

Тульский государственный университет
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ДОКЛАДЫ
XXVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

Тула
«Иновационные технологии»
2021

УДК 61
УДК 658.5
УДК 67

ББК 91.9

Приоритетные направления развития науки и технологий:
доклады XXVIII международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – 184 с.

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы развития инновационной деятельности, науки и технологий. Изложены аспекты современных энергосберегающих и ресурсосберегающих производственных технологий, рационального природопользования и экологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных и образовательных технологий для решения научных и прикладных задач.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

Редакционная коллегия

Академик РАН С.М. Алдошин, Академик РАН В.П. Мешалкин, д.т.н., проф. В.М. Панарин, д.т.н. А.А. Маслова, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, к.т.н. Е.И. Вакунин, к.т.н. А.Е. Коряков, В.М. Михайловский, А.П. Метелкин.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ISBN 978-5-6045071-2-4

© Авторы докладов, 2021
© Издательство «Инновационные технологии», 2021

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТОГО TiO₂, ПОЛУЧЕННОГО ПО РАСТВОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Н.Л. Овчинников¹, Н.Е. Кочкина², П.К. Жур¹, Н.А. Сурнин¹, М.Ф. Бутман¹

¹ Ивановский государственный химико-технологический университет,

² Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук,
г. Иваново

Аннотация. Предложена биомиметическая растворная технология получения фотокаталитического материала в виде биоморфных волокон оксида титана с иерархической структурой с использованием короткого льняного волокна в качестве биотемплата. Применение растворов гидроксокомплексов титана обеспечивало качественную пропитку темплата в гидротермальных условиях, которые способствовали зародышеобразованию фотоактивных фаз TiO₂ и термодеструкции пропитанного биотемплата при его последующем отжиге в интервале температур 500-700 °С. Обнаружено, что максимальная эффективность фотодеградациии родамина В под действием УФ-излучения наблюдалась для образца волокон TiO₂, отожженного при 600 °С и содержащего 40 % анатаза и 60 % рутила, который обеспечивал 100 % разложение красителя за 20 мин, что значительно превышает фотокаталитическую активность коммерческого фотокатализатора Degussa P25.

Среди различных фотоактивных материалов диоксид титана (TiO₂) признан одним из наиболее экологически чистых, недорогих и эффективных полупроводниковых фотокатализаторов для разложения или окисления органических загрязнителей в жидкой среде [1]. Для повышения фотокаталитической активности TiO₂ за счет усиления поглощения света, а также диффузии и адсорбции молекул реагентов в литературе предлагается подход, связанный с получением TiO₂ в виде материала с иерархической морфологической структурой [2]. Биомиметический метод является одним из наиболее эффективных, простых и дешевых способов получения материалов с иерархической морфологией. Он основан на использовании природных темплатов, которые пропитывают прекурсором с последующей сушкой и выжиганием.

Практически все известные биотемплантные методы получения TiO₂ с помощью целлюлозных материалов обязательно предполагают формирование слоя золя TiO₂ на волокне. Однако методы получения волокон TiO₂ посредством нанесения золя на целлюлозу отмечены рядом недостатков, таких как: высокая трудоемкость процесса, сложность процедур и проблема разрушения полых волокон в процессе их приготовления.

Существует подход к получению биоморфного TiO₂ с иерархической структурой, основанный на пропитке биотемплата – древесной целлюлозы –

раствором крупноразмерных гидролитических форм титана, которые эффективно сорбируются целлюлозным волокном. В литературе известно, что применение гидротермальной обработки на стадии пилларирования позволяет повысить степень кристалличности TiO_2 и, тем самым, улучшить фотокаталитические свойства получаемого материала. При использовании гидротермального воздействия в биотемплатном синтезе необходимо учитывать то обстоятельство, что получение устойчивых форм гидроксокомплексов титана требует существенно кислых сред. С этой точки зрения, в данной работе в качестве биотемплата выбрано кислотоустойчивое короткое льняное волокно, представляющее собой отход, остающийся после механической обработки льняной тресты. Льняное волокно имеет сложную мультимерную структуру с системой пор и капилляров и также включает элементарные целлюлозные волокна, которые как основные компоненты льна способны сорбировать из раствора поликатионы – прекурсоры фотокатализатора, а также ускорять нуклеацию и рост его частиц в гидротермальных условиях.

Целью настоящей работы было получение фотоактивного волокнистого TiO_2 биотемплатным методом посредством гидротермальной пропитки короткого льняного волокна раствором гидроксокомплексов титана. В работе выполнена оценка влияния гидротермальных воздействий, а также температуры отжига на структуру, текстурные свойства и фотокаталитическую активность по отношению к родамину Б полученных образцов TiO_2 .

Растворы прекурсоров готовили гидролизом хлорида титана при комнатной температуре. Интенсифицированную в гидротермальных условиях пропитку (5 часов при температуре 115 °С и давлении 170 кПа) коротких льняных волокон раствором полигидроксокомплексов титана – выполняли в автоклаве с фторопластовым вкладышем. За пропиткой следовало центрифугирование, сушка при 95 °С и прокаливание в печи при 500-700 °С на воздухе.

Морфология, структура и текстурные свойства полученных волокон TiO_2 охарактеризованы методами рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии и адсорбции/десорбции азота.

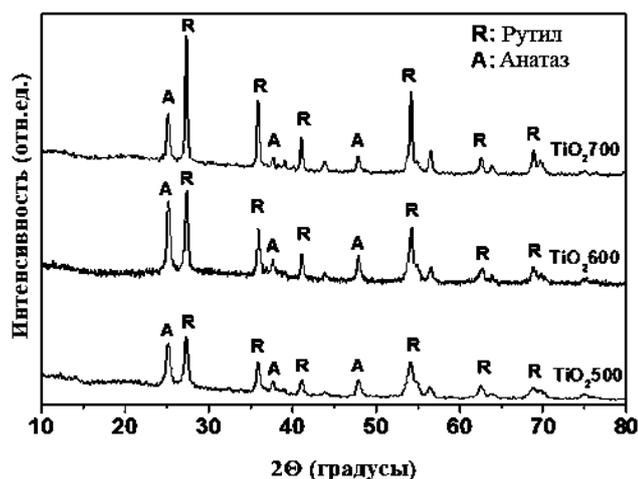
Фотокаталитическую активность полученных образцов волокнистого TiO_2 оценивали путем изучения скорости деструкции родамина Б (концентрация 12 мг/л) в водном растворе при воздействии УФ-излучения. Источником УФ-излучения служила ртутная лампа высокого давления мощностью 250 Вт (Philips) с максимумом излучения при 365 нм. Лампа, находящаяся в водоохлаждаемой кварцевой рубашке, располагалась по центру реакционной емкости. На дне реактора находилась магнитная мешалка, которая обеспечивала эффективное перемешивание реакционной массы. Реакционный раствор продували воздухом с постоянной скоростью для обеспечения в нем постоянной концентрации растворенного кислорода. Концентрацию красителя в растворах до и после обработки в фотокаталитическом реакторе определяли фотометрическим методом с использованием спектрофотометра.

Результаты исследования образцов оксида титана методом РФА для определения их фазового состава и размеров соответствующих кристаллитов представлены на рис. 1 и табл. 1.

Таблица 1

Фазовый состав и средний размер кристаллитов волокнистого TiO₂

Образец	Средний размер кристаллитов, нм		Фазовый состав, %	
	A	R	A	R
TiO ₂ 500	15.7	19.2	50	50
TiO ₂ 600	21.6	27.7	40	60
TiO ₂ 700	40.0	45.0	25	75

Рис.1. Дифрактограммы волокнистого TiO₂

Результаты демонстрируют, что повышение температуры отжига закономерно сопровождается превращением метастабильного анатаза в стабильный рутил. Одновременно рост температуры вызывает рост кристаллитов TiO₂.

Результаты исследования текстурных свойств волокнистых образцов TiO₂ методом низкотемпературной адсорбции/десорбции N₂ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные порометрии для образцов волокнистого TiO₂

Температура прокаливания, °С	S _{BET} (mesopores) (M ² /Г)	V _{Total} (см ³ /Г)	V _{ВЛН} (см ³ /Г)	D _p (нм)
TiO ₂ 500	30.21	0.094	0.089	7.71
TiO ₂ 600	29.23	0.093	0.088	7.69
TiO ₂ 700	17.46	0.066	0.055	7.29

Варьирование температуры отжига льняного темплата в диапазоне 500-600 °С оказывает слабое влияние на текстурные характеристики TiO₂. При 700 °С наблюдается существенное снижение значения площади удельной поверхности S_{BET}.

Морфологию исходного биотемплата и полученных волокон TiO₂ изучали методом СЭМ. На рис. 2 представлены изображения, демонстрирующие иерархическую структурную организацию исследованных образцов.

Клеточная стенка элементарного волокна состоит из сильно ориентированных мезофибрил целлюлозы толщиной около 200 нм, встроенных в матрицу, состоящую из гемицеллюлозы и лигнина. Кроме того, в стенке льняного волокна видны поры, размером до 250 нм. Образец волокнистого TiO_2 представляет собой керамическую реплику биотемплата, имеющую корпускулярно-губчатую текстуру и иерархическую организацию, которая характеризуется наличием агломерированных в продольном направлении кристаллитов с микро- и мезопорами между ними. Размер агломератов кристаллитов TiO_2 достаточно большой (около 500-700 мкм). При дальнейшем обжиге рост кристаллов продолжается и приводит к получению волокон оксида титана с кристаллитами, спеченными между собой в крупные агломераты.

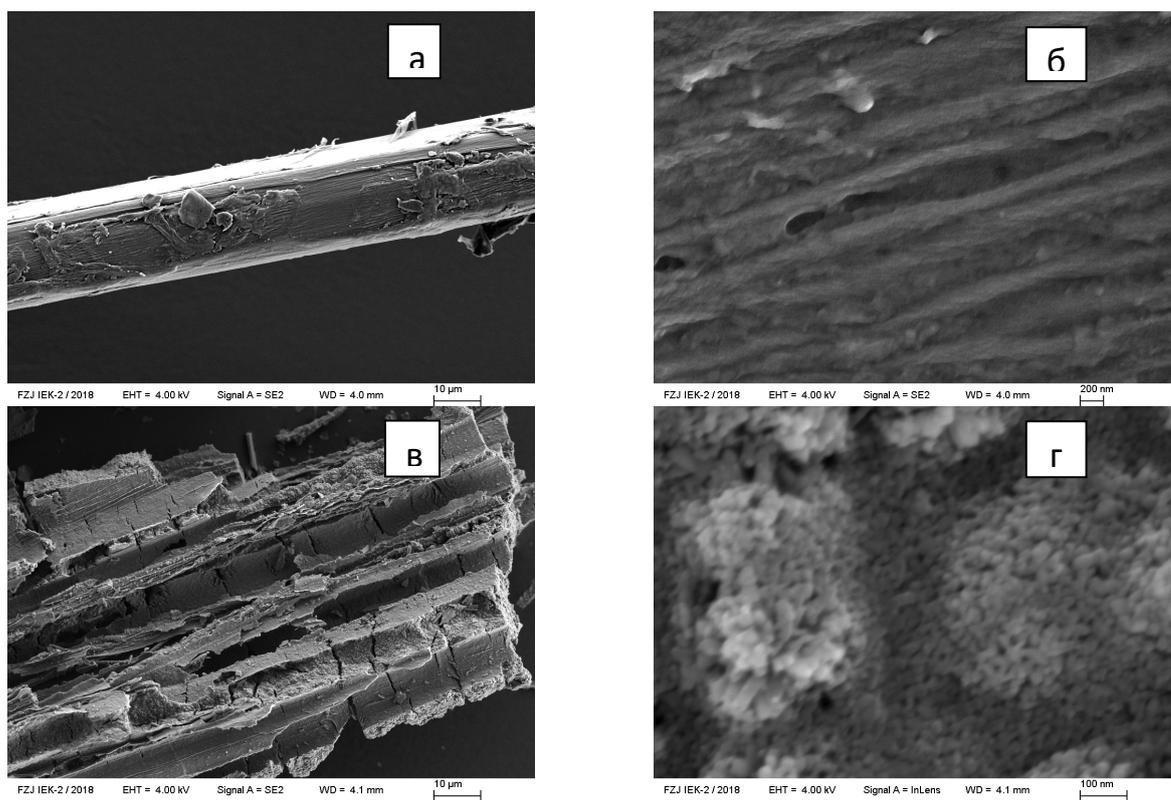


Рис.2. СЭМ изображения льняного темплата (а, б) и волокнистого TiO_2 (в, г)

