.М., Стоянов О.В., Вернигоров К.Б.</i> УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНЫХ РЕЗИН, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА РИСА.....	36
<i>Бышик А.А., Дормешкин О.Б., Гаврилюк А.Н., Мохорт М.С.</i> БУРЫЕ УГЛИ БЕЛАРУСИ, КАК СЫРЬЕВОЙ ИСТОЧНИК ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	41
<i>Везицкая А.В., Ламоткин С.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ТРАДИЦИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И ПРОДУКТОВ-ЗАМЕНИТЕЛЕЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ДИЕТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	46
<i>Ли В.Р.</i> ПРОБЛЕМЫ КОРРЕЛЯЦИИ ОСАДОЧНЫХ РАЗРЕЗОВ МОРСКИХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ФАНОРОЗОЯ.....	50
<i>Ли В.Р.</i> К КЛАССИФИКАЦИИ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	54
<i>Ли В.Р.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ.....	58

<i>Французова А.М., Россоха Е.В.</i> ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА ДОСТУПНОСТИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	62
<i>Глазкова Г.Н. Патрикян В.С., Сыч Н.М., Берестовский М.А., Марденюк А.И.</i> БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ.....	65
<i>Григорян Р.Э., Курченко В.П., Чудновская Е.В., Головнева Н.А., Салманова Д.А., Ржепаковский И.В., Алиева Л.Р., Лодыгин А.Д., Евдокимов И.А.</i> ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОКАПСУЛ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ С <i>LACTIPLANTIBACILLUS ACIDOPHILUS</i> В ОБОЛОЧКУ АЛЬГИНАТА КАЛЬЦИЯ.....	71
<i>Гринюк Д.А., Петручук П.Д., Олиферович Н.М., Сухорукова И.Г.</i> НАСТРОЙКА АДАПТИВНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРЕНДОВ.....	75
<i>Дубоделова Е.В., Рассолько В.Э., Грошев И.М., Дойлин Ю.В., Тарутько К.И., Ревин В.В.</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОКЛЕЕВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ЛИСТОВЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	81
<i>Ещенко Л.С., Воронцов Р.А.</i> ПРОДУКТЫ И ПРОЦЕССЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА.....	86
<i>Жилинский В.В., Остапук О.О., Яскельчик В.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ УПРОЧНЯЮЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	90
<i>Жолнеркевич В.И., Шрубок А.О., Кузёмкин Д.В., Михайловский А.О.</i> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТА АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ ГУДРОНА.....	94
<i>Зернов Я.Г., Капустина О.В., Писарев С.М., Лембиков А.О., Пономарева Е.А., Шурыгин А.В.</i> КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА, ДИСПЕРСИОННО УПРОЧНЕННЫЙ ПОРОШКАМИ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКИ (W, Ti, Ta, Cr) С, ПОЛУЧЕННОЙ ИСКРОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ СПЕКАНИЕМ.....	98
<i>Ибрагимов Т.З., Санин С.С., Рулева О.М., Корнева Л.Г., Карлова Л.В.</i> СИНТЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ В ФИТОСАНИТАРНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ.....	102
<i>Исаева Е.И., Ревин В.В., Мокшин Е.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЛАГОПОГЛОЩАЮЩИХ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	106
<i>Калиниченко А.С., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И., Карпова И.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	112
<i>Кан К.Э.</i> МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТОВ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКОЙ.....	117
<i>Капустина О.В., Зернов Я.Г., Писарев С.М., Шичалин О.О.</i> МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ.....	122