Поскольку эффективность удаления красителя из водных растворов на фотокатализаторе определяется аддитивным процессом адсорбции и фотокатализа, то, прежде всего, исследовали кинетику адсорбции родамина Б образцами волокнистого TiO_2 (рис. 3). Кинетические кривые имеют сходный вид и отличаются только количеством адсорбированного вещества при равновесии, которое устанавливается во всех случаях в течение примерно 30 минут. Полученные данные по адсорбционной емкости хорошо коррелируют с текстурными свойствами фотокатализаторов (табл.2).

Результаты исследования процесса УФ-фотолиза красителя родамина Б в водном растворе в присутствии полученных фотокатализаторов после 30-минутной выдержки на адсорбцию представлены на рис.4. Как видно, все исследованные образцы волокнистого TiO_2 характеризуются улучшенной

фотокаталитической активностью в сравнении с коммерческим фотокатализатором Degussa P25. Среди всех синтезированных образцов волокнистого TiO_2 максимальная фотокаталитическая активность (100 % родамина Б удалялось за 20 минут) наблюдалась у волокон TiO_2 , отожженных при 600°C . Все образцы TiO_2 , полученные в данной работе, представляли собой смеси фаз анатаза и рутила, которые, как известно, более эффективны в фотокаталитическом процессе в сравнении с чистыми фазами TiO_2 , поскольку синергетический эффект между двумя фазами снижает эффект рекомбинации зарядов. Более того, в смешанной конфигурации анатаз/рутил решетки выравниваются, чтобы облегчить разделение зарядов, тем самым увеличивая фотокаталитическую активность смешаннофазного TiO_2 по сравнению с его отдельными фазами.

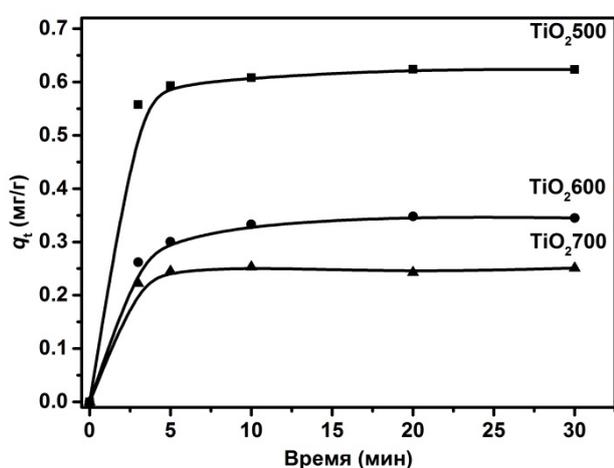


Рис.3. Кинетические кривые адсорбции красителя родамина Б при 20°C на образцах волокнистого TiO_2

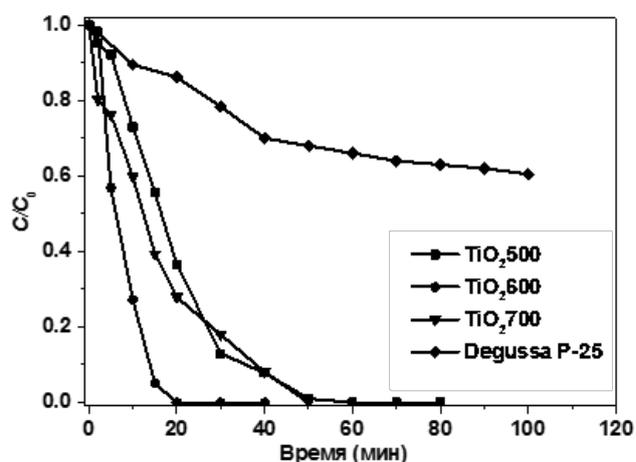


Рис.4. Фотокаталитическая деградация красителя родамина Б под действием УФ-излучения

Как видно из табл. 2, образцы TiO_2 500 и TiO_2 600 характеризуются близкими значениями $S_{\text{ВЕТ}}$ и размера пор. Однако TiO_2 600 имеет больший размер кристаллитов, что является фактором, положительно влияющим на фотокаталитическую активность, поскольку с увеличением размеров кристаллитов скорость аннигиляции электронно-дырочных пар уменьшается. Образец TiO_2 700 характеризуется наибольшим размером кристаллитов; однако у него величина $S_{\text{ВЕТ}}$ почти в два раза меньше.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2020-0010).

Список литературы

1. Maeda K. / *Catal. Sci. Technol.*, 2014. – Vol.4. – P. 1949-1953. DOI:10.1039/C4CY00251B.
2. Zhou H., Fan T., Zhang D. / *ChemSusChem.*, 2011. – Vol.4. – P. 1344-1387. DOI:10.1002/cssc.201100048.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТИМОГО ХАРАКТЕРА ФИТОТОКСИЧНОСТИ РЯДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РОСТ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В ПРИСУТСТВИИ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Л.Н. Савинова, С.П. Туляков, В.А. Векшина
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье систематизированы данные по фитотоксичности тяжелых металлов, доказано угнетающее влияние растворов солей тяжелых металлов на рост и биопродуктивность растений кресс-салата. Дано экспериментальное подтверждение обратимого характера металлотоксичности на примере кадмия и никеля при внесении минеральных и органических добавок.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, вызывающим деградацию природных систем и наносящим значительный ущерб здоровью человека. Результаты атомно-абсорбционных исследований состояния почв г. Тулы свидетельствуют о превышении содержания тяжелых металлов во всех пробах. Почва является основной средой, депонирующей ТТМ. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха, природных вод и растениеводческой продукции. В этой связи целью данной работы явилось изучение влияния токсичных тяжелых металлов на рост и развитие растений.

Систематизированы данные по фитотоксичности тяжелых металлов. Многие тяжелые металлы ингибируют активность ферментов, образуют комплексные органические соединения, способные проникать через клеточные мембраны, дают преципитаты с сульфатами, фосфатами, хелатообразные комплексы с обычными метаболитами, препятствуя обмену веществ, усиливают деградацию метаболитов, например, АТФ.

Экспериментально доказано угнетающее влияние растворов солей тяжелых металлов (10 ПДК) на рост и биопродуктивность растений кресс-салата.

Дано экспериментальное подтверждение обратимого характера металлотоксичности на примере кадмия и никеля при внесении минеральных и органических добавок. Полученные экспериментальные данные по влиянию солей тяжелых металлов (никеля и кадмия) на развитие растений кресс-салата свидетельствуют о том, что степень положительного воздействия используемых минеральных и органических добавок увеличивается в ряду: $\text{CaCO}_3 < \text{органические удобрения} < \text{CaCO}_3 + \text{органические удобрения} < \text{гумат калия}$.

Исследованы возможности коррекции содержания токсичных тяжелых металлов в почвах, в том числе экономичная и «мягкая» технология ремедиации почв методом фитоэкстракции. Систематизированы данные о возможности использования растений в качестве ремедиантов.

Разработана концептуальная модель технологии фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв.

Список литературы

1. <https://www.chem21.info/info/1415176/>
2. *Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. 295 с.*

БИОДИАГНОСТИКА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Л.Н. Савинова, С.П. Туляков, В.А. Векшина
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье проведены исследования количественных закономерностей влияния продуктов переработки нефти на протекание биохимических процессов в почве на примере ферментов протеазы и фосфатазы, на рост и развитие растений кресс-салата. Установлено, что содержание в почве нефтяных загрязнений замедляет прорастание семян кресс-салата и снижает их всхожесть.

Биологическая диагностика базируется на исследовании эффективности гомеостатических механизмов живых организмов, которые способны уловить присутствие стрессирующего воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы. Среди разнообразных методов биоиндикации почв, используемых при мониторинговых испытаниях, все большее значение приобретают методы, основанные на ферментативных реакциях, что обусловлено их высокой чувствительностью и экспрессностью. Активность почвенных ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов, и может быть использована в качестве диагностического показателя плодородия почв, степени загрязненности среды и нарушения в ней биологического равновесия.

Целью данной работы явилось изучение количественных закономерностей влияния продуктов переработки нефти на протекание биохимических процессов в почве, на рост и развитие растений кресс-салата.

Протеаза и фосфатаза относятся к классу гидролаз, широко распространенных в почвах и катализирующих реакцию гидролитического расщепления органических соединений, то есть определяющих интенсивность мобилизационных процессов и, таким образом, участвующих в обогащении почвы доступными для растений и микроорганизмов питательными веществами.

Протеазы (пептид – гидролазы) относятся к группе пептид- и амидогидролаз, которая осуществляет последовательно распад белковых веществ в почве с выделением аммиака. Протеазы в этом процессе катализируют расщепление белковых веществ до полипептидов и гидролиз последних до аминокислот. Соответственно, в первой части расщепления участвуют протеиназы, а во второй – пептидазы. Аминокислоты могут усваиваться непосредственно микроорганизмами и растениями и участвуют в образовании гуминовых веществ почвы. Протеазная активность выше в богатых органическим веществом и в более окультуренных почвах. Полагают, что для

дерново-подзолистых почв активность протеазы и уреазы может считаться объективным показателем уровня их окультуренности [1].

Фосфатазы (фосфогидролазы моноэфиров ортофосфорной кислоты) входят в группу фосфогидролаз, катализирующих гидролиз фосфорорганических веществ, которые не могут быть использованы растениями без предварительного расщепления и минерализации. Активность этих ферментов является показателем интенсивности биохимических процессов мобилизации почвенных органофосфатов. Установлена важная особенность этого адаптивного фермента: на почвах, более бедных подвижным фосфором, фосфатазная активность выше [2,3]. В дерново-подзолистых почвах оптимум активности кислых фосфатаз находится в слабокислой зоне [4,5]. В течение вегетации фосфатазная активность выше в стадии активного роста растений. Навоз, полное минеральное и азотное удобрение повышают активность фосфатазы.

Исследования протеазной и фосфатазной активности почвы в присутствии в ней нефтепродуктов демонстрируют пропорциональное снижение активности при низком уровне загрязнения от 0,001 г/ 1г почвы, уменьшение практически вдвое при концентрации 0,004 г/ 1г почвы, после которой активность не реагирует на увеличение концентрации вплоть до значений 0,42 г/ 1г почвы. Показано, что бензин является микробным ингибитором и исключает вклад живых почвенных ферментов при измерении ферментативной активности почвы.

Установлено, что содержание в почве нефтяных загрязнений оказывает заметное влияние на морфологические признаки тест-культуры, замедляет прорастание семян кресс-салата и снижает их всхожесть. Выше пороговой концентрации бензина 0,064 г/ 1г почвы роста растений не наблюдается, всхожесть равна нулю.

Показано, что содержание хлорофилла в листьях кресс-салата является весьма показательным биоиндикационным признаком.

Методы проростков и определения хлорофилла можно успешно использовать для определения фитотоксичности почвы, как дополнение к ферментативной диагностике загрязнения почв.

Список литературы

1. Хазиев Ф.Х. Почвенные ферменты / Ф.Х. Хазиев. – М.: Знание, 1972. – 32 с.
2. Котелев В.В. Зависимость между фосфатазной активностью микрофлоры и содержанием подвижного фосфора в почве / В.В. Котелев, Е.А. Мехтиева. – Изд-во: Молдавского фил. АН СССР, 1961. – № 7 (85). – С. 41-47.
3. Крамер М. Применение метода определения фосфатазы в агрохимических исследованиях / М. Крамер, Г. Ердей. – Почвоведение, 1957. – № 9. – С. 87-89.
4. Хазиев Ф.Х. Роль фосфогидролитических ферментов в фосфорном питании растений / Ф.Х. Хазиев // Мат-лы конфер. молодых специалистов и научн. работников. – Уфа, 1968. – С. 58-59.

5. Щербакова Т.А. Фосфатазная активность некоторых почв Белоруссии / Т.А. Щербакова, Н.А. Шимко, А.Н. Гаврилова // Сб. докл. симпозиума по ферментам почвы. – Минск, 1968. – С. 63-69.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛЁНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

М.С. Ивлиева, А.В. Волков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Прогрессирующая урбанизация ведёт к ухудшению экологических условий среды обитания людей. Интенсивное использование природных ресурсов влечет за собой значительное накопление отходов производства и потребления. Проблема утилизации отходов является остро актуальной, так как её решение связано в нормальном функционировании жизнедеятельности человека, субъекта государства и страны в целом. От программ ресурсосбережения в рамках охраны окружающей среды зависит перспективы развития страны.

Касаясь непосредственно Тульской области, проблема утилизации отходов производства и потребления - одна из самых запущенных и трудноразрешимых, не смотря на то, что и находится под надзором природоохранных служб.

Огромную долю в отходах производства составляют отходы деревообрабатывающих предприятий. Россия обладает несравненными богатствами лесных ресурсов, занимая первое место в мире по их запасам. Технологическая щепка представляет собой либо специально измельченную древесину. Так, только на Северо-Западе России заготавливается ежегодно более четырех миллионов плотных кубометров технологической щепы.

Эффективным методом утилизации древесных отходов является конверсия - разложение древесины под действием высокой температуры. Так целлюлозную биомассу можно перерабатывать в любой вид горючего: этанол, бензин, топливо для дизельных и ракетных двигателей. Для деревообрабатывающих предприятий это отличный способ утилизации отходов и получение прибыли, а для других предприятий – возможность сэкономить на первичном сырье. Кроме экологически чистого топлива, сингаз используется в химической промышленности для получения различного сырья и синтетического жидкого топлива, которое по своим характеристикам ни в чем не уступает традиционному [4].

Например, огромные автоматизированные промышленные предприятия Тульской области, такие как НАК «Азот», ОАО «Щекиноазот», оснащенные современными технологиями, образуют в своем производстве метанол и аммиак. Если бы данные предприятия сконструировали бы площадки для утилизации древесных отходов, то технологический цикл бы уменьшился на несколько стадий. Таким образом, получилось бы сырье с отрицательной стоимостью, что

снизило бы технологические расходы во много раз. Данное предложение может стать решением проблемы утилизации отходов производства. К тому же, в связи с изменениями в лесном законодательстве, к 2022 году готовится закон об обязательной утилизации древесных отходов, в котором предполагается внести запрет на сжигание и захоронение.

В качестве биотоплива могут быть использованы непищевые отходы культивируемых растений, травы, древесину, содержащих целлюлозу и лигнин. Их используют как экологическую альтернативу нефти. Основная часть такого биотоплива – грасолина – производится из быстрорастущих культур, сельскохозяйственных и древесных отходов.

Биотопливо, производимое из целлюлозного материала, можно вырабатывать из разных растительных компонентов: от древесных отходов в виде опилок, остатков деревянных конструкций до сельскохозяйственных отходов, быстрорастущих трав, кустарников и деревьев, которые выращиваются специально в качестве исходного сырья.

Целлюлоза или клетчатка – основной компонент клеточных стенок растений, относится к полисахаридам растений, которая придает жесткость структуры растений. Целлюлоза представляет собой прочный каркас из молекул глюкозы, поддерживающий вертикальный рост растений, сопротивляющийся биологическому разложению. Чтобы выделить из растений заключенную в ней энергию, необходимо расщепить её структурный каркас, созданный эволюцией. Клеточный каркас целлюлозы имеет кристаллическую молекулярную структуру, обладающую высокой стойкостью к разложению и одновременно гибкостью. Волокна целлюлозы окружены гемицеллюлозой и лигнином, эти биополимеры обеспечивают поперечное укрепление клетки изнутри. Гемицеллюлоза и лигнин относятся к гетерополисахаридам. Гемицеллюлозы бывают трех видов: ксиланы – состоящие из остатков ксилозы, содержатся в соломе, древесине, растительных волокнах; маннаны – состоящие из остатков маннозы, находятся в хвойных деревьях, водорослях, дрожжах; и галактаны – состоящие из остатков галактозы, входящие в состав соломы, древесины, семян. Лигнины – высокомолекулярные соединения, главным строительным блоком которых является фенилпропановый остаток, прядок в структуре полимера отсутствует, каждая молекула уникальна. При окислении лигнина получают ароматические альдегиды: ванилин, сиреневый альдегид, гидроксibenзальдегид. С помощью лигнина клеточные стенки приобретают высокую механическую прочность.

Чтобы разрушить лигнин-гемицеллюлозную структуру и получить накопленную в целлюлозе химическую энергию, прибегают к предварительной обработке растительного сырья нагреванием, воздействием кислотами или щелочью. Методы расщепления подразделяют по температуре нагревания. Низкотемпературный метод (50-200 °С) позволяет получать сахара, которые можно ферментировать в этанол. При более высоких температурах (300-600 °С) образуется бионефть, которую перерабатывают в бензин или дизельное топливо. Расщепление при сверхвысокой температуре (более 700 °С) создает условия для получения газа, который можно перерабатывать в жидкое топливо. Для целлюлозной биомассы из разного вида сырья требуются разные режимы

температурной обработки. Например, для древесины оптимальной будет высокотемпературная обработка, а для травянистой массы приемлемы более низкие температуры.

Технически отработанным способом производства биотоплива, который можно производить из любого углеродсодержащего сырья, является высокотемпературное получение синтез-газа (сингаза) – смеси монооксида углерода и водорода. Газификация представляет собой процесс термического разложения древесины и коры под действием высоких температур при ограниченном доступе воздуха (в отличие от сжигания древесины с большим коэффициентов избытка воздуха). В зоне газификации температура достигает 1100 °С. Газификацию осуществляют на воздушном, паровоздушном и парокислородном дутье в механизированных шахтных газогенераторах [3].

Сингаз перерабатывается с помощью процесса, именуемого синтезом Фишера-Тропша, в бензин, дизельное топливо, этанол. Синтез Фишера-Тропша был разработан в Германии в начале двадцатых годов XX в. из угля для выработки жидкого топлива. Процесс получения синтез-газа состоит из нескольких этапов. На первом этапе (газификации) биомасса загружается в химический реактор и нагревается до температуры более 700 °С. При перемешивании массы с водяным паром или кислородом образуется газ, содержащий монооксид углерода, водород и смолы. Смолы удаляются, давление в реакторе повышается до 20-70 атмосфер. Находящийся под давлением газ поступает на катализатор, адсорбирующий молекулы реагирующего вещества, стимулируя начало химических реакций. [2].

Таким образом, зеленые технологии позволяют снизить нагрузку на окружающую среду, расширить использование возобновляемого растительного сырья, сохранить устойчивость биосферы в целом. Иначе, как говорил известный ученый В.Г. Горшков в своей теории биотической регуляции среды, в случае прекращения регулирующего воздействия биоты физически неустойчивая окружающая среда быстро перейдет в устойчивое состояние, где жизнь невозможна.

Список литературы

1. *Ранта-Корхонен Т. Производство и использование щепы в приграничных районах России и Финляндии / Т. Ранта-Корхонен, Х. Сойнинен. – Спб, 2020.*
2. *Решетникова О.В. Зелёные технологии в производстве биотоплива / О.В. Решетникова, А.В. Лимонов. – ЛГУ, 2015. – С. 138-142.*
3. *Шевченко М.В. Возможные пути утилизации отходов лесопиления в Амурской области / М.В. Шевченко, И.А. Худоногов, Е.В. Черномаз. – Дальневосточный государственный аграрный университет, 2018 г.*
4. *Васючков Ю.Ф. Газовое углеводородное топливо из угля – будущая основа тепловой энергетики / Ю.Ф. Васючков, В.В. Мельник, Н.И. Абрамкин, И.И. Савин. – Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2017 г. – С. 131-140.*

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

К.В. Никитина
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются принципы экологического строительства; рассматриваются такие направления, как «зеленое строительство», «экологическая архитектура», «экологический дизайн».

Современные строительные технологии открывают возможность построения жилищ, с одной стороны, обеспечивающих человеку комфортные условия проживания, а с другой, – максимально снижающие негативное воздействие их на окружающую среду.

Существительное «архитектура» на сегодняшний день имеет полноценное право сопровождаться прилагательным «экологический». И не просто потому, что в этом случае разговор идет конкретно о доме и его обитателях. Но еще и потому, что за данным словосочетанием скрыта крайне важная тенденция стремления человека к естеству и к природе, которая набирает силу в инновационной архитектуре.

Понятие «зеленое строительство» включает совокупность мер, ориентированных на снижение уровня потребления природных ресурсов при проектировании, строительстве, эксплуатации новых зданий и реконструкции ветхих, мер, направленных на повышение комфорта внутренней среды зданий, что достигается за счёт эффективного использования энергии, воды и других ресурсов, а также сокращения отходов, выбросов и других воздействий на окружающую среду.

Экологическая архитектура – не просто новомодная традиция и дань времени. Если мыслить глобально, то экологическая архитектура – новый образ жизни и мышления, полярно противоположный общепринятому. Уже несколько столетий человек использует природу так, как ему заблагорассудится.