<i>Касперович О.М., Искрицкая А.В., Касперович А.В., Петрушеня А.Ф., Марковская Е.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОИСТЫМИ СИЛИКАТАМИ.....	126
<i>Kozhuhova E.A., Spirina Ye.A., Samoylova I.A.</i> A PROJECT-BASED LEARNING TO TEACHING STUDENTS.....	131
<i>Кан К.Э.</i> ПОВЫШЕНИЕ ГАЗООТДАЧИ ПЛАСТОВ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПЛАСТА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ДАВЛЕНИЯХ.....	136
<i>Корельский Л.С., Голубев А.Г., Понкратов А.Д.</i> ПРОБЛЕМА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И ДЕФИЦИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	140
<i>Коростышевская Е.М., Стоянова О.В., Афанасьева О.Н.</i> СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И БЕЛАРУСИ В КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ.....	145
<i>Кузнецова И.О., Шлятина Ю.В., Шабоха С.Л.</i> ПРИМЕНЕНИЕ IT-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ – ДЛЯ СБОРА АНАМНЕЗА, ДИАГНОСТИКИ И УЧЕТА ПАЦИЕНТОВ.....	150
<i>Куис Д.В., Латушкина С.Д., Посылкина О.И., Гордиенко Д.Д., Раковец А.С., Цынкович О.Ю., Белан М.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА Ti-Al-Cr-Fe-Ni.....	152
<i>Куликов К.С., Миличко В.А., Кенжебаева Ю.А.</i> ДИНАМИКА ОПТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ТОНКИХ СЛОЕВ ГИБКИХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ.....	157
<i>Латушкина С.Д., Куис Д.В., Посылкина О.И., Сечко И.А., Гордиенко Д.Д., Раковец А.С., Цынкович О.Ю.</i> РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ti-Cr-N, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ.....	161
<i>Latyshev O.Yu., Latysheva P.A., Luisetto M., Mashori G.R.</i> IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF SOCIALLY VULNERABLE CATEGORIES OF THE POPULATION BASED ON THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES.....	166
<i>Левицкий И.А., Дяденко М.В., Козловская А.А.</i> ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	171
<i>Лежнев С.Н., Найзабеков А.Б., Куис Д.В., Толкушкин А.О., Панин Е.А., Арбуз А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ ВИНТОВОЙ АРМАТУРЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ НОВОЙ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ «РАДИАЛЬНО-СДВИГОВАЯ ПРОКАТКА – СКРУЧИВАНИЕ В ВИНТОВОЙ МАТРИЦЕ».....	176
<i>Ленартович Л.А., Прокопчук Н.Р., Тригубович А.М., Чепелевич Е.А.</i> ПОВЕРХНОСТНОЕ ОКРАШИВАНИЕ ПЭТ-ВОЛОКОН.....	181
<i>Леонович О.К., Дупанов С.А., Шевчук М.О., Божелко И.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СООРУЖЕНИЙ X-XI ВЕКОВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ГОРОДИЩЕ СЕЛИЩЕ.....	184
<i>Логвинова Э.В., Болтовский В.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ КЛЕТЧАТКИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ФЕРМЕНТОВ.....	189

<i>Логинов К.О., Лясников К.О., Чернышова О.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОГО ОКСИДА NiTa_2O_6 МЕТОДОМ ГИДРОЛИЗА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АЛКОКСОПРОИЗВОДНОГО НИКЕЛЯ-ТАНТАЛА.....	193
<i>Калиниченко А.С., Лугин В.Г., Королев А.Ю., Карпович Т.Л.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.....	197
<i>Михайлова Т.С., Моисеева Т.А., Жирнов В.Н., Клещин Д.В., Мясоедова Т.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙ - УГЛЕРОДНЫХ ПЛЁНОК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАРОВ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ.....	203
<i>Морюхов В.Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТАЦИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ДЕФОРМАЦИОННЫМ УПРОЧНЕНИЕМ.....	207
<i>Вохмянин М.А., Козлов Е.В., Рожкова Д.А., Невиницына В.С., Савельев С.М., Лазарева Я.О.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЫ КАРЕТКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ NIWIN NGH 15 САЗАН.....	211
<i>Никитенко А.Н., Литвина С.М., Ламоткин С.А., Бабодей В.Н., Пчельникова А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ИХ ОКИСЛЕНИЕ	216
<i>Ning Yulin, Grintsevich L.V.</i> DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A FACTOR IN INCREASING THE STABILITY OF THE LOGICAL ROUTE.....	221
<i>Новик О.В., Борисевич А.О., Войтехович В.О.</i> ПРОПИТАШКА: РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАМ-БОТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПЛАНА ПИТАНИЯ И ТРЕНИРОВОК.....	225
<i>Озерова Н.В., Сосновский М.Д., Хочуев Р.А., Дудогло М.И., Басистый А.А., Шахбанов А.Т., Очиров Б.М.</i> ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС ДЛЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	229
<i>Олиферович Н.М., Гринюк Д.А., Станкевич Я.П., Оробей И.О.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ.....	234
<i>Осипенко М.А., Богдан Е.О., Цыганов А.Р., Курило И.И.</i> ИНГИБИРОВАНИЕ МОЛИБДАТОМ НАТРИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ МАГНИЕВОГО СПЛАВА AZ31 В 0,05 М NaCl.....	239
<i>Павлюкевич Ю.Г., Папко Л.Ф., Кравчук А.П., Панцевич М.В.</i> ОПТИЧЕСКИЕ СТЕКЛА С ПОВЫШЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ.....	244
<i>Паньков В.В., Полын И.Ю., Иващенко Д.В., Окунев И.С.</i> МИКРОСФЕРЫ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ: СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ.....	249
<i>Пентковский И.С., Полоз И.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДИЗАЙНЕРОВ.....	253
<i>Пешкова О.А., Кленкова Д.А.</i> ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ	

ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАРТ.....	258
<i>Писарев С.М., Лембиков А.О., Зернов Я.Г., Пономарева Е.А., Грук В.А., Золотников С.К., Драньков А.Н., Капустина О.В.</i>	
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТИТАНА, АРМИРОВАННЫЙ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКОЙ (W-Ti-Ta)C.....	263
<i>Поспелов А.В., Касач А.А., Богдан Е.О., Курило И.И., Цыганов А.Р.</i>	
ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ХИМИЧЕСКОГО ФОСФАТИРОВАНИЯ СПЛАВА МАГНИЯ WE43 НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	267
<i>Пропольский Д.Э.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МОНОПОКРЫТИЕМ.....	271
<i>Рогожкин Р.С., Юркин Ю.В., Варанкина Д.А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛОТОЙ СЕРЫ НА СВОЙСТВА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧУКА.....	276
<i>Сапаралиева А.И., Хабибуллаев С.Ш.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА ПРОМЫСЛОВЫХ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ	279
<i>Сапаралиева А.И.</i>	
ПРОЦЕСС ПОМПАЖА НА ПРОМЫСЛОВЫХ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ	284
<i>Севостьянова Н.Т.</i>	
АЛКОКСИКАРБОНИЛИРОВАНИЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СИНТЕЗЕ ПОЛИМЕРОВ.....	287
<i>Севостьянова Н.Т., Баташев С.А.</i>	
СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ИЗ СПИРТОВ И СО В ПРИСУТСТВИИ ПАЛЛАДИЙ-ФОСФИНОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИЛЬНЫМИ ПРОТОННЫМИ КИСЛОТАМИ.....	292
<i>Сисько А.А., Щедрин И.А., Курченко В.П.</i>	
ЭКСТРАКЦИЯ БАВ ИЗ КОЖУРЫ ФИСТАШКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВ МОЛОКА И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ.....	297
<i>Скридлевская А.Д., Кулинич П.С.</i>	
УМНАЯ УПАКОВКА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТНОСПОСОБНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА.....	302
<i>Слободкина К.Н., Вольфсон С.И., Макаров Т.В., Вернигоров К.Б., Гарипов Р.М., Казаков Ю.М., Стоянов О.В.</i>	
КОМПОЗИЦИИ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА И ТИОКОЛА.....	308
<i>Сперанский Д.В., Гриневич Н.А.</i>	
СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАБОТАХ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ.....	310
<i>Стоянов О.В., Ефремов С.А., Бушков В.В., Вернигоров К.Б., Русанова С.Н., Казаков Ю.М.</i>	
МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ КОМПЛЕКСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ.....	314

Суѳханов Д.Д. РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ» НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32 И ПРОТОКОЛА MQTT.....	317
Тепикин Н.В., Чудинов С.А. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ.....	322
Толстиков Д.А. УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ РОСТОМ.....	326
Хошимов И.Е., Турдалиева Ш.И., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Раджабов Р. ГРАНУЛИРОВАННЫЙ КОРМОВОЙ МОНОКАЛЬЦИЙФОСФАТ НА ОСНОВЕ ОЧИЩЕННОЙ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ И КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ.....	331
Хансарыева О., Аллаберенова О., Реджепова О. МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ В РАДИОКАНАЛАХ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G.....	336
Хотько А.Н. ОСНОВЫ РЕЦИКЛИНГА В ТЕХНОПРИРОДНЫХ КЛАСТЕРАХ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПОЛИРОВКИ ХРУСТАЛЯ.....	339
Вураско А.В., Шерстобитов А.Л., Губанов И.А. ПОЛУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНОПЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ОРГАНСОЛЬВЕНТНЫМ СПОСОБОМ.....	344
Шутова Т.Г., Паньков В.В., Тимоненкова А.С., Драгун Р.С. НОВЫЙ МАГНИТНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОЙ КАРКАСНОЙ СТРУКТУРЫ ФУМАРАТА АЛЮМИНИЯ.....	348
Щедрин И.А., Сисько А.А., Курченко В.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ МЯКОТИ ПЛОДОВ БАОБАБА (<i>ADANSONIA DIGITATA L.</i>).....	352
Юркин Ю.В., Варанкина Д.А., Рогожкин Р.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМОЛ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ.....	358
Перфильев П.Н., Савенков Д.А., Голякевич С.А. МЕТОДИКА УЧЁТА ДРЕВЕСИНЫ НА УДАЛЁННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРМИНАЛАХ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	363

Научное издание

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ
НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК**

Сборник статей VII Международной научно-технической
конференции «Минские научные чтения-2024»

В 3-х томах

Том 2

Электронный ресурс

В авторской редакции

Компьютерная верстка:

А.С. Калиниченко, Т.Л. Карпович

Полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя
и распространителя печатных изданий

№1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.