К задачам экологического строительства относятся:

- сокращение совокупного (за весь жизненный цикл здания) пагубного воздействия строительной деятельности на здоровье человека и окружающую среду, что достигается посредством применения новых технологий и подходов;
- внедрение новых технологий, создание новых промышленных продуктов;
- снижение нагрузок на региональные энергетические сети и повышение надежности их работы;
- создание новых рабочих мест в интеллектуальной сфере производства;
- сокращение расходов на возведение и содержание зданий.

Зеленые стандарты призваны ускорить переход от традиционного проектирования и строительства зданий и сооружений к устойчивому, которое проповедует следующие принципы:

Безопасность для окружающей среды – сокращение количества отходов и уменьшение других негативных воздействий на окружающую среду; безопасность и благоприятные здоровые условия жизнедеятельности человека.

Использование природных натуральных строительных материалов. Применение при строительстве и эксплуатации дома исключительно экологически чистых природных материалов и технологий. Желательно использовать для строительства возобновляемые природные материалы, которые имеются в том районе, где строится дом.

Повышение энергоэффективности зданий – меры по уменьшению тепловых потерь; обеспечение иерархии помещений, требующих различного температурного режима и соответствующей каждому помещению ориентации относительно стран света; необходимость в использовании возобновляемых источников энергии (солнечная, геотермальная энергия); обеспечение оптимизации естественной вентиляции; экономия существующих материальных ресурсов; эффективное использование энергии, воды и других ресурсов.

- ✓ Благоприятное место для строительства.
- ✓ Качество строительства.
- ✓ Принцип целостности.

Именно этот принцип выражает идеал «зеленой» архитектуры, хотя, разумеется, непросто достичь решения, в котором все перечисленные ранее подходы к задаче были бы задействованы вместе.

Появление «зеленой» архитектуры дает намек, что человечество наконец то начала задумываться о губительном воздействии на природу, и постепенно пытается научиться сосуществовать с ней в гармонии.

Принципы экологического дизайна могут быть применены как к отдельным домам, так и к районам и технопаркам. Их можно использовать с целью улучшения существующих городских и загородных районов, а также в проектировании новых. Улучшение уже существующих районов необходимо начинать с рассмотрения таких проблем, как охрана окружающей среды, неэффективность использования материалов, загрязнение окружающей среды.

Люди не могут существовать без использования природных ресурсов в качестве источников еды, материалов, промышленных продуктов и энергии. Основная цель экологического дизайна состоит в том, чтобы поддерживать экологическую устойчивость, применяя способы производить товары, строить здания, проектировать крупные системы, такие как бизнес-парки и технопарки, уменьшая потребление природных ресурсов и избегая нанесения ущерба экологии.

Список литературы

1. Сугробов Н.П. *Строительная экология* / Н.П. Сугробов, В.В. Фролов. – М., Академия, 2004.
2. Пушилина Ю.Н. *Экологические основы архитектурного проектирования: учеб. пособие* / Ю.Н. Пушилина. – Тула, «Аквариус», 2015. – 300с.
3. Пушилина Ю.Н. *Применение зеленых насаждений в архитектуре* / Ю.Н. Пушилина // *Инновационные наукоемкие технологии: доклады VI международной научно-практической конференции*; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2019. – С.47-50
4. Горелов А.А. *Экология: учеб. пособие для вузов* / А.А. Горелов. – М.: «Юрайт», 2001.

5. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек / Ю.В. Новиков. – М.: «Файр-Пресс», 2005.

6. Озеленение населённых мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// dic. academic. ru](http://dic.academic.ru), свободный. (Дата обращения 5.10.2020г.).

К ВОПРОСУ О СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Ю.Н. Пушилина
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с социально-экологическим мониторингом, приводятся общие принципы его построения модели.

На сегодняшний момент накоплен значительный опыт социологического изучения общественного мнения по экологическим проблемам, в том числе и по осуществлению мониторинга общественного мнения в осуществлении строительной деятельности. Преимущества данного мониторинга заключается, прежде всего, в том, что он, кроме фиксации колебаний ориентации населения, позволяет определить эффективность конкретных мероприятий по воздействию на данные ориентации, выявить влияние на ориентации таких факторов, как направленность и интенсивность обращений СМИ к экологической тематике и т.п.

Осуществляется мониторинг общественного мнения путем периодических замеров (панельных исследований) состояния общественного мнения при помощи одной и той же методики на одной и той же выборке (одной и той же генеральной совокупности). Интервал исследований определяется характером и временным масштабом факторов, воздействующих на общественное мнение [1]. Большинство апробированных методик рассчитано на повторение исследований.

Выбор социологических методов изучения общественного мнения в контексте общих задач социально-экологического мониторинга на территории размещения строительного объекта требует учета следующих положений:

- общественное мнение следует рассматривать как специфический социальный феномен, имеющий наиндивидуальный характер;
- одним из главных условий разработки методов социально-экологического мониторинга и достижения достоверности его результатов является применение конкретно- исторического подхода к изучаемым социальным фактам, явлениям, процессам;
- сложнейший характер отражения экологической обстановки на социальном поведении и настроениях населения требует комплексного применения методов социологического анализа и корректных процедур обобщения и обработки данных;
- социологический анализ, выполняемый в рамках социально-экологического мониторинга, должен базироваться не только на чисто

эмпирических данных, но и на результатах теоретических работ в области социальной экологии, социальной психологии, социального управления и т.д.

Цель социально-экологического мониторинга заключается в оперативном получении объективной информации о состоянии общественного мнения по экологическим проблемам и возможных методах их разрешения, а также выявление взаимосвязей и взаимовлияния экологических проблем и социальных процессов, явлений и фактов в пределах испытывающей влияние данных экологических проблем генеральной совокупности и ее отдельных элементов [3,5].

Исходя из этого, основные задачи социально-экологического мониторинга на территории размещения строительного объекта заключаются в получении периодической, достоверной информации по:

- общей оценке населением степени сложности экологической ситуации;
- приоритетности различных экологических проблем в «глазах» населения;
- общей оценке населением деятельности властных и хозяйственных структур по разрешению экологических проблем;
- ранжированию населением одновременно проявляющихся экологических рисков на территории размещения строительного объекта;
- приемлемости для населения планируемых технологических, правовых и иных природоохранных мероприятий;
- реальным лидерам общественного мнения (движения) по экологическим проблемам и их ориентации;
- динамике изменений общественного мнения по экологическим проблемам в результате деятельности СМИ, реализации программ и мероприятий «общественного участия», «отношений с общественностью», развития экологического образования, а также под воздействием иных факторов различной природы (результаты реализации государственной социальной, экономической и экологической политики; аварии и катастрофы техногенного характера и т.п.);
- общему уровню социально-экологической напряженности на территории размещения строительного объекта и влияющих на него факторах;
- изменениям в образе, ориентации и качестве жизни населения, вызванных экологическими проблемами и т.д.

Для разрешения поставленных задач социально-экологический мониторинг должен обеспечить объективное измерение, как минимум, следующих социологических параметров:

- общей оценки населением экологической обстановки на территории размещения строительного объекта, т.е. мнение населения о соответствии параметров окружающей среды потребностям человека, тенденциях изменения данных параметров, безопасности технологических процессов при разработке и осуществлении проектов жилищного строительства;
- оценки населением деятельности заказчика и проектировщиков по решению экологических проблем, т.е. общей оценки их деятельности, мнение населения о недостатках в их работе и путях ее совершенствования, степени доверия к ним и т.д.;

– мнения населения об узловых экологических проблемах на территории размещения строительного объекта и путях их разрешения, т.е. о номенклатуре данных проблем, степени их относительной важности, приемлемости возможных технологических, экономических и социально-политических путей разрешения и т.д.;

– мнения населения об относительной важности экологических проблем на территории размещения строительного объекта по сравнению с политическими, экономическими и другими проблемами.

Для правильной интерпретации полученных результатов в ходе исследования необходимо также измерить ряд параметров, характеризующих состояние экологического сознания населения и потенциальных покупателей жилья, а именно: степень информированности в экологических вопросах, уровень экологических знаний и т.д. [4].

Необходимая для принятия оптимальных решений в области охраны окружающей среды и социальной политики специализированная социально-экологическая информация должна быть накоплена и предоставлена проектировщиками заказчику в процессе осуществления процедуры ОВОС и исследований общественного мнения на территории строительства объекта, а также среди жителей микрорайона и потенциальных покупателей жилья.

Практическое решение задач социально-экологического мониторинга на территории строительства объекта, способной обеспечить достижение выше сформулированных целей и задач на уровне конкретного объекта, являющегося реальным источником возникновения социально-экологической напряженности, должно осуществляться на основе определенных принципов, учитывающих необходимость проведения в жизнь общесистемного подхода применительно к сложным информационно-измерительным функциям.

При этом, для обеспечения практической реализуемости социально-экологического мониторинга, ее пригодности к решению специфических задач, возможности ее совершенствования и расширения функций необходимо соблюдение общих принципов построения модели, к числу которых относятся:

Принцип целевой ориентации. Все структурные звенья модели должны быть направлены на обеспечение экологической безопасности и снижение социально-экологической напряженности в зоне деятельности модели; естественные тенденции к постоянному расширению функций модели в целях удовлетворения задач социального управления должны ограничиваться обоснованными пределами.

Принцип системного подхода. Состав структурных звеньев модели должен вписываться в структурно-функциональную схему обеспечения экологической безопасности на территории размещения строительного объекта с использованием системного подхода, обеспечивая минимизацию стоимости проекта при выполнении ею всех поставленных целей и задач.

Принцип оперативности. Периодичность предоставления социально-экологической информации должна соответствовать реальным потребностям проектировщиков и заказчика.

Принцип стандартизации и унификации технического обеспечения и инструментария. В модели в максимально возможном объеме должны применяться стандартизированные и тестированные процедуры сбора, обработки и анализа информации. Техническое обеспечение модели выбирается с учетом местных условий.

Принцип связи с общественными организациями. Реальная структура модели должна гарантировать общественности, что измерение социологической информации не сопровождается ее искажением в желательном (даже не явно) пользователю направлении, более того, вся деятельность модели социально-экологического мониторинга на территории размещения строительного объекта способствует осуществлению законных прав граждан и их объединений.

Принцип упорядочения доступа к информации. Структура информационных потоков в системе социально-экологического мониторинга и правила доступа к циркулирующей в ней информации устанавливаются в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере информации и информатизации, в том числе в вопросах конфиденциальности информации и деятельности СМИ.

Организационно-функциональная структура социально-экологического мониторинга определяется совокупностью его целей и задач, специфическими особенностями региона, реальными возможностями выделения ресурсов для организации мониторинга и, не в последнюю очередь, особенностями социологического изучения реальных социальных объектов.

Список литературы:

1. Пушилина Ю.Н. Совершенствование методов моделирования и мониторинга загрязнения атмосферного воздуха горнопромышленных регионов: дис. канд. техн. наук: спец.: 25.00.36 / Ю.Н. Пушилина; науч. рук. В.М. Панарин. – Тула: ТулГУ, 2011. – 156 с.: ил.

2. Пушилина Ю.Н. Экологические основы архитектурного проектирования: учеб. пособие / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Аквариус, 2015. – 300с.

3. Лапина О.Ю. О возможности применения системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в г. Туле / О.Ю. Лапина, Ю.Н. Пушилина, Э.В. Роцупкин // Вестник Тульского государственного университета / ТулГУ. Экология и безопасность жизнедеятельности. Серия Тула, 2010, Вып. 1-2 / под общ. ред. Э.М. Соколова. – С. 111-114

4. Федеральный Закон № 52 – ФЗ от 30.03.1999 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

5. Федеральный закон № 96 - ФЗ от 04.05.1999 «Об охране атмосферного воздуха»

6. <http://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-i-ekologiya> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫМ РЕШЕНИЯМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Ю.Н. Пушилина, П.Г. Анисимова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экологической целесообразности при проектировании и строительстве жилых зданий; рассматриваются направления, связанные с объемно-планировочными и конструктивными решениями зданий, нацеленных на экологизацию строительства.

При проектировании и строительстве жилых зданий и сооружений долгое время вопросам экологии не уделялось должного внимания. Из чего мы строим здания, чем отделываем их, а также в чем влияния этих материалов на людей и среду обитания – вопросы, затрагивающие каждую стадию при проектировании, которые стали поднимать все чаще лишь в последнее время. Но, несмотря на это, экологизация городских построек приобрела широкое распространение.

Экологически целесообразные конструктивные схемы зданий и сооружений должны отвечать экологическим требованиям охраны окружающей среды.

К мерам экологизации за счет конструктивных и объемно-планировочных решений относятся:

- максимальное использование подземного пространства;
- выбор эффективной формы здания, продуманная ориентация по направлению ветра;
- оптимизация размеров помещения, его объемов и ориентации;
- выбор в пользу экологически безопасных вентиляционных, отопительных, канализационных, мусороудаляющих и др. сетей;
- озеленение всех поверхностей здания (в т.ч. и вертикальных), благоустройство прилегающих территорий, создание зимних садов, оборудование эксплуатируемых кровель.

Помимо отдельных элементов здания, пересматривается и типология застройки в целом: предпочтение отдается малоэтажным домам. Несмотря на то, что в крупных городах активно возводятся многоэтажные дома, относится это жилье в основе своей к бюджетному. Гигантские бетонные коробки разбавляют дома бизнес класса с вертикальным озеленением, эксплуатируемыми кровлями, благоустроенной территорией (иногда даже с искусственными водоемами), экологическими материалами, зимними садами и т.п.

Кажется, что малоэтажные постройки приводят к бесхозяйственному использованию земельного фонда, и не могут быть выгодней многоэтажек. Но для возведения малоэтажек используется более простая технология их возведения средствами малой механизации, что позволяет изменить их конструктивные решения. Уменьшение этажности позволяет применять более дешевые варианты: стены из блоков ячеистого бетона, крыши по деревянным стропилам и т.п., вместо несущих бетонных стен, железобетонных покрытий.

Повышение комфорта и создание экологически полноценного жилища в условиях массовой застройки потребует совершенствования нормативных

требований и преодоления существующих экономических трудностей, но это необходимая работа на пути экологизации зданий.

При строительстве нового жилья вопрос соблюдения экологических и природоохранных требований решается контролем на всех этапах строительства, за счет чего и происходит экологизация зданий. Но остается вопрос: что делать с ранее возведенными объектами, построенными без соблюдения этих мер? Ответом является одно из экологических направлений - биопозитивность.

Биопозитивность – придание поверхностям зданий и сооружений некоего подобия естественной среды обитания растений, мелких животных и птиц за счет озеленения стен, кровель и благоустройства прилегающих территорий. Термин «биопозитивность», впервые использовал профессор Московского государственного университета природообустройства А.Н. Тетиорон, описывая способность инженерным конструкциям органично вписываться в экосистемы и не быть ее отторгаемым. Так же он выделил бионегативные здания и сооружения, наносящие прямой вред природе, и бионейтральные.

Биопозитивность отличается экономным использованием и не требованием для строительства зданий невозобновимых ресурсов, что и придало такое широкое применение данному методу при экологизации уже возведенных строений. К биопозитивным так же относятся берегоукрепительные сооружения, шумозащитные озеленяемые экраны вдоль автомагистралей и пр.

На основе биопозитивного направления на «Глобальном экологическом форуме» в 1994 году была разработана и дана рекомендация по решению проблем переустройства урбанизированной среды – *архифитомелиоративные мероприятия*. Они включают в себя:

- озеленение цокольных зон зданий (отмостки, цоколи, покрытия стен и др.);
- вертикальное озеленение стен за счет создания террасных и верандных помещений, созданий покрытия для озеленения фасадов;
- создание фитомансардных этажей для зимних садов, обустройство зимних садов внутри помещения;
- озеленение всех свободных участков территории и искусственных надземных территорий;
- озеленение крыш террас.

Каждый вышеперечисленный способ оказывает положительное влияние на моральное и физическое здоровье населения, благоприятно воздействуя на визуально-психологическое восприятия, создавая ощущения близости с природой, позволяет организовать как можно больше дополнительных экологически чистых зон. Вертикальное озеленение и озеленение крыш и террас способствуют улучшению микроклимата внутри помещения, уменьшения шума и загрязнений, снижение затрат на отопления (до 15 %), а также обеспечивает защиту от перегрева и осадков.

Помимо экологизации конструктивных, объемно-планировочных решений и биопозитивности, немаловажную роль играет и состав отделочных материалов. В частности, понятие их токсичности. Токсичность – ядовитость, т.е. способность оказывать вредное воздействие на живой организм. Присутствие химических веществ, обладающих свойствами токсичности, приводит к

дестабилизации экосистем и к возможной гибели всего живого. Использование материалов с применением в составе токсичных веществ недопустимо для жилого строительства. В частности, это относится к полимерам. Они ухудшают микроклимат, стимулируют развитие патогенной микрофлоры на своей поверхности, выделяют в воздух летучие вещества в опасных для человека концентрациях.

Такие материалы необходимо заменять на экологические аналоги: ячеистый бетон, пеноизол, гипсоволокнистый лист, лицевой керамический кирпич, натуральный линолеум, ориентированно-стружечные плиты, древеснополимерные материалы, пенополистерол и т.п.

Биопозитивность оказывает положительное влияние на психологическое состояние человека за счет созданной им среды (озеленение, эстетически благоприятные архитектурные формы, бесшумность и т.п.), на здоровье. Не менее важным является возмещение биопродукции, которая была уничтожена при строительстве, поддержание биологического разнообразия видов растений, смягчение экстремальной разности температур вне и внутри помещений, очищение и увлажнение воздуха. Благодаря этому также эстетически изменяется окружающее пространство, преображая объекты строительства.

Экологические аналоги широко распространённых в настоящее время строительных материалов должны внедряться в строительство активнее и использоваться не только при строительстве жилья повышенного класса комфортности, но и для типовой застройки.

Все вышеперечисленные методы направлены на экологизацию окружающего мира горожан, которая оказывает колоссальное влияние на человека, и она не должна оставаться без должного внимания при устройстве городской среды обитания.

Список литературы

1. Ильинская А.В. *Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов.* А.В. Ильинская [и др.]; под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 204 – 606с.
2. Курбатова А.Н. *Ландшафтно-экологические основы формирования градостроительных структур Московского мегаполиса / А.Н. Курбатова.* – М., 2004. – 50 с.
3. Румянцева Е.Е. *Экологическая безопасность стройматериалов, конструкций и изделий: учебное пособие / Е.Е. Румянцева [и др.].* – М.: Логос, 2005г.
4. Тимченко В.И. *Управление экологической безопасностью строительства / В.И. Тимченко [и др.].* – М., 2005.
5. Сугробов Н.П. *Строительная экология / Н.П. Сугробов, В.В. Фролов.* – М.: Академия, 2004.

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ИСТОЧНИКАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье приведен анализ существующих систем контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий и приведены конкурентные преимущества новой разработки, главным отличием которой является то, что предусматривается такая функция, как прогнозирование и предупреждение проявления неблагоприятных экологических ситуаций в реальном времени, а также датчики контроля выбросов устанавливаются не на прилегающей к промышленному предприятию территории, а непосредственно на исходящей трубе, через которую осуществляется выброс вредных веществ.

В настоящее время на отечественном и зарубежном рынках существует несколько производителей измерительных комплексов для контроля промышленных выбросов. Можно выделить следующие компании, производящие такие комплексы в области автоматизированных систем.

ООО «Научно-технический центр «СФЕРА». Компания является разработчиком, изготовителем и поставщиком стационарных систем повышения надежности, компьютерного мониторинга и автоматической диагностики состояния оборудования, объединенных в единую диагностическую сеть предприятия в совокупности составляющих – автоматизированную систему управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования в реальном времени на всех этапах жизненного цикла.

В системах реализованы все основные виды неразрушающего контроля (НК), среди которых: вибродиагностика; акустическая эмиссия; электрический метод; оптический метод; вихретоковый метод; тепловой метод; ультразвуковой метод; акустический и другие методы НК.

Это позволяет на единой программно-аппаратной платформе осуществлять автоматическую диагностику и мониторинг технического состояния различных видов оборудования, а именно: динамическое оборудование (машинное, роторное) – насосы, центробежные и поршневые компрессоры, электродвигатели, редукторы, мультипликаторы, вентиляторы, центрифуги, шестерни, – всего более 3125 типов других вращающихся механизмов; статическое оборудование (колонно-емкостное) – колонны, резервуары, реакторы, трубопроводы, ресиверы, теплообменники, печи.

ООО «АКСИТЕХ» – отечественный разработчик и производитель средств промышленной автоматизации от измерительных приборов до уровня диспетчерского контроля для топливно-энергетического комплекса, ЖКХ и других сфер народного хозяйства: автономных комплексов телеметрии и систем

телемеханики, контроллеров, взрывозащищенных датчиков, элементов питания и программного обеспечения.

ООО «МЕДААР». Компания проектирует и внедряет автоматизированные системы в различных направлениях:

- системы газобезопасности для контроля токсичных и взрывоопасных газов предназначены для контроля содержания вредных и опасных веществ в местах рабочей зоны. Обеспечивают безопасность условий труда персонала, выполнение требований промышленной безопасности и предотвращают развитие аварийных ситуаций в работе оборудования и установок;

- системы измерения и контроля уровня жидких веществ предназначены для измерения и контроля уровня, технического и коммерческого учета количества жидкостей и управление уровнем в резервуарах и емкостях;

- системы технического/коммерческого учета энергоносителей (тепло, вода, пар, газ, э/энергия) предназначены для решения задач технического и коммерческого учета энергоносителей, сбора, обработки и хранения данных об энергопотреблении, управления энергопотреблением;

- системы контроля промышленных выбросов предназначены для измерения концентрации загрязняющих веществ отходящих газов/пыли, расхода дымовых газов и регистрации выбросов.

Проектирование и разработка компанией МЕДААР автоматизированных систем выполняется в соответствии с требованиями стандартов, предъявляемых к АСУ ТП.

ООО «ЭНРИМА-СИСТЕМС». Компания занимается разработкой систем непрерывного контроля газовых выбросов, измерения расхода воды и стоков в сложных и нестандартных условиях.

ООО «ЕвроТехЛаб» – инжиниринговая компания, предлагающая решения по комплексным автоматическим измерительным системам контроля качества жидких и газовых сред в энергетике, нефтехимии, на предприятиях ЦБК, металлургии, водоканалах и других отраслях.

Производство: устройства подготовки проб (УПП) для автоматических анализаторов жидкости (АХК ВХР, паро-конденсатные системы); системы пробоподготовки для газового анализа АИС, СПКВ, САКВ, СНКГВ, АСНКиУВ, СЕМС (автоматических измерительных систем валовых выбросов в атмосферу), включая пробоотборные зонды, обогреваемые пробоотборные линии, охладители пробы, конверторы NOx, фильтры.

Основные направления деятельности компании: производство АИС, СПКВ, САКВ, СНКГВ, АСНКиУВ, СЕМС и систем АХК ВХР; сервисное обслуживание оборудования собственного производства и оборудования партнеров.

В своих решениях используют современное оборудование и инновационные технологии российских и зарубежных лидеров в области промышленного измерительного оборудования [1-2].

На кафедре охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета разработана автоматизированная система непрерывного контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ предприятий

в атмосферу и водные объекты, существенными отличительными признаками которой являются:

- возможность моделировать прогнозирования выбросов загрязняющих веществ предприятия в атмосферу;
- реализация принципов методологии наилучших доступных технологий;
- возможность прогнозировать наступление неблагоприятной экологической ситуации в прилегающих к предприятию жилых зонах;
- обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений для предотвращения неблагоприятных экологических ситуаций;
- обеспечение оценки эффективности технологических процессов предприятий и выработка рекомендаций по снижению ресурсных затрат;
- приведение производственных процессов предприятий к выполнению требований законодательства РФ и нормативам наилучших доступных технологий;
- передача значений объемов и состава выбрасываемых загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

Автоматизированная система является необходимым элементом в обеспечении предприятиями выполнения требований законодательства РФ № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 29.07.2018 г.), Постановлений Правительства РФ № 262 и №263 от 13.03.2019 г. Нормативы предписывают наиболее крупным предприятиям обязательное оснащение стационарных источников автоматизированными системами с передачей значений объемов и состава выбрасываемых загрязняющих веществ в Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга [3-4].

На текущий момент коренным отличием автоматизированной системы является то, что предусматривается такая функция, как прогнозирование и предупреждение проявления неблагоприятных экологических ситуаций в реальном времени, а также датчики контроля выбросов устанавливаются не на прилегающей к промышленному предприятию территории, а непосредственно на исходящей трубе, через которую осуществляется выброс вредных веществ.

Данные исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2020 года.

Список литературы

1. Панарин В.М. Оснащение стационарных источников вредных (загрязняющих) веществ автоматическими средствами контроля промышленных выбросов объектов 1-ой категории / В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова, В.В. Сергеев, И.Ю. Загуменнов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2019. – № 4 (30). – С. 13-20.

2. Панарин М.В. Автоматизированная система удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах / М.В. Панарин, А.А. Маслова, Н.А. Рыбка, Е.М. Рылеева, К.В. Гришаков // Ежемесячный научно-производственный журнал «Экологические системы и приборы». – 2019. – №6. – С.9-13.

3. Панарин В.М. Способы регистрации метеопараметров, расчета и отображения метеопоказателей в информационно-измерительной и управляющей системе районирования территорий промышленного региона по загрязнению атмосферы / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Н.А. Рыбка, Г.Ю. Царьков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 11. – С. 26-31.

4. Мешалкин В.П. Оценка рассеивающей способности атмосферы химического комплекса и особенности его мониторинга (на примере города Новомосковска Тульской области) / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Горюнок // Химическая промышленность сегодня. – 2017. – № 4. – С. 29-34.

ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ТЕКУЩЕГО УСИЛЕНИЯ РИСКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БИОСФЕРЫ

А.В. Волков

Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрены некоторые причины и механизмы зарождения кризисов социально-экономического; предложена гипотеза, объясняющая резкое нарастание конфликтного потенциала в мире в окрестности 2020 года, сводящаяся к выраженному конфликту двух базовых идей (моделей) социального развития; указана роль культуры в модерации конфликта этих идей.*

В условиях резкого усиления – в 2019-2020 годах – эффектов глобального многофакторного кризиса, включая его экологический аспект и проблемы техносферной безопасности, теория и методология обеспечения интересов России, во многом, базируется на анализе и учёте в практической деятельности закономерностей взаимодействия общества с окружающей средой. Последние включают тенденции развития народонаселения, изменения физического и психического здоровья людей, динамику природопользования в различных регионах страны.

Согласно представлениям академика В.П. Алексеева, ключевую идею научных направлений, анализирующих экологические и социально-экономические риски, выражает модель «человек (общество) – культура – окружающая природная среда». «Эта схема, – отмечал В.П. Алексеев в работе «Некоторые аспекты палеоэкологических исследований» (1991), – включает три компонента: человека, понимая под ним, естественно, не единичную личность, а совокупность людей, культуру во всех её формах, природную среду (социальная среда включается в культуру) и все возможные связи между ними» [1, с. 93]. В свою очередь, указанная модель развивает представления об автоколебательных системах, совершающих незатухающие колебания за счёт источников ресурсов, в общем случае, не обладающих явными колебательными свойствами. Именно поэтому состояние культуры сказывается на степени доступности запасов

минерального сырья и иных ресурсов жизни, а динамика культуры определяет перспективные оценки этих категории, как и многих других категорий, выступающих фундаментом экологического и социально-экономического благополучия общества.

В первой трети XXI века изучение экологических и социальных систем всё чаще связывают с процессами, протекающими не только в биосфере Земли, но и в Космосе, в частности, на Солнце. основополагающий вклад в формирование концептуального ядра теории солнечно-земных связей, в разработку принципов анализа и синтеза русла социальной истории внёс А.Л. Чижевский [2]. Возможно, именно солнечная активность способствует резкому усилению рисков развития, снижению предсказуемости и управляемости процессов развития, главные источники которых, безусловно, локализируются на Земле.

В последние десятилетия большинство публикаций на тему рисков и кризисов развития, пожалуй, не обходится без ссылки на труды признанного корифея данного направления исследований, профессора экономики и мировой политики *Princeton University*, лауреата Нобелевской премии, американского экономиста Пола Кругмана [3]. Проблематикой кризисов Кругман заинтересовался, будучи аспирантом Массачусетского университета. В 1979 году он публикует статью, которая стала первой работой в истории экономики, связавшей зарождение кризисов с поведением людей.

Однако ещё в 1940-х годах немецкий психолог Курт Левин разработал теорию «социальной регрессии», характеризуя её как совокупность изменений группового и индивидуального поведения, противоположных изменениям в ходе собственно развития. «Из этого следует, – отмечал К. Левин, – что изменения, обратные тем, которые мы перечислили как типичные для развития, должны быть типичны для регрессии». Учёным предложены достоверные индикаторы регрессии, которые отражают зарождение и развитие кризисов поведения, включая финансово-экономические потрясения («Теория поля в социальных науках», раздел «Регрессия, ретрогрессия и развитие», 1941).

Своё понимание механизмов протекания деловых циклов Пол Кругман излагает в книге «*The return of depression economics and the crisis of 2008*» [3]. Основной задачей аналитик считает ответ на вопрос, почему рыночные экономики вообще сталкиваются с рецессиями. Для этого он переходит от масштабов отдельного человека к анализу особенностей поведения групп. По мнению учёного, «во времена, вроде нынешних, готовность «поиграть» с идеями – это не просто желание развлечься, а важнейший элемент поиска ответов». В частности, Кругман полагает, что, помимо специфических причин, ход делового цикла, в той или иной степени, определяется внешними обстоятельствами, а шире – *состоянием среды*. Поэтому, меняя параметры среды, можно влиять на ход и результаты делового цикла в интересующем глобальные элиты государстве, причём этот механизм «не имеет ничего общего с... собственными фундаментальными экономическими сильными и слабыми сторонами» данного государства [4].

Одна из идей Кругмана привлекает особое внимание редактора русского издания книги профессора М.Г. Делягина. По мнению экономиста, в контексте проблематики кризисов развития, понятия «самосбывающаяся,

самоутверждающаяся, самообоснованная паника» (*self-validating panic*) следует рассматривать как синонимы. Кроме того, М.Г. Делягин проводит аналогию с понятием «самоисполняющееся пророчество, или прогноз» (*self-fulfilling prophecy*), подкрепляя её высказыванием Роберта Мертона: «Изначально ложное определение ситуации порождает новое поведение, которое делает первичное ложное представление правдивым. Это увековечивает царствование ошибки». То есть, речь ведётся о ситуациях, когда сделанное кем-то предсказание определённого события порождает само это событие» [3].

Другими словами, динамика и развитие социально-экономических ситуаций могут рассматриваться с позиции проблематики группового поведения людей с учётом наличия предпосылок трансформации нормативной ситуации в самосбывающуюся, самоутверждающуюся, самообоснованную панику. При этом, «изначально ложное определение ситуации порождает новое поведение, которое <актуализирует...> первичное ложное представление». Помимо эндогенных сил, закономерности смены ситуаций развития определяются внешними обстоятельствами, а шире – состоянием среды, в которой находится общество. На рубеже XX и XXI столетий даже «в Соединённых Штатах далеко не все получили свою долю общего процветания. Преимущества роста и там распределялись неравномерно: неравенство и в богатстве, и в доходах возросло». Поэтому попытка осмыслить события, произошедшие в 2020 году, выделить ключевые факторы и механизмы социальной динамики – это не просто желание развлечься, а важнейший элемент поиска ответов [3].

И главный вопрос, ответ на который должен быть получен, на наш взгляд, таков: способна ли Россия генерировать идеи, определяющие вектор, содержание, систему целей и логических инструментов, позволяющих купировать современные ситуации кризисного развития общества наиболее эффективным, безопасным и экономически эффективным образом. По сути, именно этот вопрос был определён ключевым на состоявшемся в начале 2021 года форуме в Давосе.

С тем, чтобы обозначить нашу позицию по этому вопросу, обратимся к нескольким событиям, которыми оказалась отмечена эпоха 45-го президента США Дональда Трампа. Например, темой экспертного обсуждения авторской программы В.Р. Соловьёва «Воскресный вечер» (эфир канала «Россия-1» от 18.06.2017) выступило принятие в середине июня 2017 года верхней палаты Конгресса США законопроекта о расширении финансово-экономических санкций в отношении России. Как следствие, в 2017 году российско-американские отношения оказались на более низком уровне, чем в эпоху «Холодной войны», с перспективой их дальнейшего ухудшения. Сенат США одобрил беспрецедентно тяжёлые и всеобъемлющие санкции, повлиявшие не только на Россию, но и на третьи страны – европейские торгово-экономические партнёры России (Германию, Австрию, Венгрию, Чехию), желающие их обойти. Поэтому эксперты высказали идею о необходимости скорейшего выхода РФ из американских ценных бумаг и большей независимости российской финансово-экономической системы от американской.

В ноябре 2020 года Россия резко снизила вложения в государственные облигации США – более чем на 19 % (до 4,968 млрд долларов). В целом, краткосрочные облигации, находящиеся на балансе России, ныне составляют

3,4 млрд долларов, а долгосрочные – 1,568 млрд долларов. Резкое снижение вложения средств в американские государственные облигации началось в 2018 году. До этого их объём составлял около 96 млрд долларов (<https://lenta.ru/news/2021/01/20/fed/>).

По сообщению информационного агентства РИА-Новости (13.10.20), глава МИД РФ С.В. Лавров на презентации ежегодного доклада дискуссионного клуба «Валдай», озаглавленного «Утопия многообразного мира: как продолжается история», заявил: «Те люди, которые отвечают за внешнюю политику на Западе и не понимают необходимости взаимоуважительного разговора, – наверное, мы должны просто на какое-то время перестать с ними общаться. Тем более, что... <Евросоюз> заявляет, что с нынешней российской властью геополитического партнерства не получается. Так тому и быть, если они этого хотят». С.В. Лавров добавил, что российские власти рассчитывают понять, можно ли в сложившихся условиях вести «хоть какой-нибудь бизнес» с европейскими партнерами. Поэтому Москве пора перестать ориентироваться на Запад и выстраивать свой политический курс в соответствии с оценками Брюсселя (<https://ria.ru/20201013/dialog-1579671074.html>).

По мнению российских экспертов, заявление Министра иностранных дел РФ – серьёзный сигнал для европейских партнеров России и, по сути, является «многоуровневым предупреждением», которое вызовет должный эффект на Западе. В частности, та часть европейских политиков, которая не хочет прекращения сотрудничества с Россией, начнут воздействовать на своих прозападных коллег (<https://polit.info/513587-ishenko-lavrov-poslal-vesma-sereznyi-signal-zapadu>).

Финал президентства Д. Трампа ознаменовался драматическими событиями 6 января 2021 года, когда не готовые принять итоги выборов 2020 года сторонники Трампа оказались, по-видимому, вовлечены в захват части здания Капитолия в столице США г. Вашингтон.

Наше понимание ситуации января 2021 года сводится к следующему ключевому тезису: идея перманентного социального развития требует такого же монотонного смещения социальных норм, что питает и обуславливает социальный релятивизм выраженных представителей «гражданского начала» общества, вызывает у них ощущение уплотнения хода «социального времени». В этом случае социальная норма никак не может быть медленно флуктуирующей или иначе медленно меняющейся «величиной». Она автоматически смещается вслед за уровнем развития общества (рис. 1).

Отметим, что для непрерывной ревизии и смены социальных норм действительно необходимы развитые механизмы отрицания прежних норм, в т.ч. основанные на принципах и эстетике т.н. «смеховой культуры», а также на замене рационального начала мышления и деятельности человека в объектном окружении иррациональным, мистическим началом.

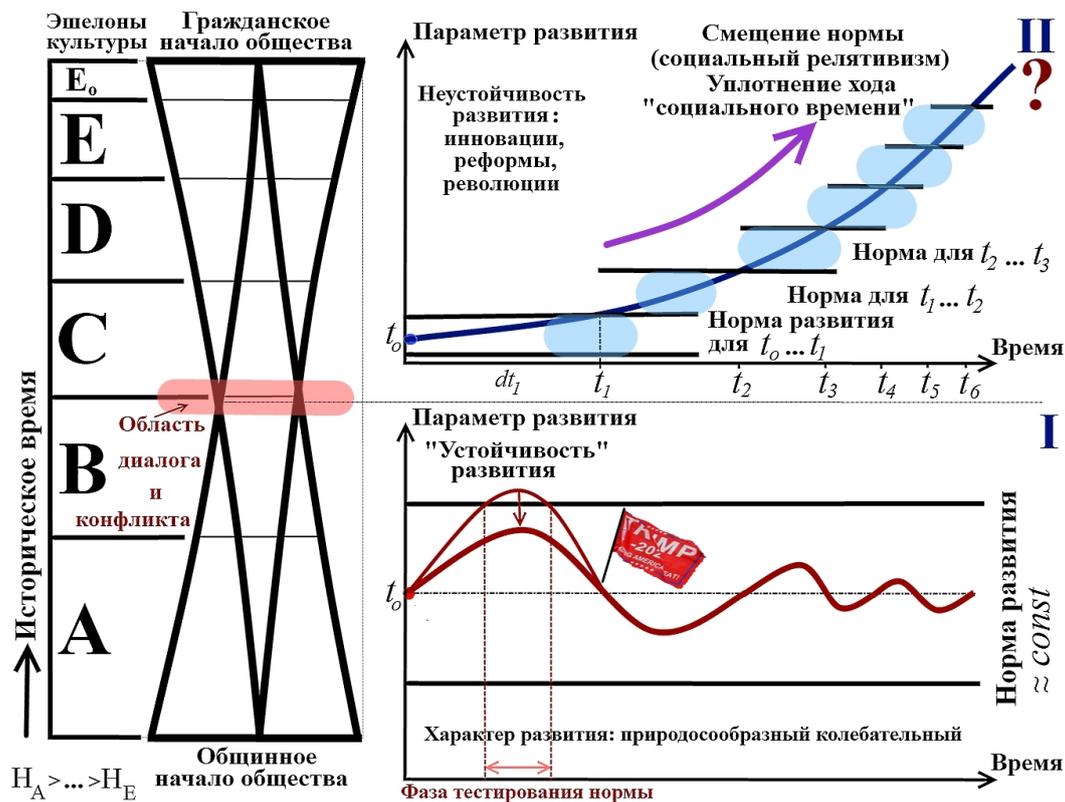


Рис. 1. Механизм социально-экономического развития, понимаемый как диалог и конфликт базовых начал культуры, питаемых двумя примордиальными идеями (моделями) развития

По-видимому, Дональд Трамп проиграл выборы конца 2020 – начала 2021 годов именно потому, что не желал или не смог совместить две базовые, примордиальные (от лат. *primordium* – первоначало; возникновение) идеи: 1) идею природосообразного колебательного эволюционного развития общества с медленно меняющейся социальной нормой (рис. 1, поз. I) и 2) идею непрерывающегося развития, требующего такой же непрекращающейся ревизии и обновления социальной нормы (рис. 1, поз. II).

В своё время академик Е.М. Примаков обосновал концепцию политического союза трёх государств – России, Китая и Индии, что, по его замыслу, обеспечивало геополитическую и экономическую стабильность мира. На первый взгляд, эти государства действительно сближает историческое тяготение к тому или иному воплощению первой заявленной выше идеи (рис. 1, поз. I). Но стоит подумать и о другой альтернативе: современный культурно-политический ландшафт Индии не позволяет говорить о наличии чётко структурированной и артикулируемой элитами единой интегрирующей идеи, даже с учётом творческого наследия «титულных» идеологов независимости страны. Возможно, по этой причине Индию не тяготит драматично, в отличие от государств постсоветского пространства, колониальный этап её истории, и она бывает весьма податлива современному влиянию англосаксонского мира.

Действительно, обсуждая геополитическую конфигурацию мира после 2008 года, Е.М. Примаков выделил не только факт неравномерности процесса развития государств первого и второго эшелонов – промышленно развитых и

развивающихся, но и высокую «скорость, которую он *<процесс>* набирает». Учёный констатировал формирование новой реальности – становление азиатских центров силы, особое место среди которых занимают динамично развивающиеся Китай и Индия [5, с. 20-21]. Е.М. Примаков обратился к идее невоенного стратегического союза «Россия – Китай – Индия», предложенной им в 1998 году. Резюмируя, патриарх российской политики отметил, что появление новых вызовов человеку и человечеству создаёт принципиально иную обстановку, требующую укрепления и совершенствования механизмов управления глобальным развитием [5, с. 60].

Выборы в США, к удивлению многих, показали, что в этом государстве никак не менее 74 млн человек активного населения, так или иначе, разделяет консервативные смыслы, идею бережного отношения к историческим традициям (таким, какие сложились именно в этой стране), к консервативным нормам жизни. Мы допускаем, что, желая того или нет, 45-й президент США заявил курс на новую глобализацию именно на основе консолидации консервативных национальных идей во всём мире, особенно идей в экономически, демографически и пространственно крупных государствах. По сути, речь шла о «консервативном треугольнике» США – Китай – Россия (управление – производство – природные ресурсы), воплощение которого в жизнь имело бы фундаментальные исторические последствия. (Отметим, что ныне система разделения функций в подобном гипотетическом союзе совершенно *не закреплена*.) Этим, возможно, и определялось восприятие Д. Трампа социальным большинством планеты как «своего парня» – яркого, своеобразного, но, в целом, незлобного и понятного.

Сама эта мысль – о «консервативном треугольнике», была она институционально оформлена или нет, никак не приемлема для ориентированных на идею непрерывного развития, ревизию социальных норм, методы социального инжиниринга (на фундаменте современной *мифологии, мистицизма, иррационализма* и виртуальной реальности, как их технологической составляющей) демократических элит северо-востока и юго-запада США. В этом отношении итоги электорального цикла 2020 года в США были предопределены. Насколько они – итоги – предопределены в других великих и малых государствах на историческом отрезке 2020-2036 годов – вопрос открытый и, безусловно, требует отдельного анализа. Заметим только, что векторы и принципы мышления элит англосаксонского мира чётко выражены сюжетными линиями церемонии открытия летней олимпиады 2012 года, состоявшейся в Лондоне, а принципы и методы их практической деятельности в объектном и/или средовом окружении – сюжетными линиями церемонии закрытия.

Но вернёмся к рис. 1. Подобно результатам геологических процессов породообразования, формирующие здание современной культуры эшелоны, или этажи, – неодинаковы по «мощности» ($H_A > \dots > H_E > H_{E-o}$). Более молодые приповерхностные горизонты, как правило, маломощны, в силу значительной изменчивости обстановок континентального или прибрежно-морского породообразования. Сформировавшиеся в геологическом прошлом глубинные слои отличает большая мощность. Поэтому перекрытые многими отложениями древние комплексы достоверно обнаруживают свои свойства в приземных

физических полях. Действительно, средняя мощность земной коры оценивается в 30-40 км. В границах Тульской области мощность т.н. осадочного чехла составляет около 1 км – лишь 3 % суммарной величины.

Более 10 лет назад мы предположили, что специфику двух базовых начал культуры (действующих сил социальной истории) качественно и количественно характеризует, помимо иных квалификационных признаков, распределение общего числа элементов и/или их связей в «пространстве» эшелонов $A...E$ (E_0), а, по сути, – плотность распределения элементов и связей по эшелонам, включая скорость изменения этих величин при изменении экзогенных (средовых) и эндогенных факторов поведения и развития социальной системы (рис. 2). Возвращаться к данной аргументации, тем более во всём её объёме, затруднительно.

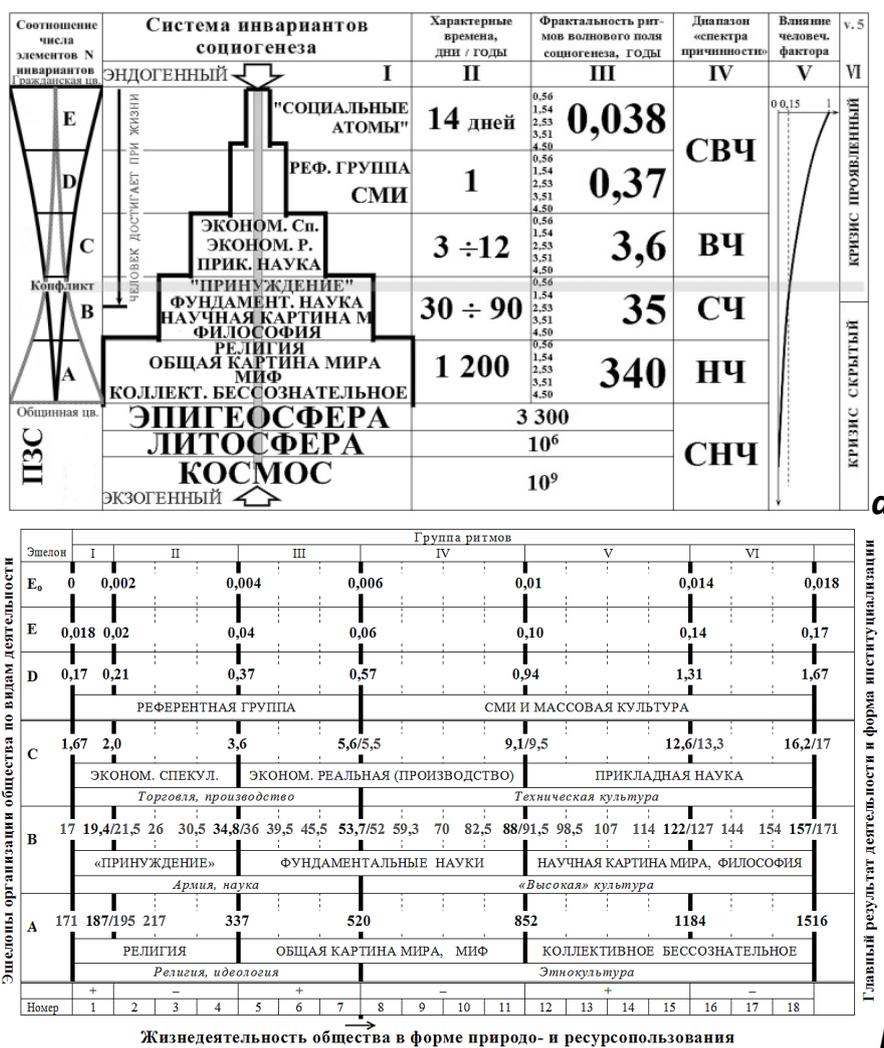


Рис. 2. Структурная модель культуры в виде набора сопряжённых компартов с оценкой характерного времени их изменения (а) и система ритмов общественного развития, сопряжённых с главными компартами культуры (б); продолжительность ритмов указана в годах; с помощью таблицы ритмам, детектируемым методами спектрального анализа, ставятся в соответствие определённые группы ценностей – социальные институты

В базовом для «гражданского начала» общества эшелоне E (E_0 – надстроечное образование; см. рис. 1) и плотность элементов-связей, и скорость их изменения в условиях вариаций факторов развития, включая экологические

факторы, *всегда выше*, по сравнению с плотностью распределения и скоростью изменения элементов-связей в пространстве эшелона *A*, базового для «общинного начала» социума. Кроме того, внутреннюю структуру эшелона *A* отличает большая однородность, инвариантность, в аспекте пространства-времени, а эшелон *E* – существенно меньшая однородность и инвариантность. В частности, это находит своё выражение в т.н. характерных временах развития и самих эшелонов, и разделяющих их базовые ценности элементов системы. В науках о Земле понятие «характерное время» обычно применяют к интервалу времени, который требуется всем элементам и компартаментам выделенной системы для достижения равновесия с окружающей средой. Например, в экологии и почвоведении речь ведут о «климаксовом» этапе развития соответствующих систем. Другими словами, и это – крайне важно, характерные времена процессов *коллективного* поведения и развития элементов эшелона *A* много больше (на порядки, что свидетельствует об их *качественном отличии*) характерных времён процессов, определяющих своеобразие эшелона *E*. Именно это качественное отличие характерных времён обуславливает общую специфику каждого эшелона из набора *A...E*, их «достаточную автономность» (говоря словами Р.У. Хемминга), но, одновременно, и *принципиальную сопряжённость*, согласованность поведения в масштабах всей системы культуры.

Следствием сказанного являются представления о больших рисках развития эшелона *E*, по сравнению с эшелонами *A*, которые находят выражение в более сильной конкуренции элементов за общий скудный ресурс; в выраженных факторах «социального паразитизма» (что утверждается как новая норма); в большей дегуманизации мышления и деятельности элементов, их тяготению к неконвенциональным формам поведения и аффективному реагированию на быстро сменяющиеся друг друга жизненные ситуации.

Таким образом, именно различная «*мощность*» и различное естественное ресурсное наполнение эшелонов *A* и *E*, анализируемые как в пространстве социальной системы, так и во времени, выступают фундаментальной, примордиальной причиной различий стратегий коллективного и индивидуального поведения общинного (консервативного) и гражданского (отстаивающего идею развития и инноваций) начал общества, их мотивационных сфер, систем долгосрочных и текущих мотивов деятельности, декларируемых идей и принципов, а также способов их манифестации. Производным следствием мы считаем регулярный срыв диалога двух начал в конфликт, кризис, *непримиримую войну* при том условии, если возможности *третьего начала, центрирующего исходную бинарную оппозицию*, по выполнению своей миссии ослабевают. В частности, этот результат может быть обусловлен сложным согласованием (наложением, или резонансом) внутренних и внешних – экологических – факторов социально-исторического развития метеологической природы. Причём, если на данном этапе истории преимущества получило гражданское начало (или его представители взяли модерировать общинное начало), ситуация скоротечного перехода диалога в конфликт при быстром изменении факторов развития обычно протекает более драматично и кровопролитно. Своё отражение эта схема нашла и в итогах выборов 46-го президента США. К сожалению, фрагмент социальной истории с 2019 года

по 2036 год может оказаться богат на региональные примеры воплощения этой схемы (механизма).

Допустив принципиальное различие стратегий коллективного и индивидуального поведения двух начал общества, их мотивационных сфер, включая способы манифестации, необходимо уточнить принцип сопряжения начал. Согласно «закону исключения третьего» Аристотеля, не может быть ничего между двумя действительными альтернативами, ни при каких условиях не сводимых друг к другу. Если же анализ ситуации позволяет допускать наличие третьего в пространстве двух начал, то речь идёт о предельно выраженных идеях, закрепляющих смысловой континуум, обеспечивающий сопряжение одной идеи с другой. Как мы понимаем, сложность здания современной культуры и обусловлено, в определенном смысле, необходимостью разнесения базовых идей на максимально безопасное для общества «расстояние» с возможностью модерации диалога и конфликта этих идей, а также социальных страт, их исповедующих. Возможно, более простое по архитектуре здание культур минувших эпох с решением данной задачи справлялось хуже, что с современных позиций оценивается как дегуманизация общества. В целом, нельзя исключать, что именно культура удаляет полюса центрированной бинарной оппозиции социума на такое расстояние, которое обеспечивает оптимальные и/или безопасные значения «напряжённости» социального поля (по К. Левину) в историческом пространстве. Поэтому ключевая проблема современности заключается в том, что констатируемая многими специалистами деградация культуры вновь ведёт к дегуманизации и росту конфликтного потенциала, а также к снижению уровня устойчивости и предсказуемости *природопользования* (согласно модели «человек (общество) – культура – окружающая природная среда» академика В.П. Алексеева, [1]). Осмыслению процесса роста конфликтного потенциала в обществе посвящена концепция «диалога с архаикой», предложенная российским специалистом в области тенденций глобального развития и структурного моделирования социально-экономических процессов, заместителем директора Института экономических стратегий при Отделении общественных наук РАН, заведующим Лабораторией геоэкономического анализа и проблем социального развития Института Африки РАН, председателем комиссии по социокультурным проблемам глобализации А.И. Неклессой [6].

Причём, по мере приближения к ситуациям подобного типа (по сути, «историческим ловушкам»), частота и скорость общественных трансформаций будут возрастать, ход «социального времени», по ощущениям людей, будет ускоряться, а само время – «уплотняться». В этом случае вполне уместно обратиться к образу водоворота. Человеку, находящемуся на удалённой периферии водного вихря, частота и скорость движения воды представляются незначительными. Вырваться из этого вихря возможно, используя энергию самого потока. Но, по мере приближения к центру воронки, частота и скорость движения существенно возрастают. В этих условиях возможности человека противостоять детерминизму природы и изменить ход событий – невелики (что допускал академик А.А. Ухтомский).

По мере приближения к рубежным фазам истории, частота и амплитуда социальных событий, в целом, возрастают. Во многих дисциплинах из комплекса наук о Земле специалисты используют выражение «пила» для качественной характеристики пространственного или временного интервала, предшествующего переходу изучаемой системы в новое качество, например, морских обстановок осадконакопления в континентальные.

Явление роста частоты и амплитуды событий в переходные эпохи имеет два выраженных положительных эффекта. Во-первых, при существенном увеличении амплитуды колебаний, даже с учётом роста уровня информационного шума, отношение «сигнал/шум» также может увеличиваться, что облегчает формальное детектирование аномалий социальной динамики – как положительных, так и отрицательных, которые, как правило, и квалифицируются как «явления», подлежащие первоочередному изучению.

Во-вторых, увеличение частоты подобных явлений облегчает задачу их эмпирической верификации, задачу корректировки исходных гипотез и моделей, выступающих исходной экспериментальной базой формулировки соответствующих теорий. Поэтому подобные «переходные эпохи» истории зачастую оказываются весьма продуктивными с позиции генерации новых гипотез, моделей и теорий, обеспечивающей преемственную смену парадигм научного поиска [7].

Важный вопрос о том, как согласуется идея непрерывного развития и пересмотра паттернов социального поведения с ресурсным обеспечением подобного процесса (см. рис. 1, «?»), мы здесь даже не затрагиваем. Скажем лишь, что помимо обычных механизмов взаимодействия социального поля (по К. Левину) с «веществом» – поглощения, отражения и рассеивания, первоочередную роль сыграет т.н. геометрическое расхождение поля, пропорциональное $[4\pi \cdot R^2]^{-1}$, где R – радиус-вектор, связанный со временем через скорость распространения «поля» в данной «среде». А источников поля бесконечной мощности земная природа, видимо, не предполагает, даже с учётом способности человека «отнять и поделить».

Список литературы

1. Алексеев В.П. *Очерки экологии человека* / В.П. Алексеев. – М.: Наука, 1993. – 191 с.
2. Чижевский А.Л. *Земля в объятиях Солнца* / А.Л. Чижевский. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. (Антология мысли).
3. Кругман П. *Возвращение великой депрессии? Мировой кризис глазами нобелевского лауреата* / П. Кругман // пер. с англ. В.Н. Егорова. – Под общ. ред. М.Г. Делягина, Л.А. Амелехина. – М.: Эксмо, 2009. – 336 с. – (Экономика: мировые тенденции).
4. *Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»* под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – 410 с.
5. *Примаков Е.М. Мир без России? К чему ведёт политическая близорукость* / Е.М. Примаков. – М.: ЗАО «Издательство Центрполиграф». – 2016. – 255 с.

6. Неклесса А.И. Трансмутация истории: Вступление в постсовременный мир // Цивилизация. Восхождение и слом: Структурообразующие факторы и субъекты цивилизационного процесса / отв. ред. Э.В. Сайко; науч. совет «История мировой культуры». – М.: Наука, 2003. – 453 с. – (Субъект в мире – Мир Субъекта).

7. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. – М.: Наука, 2003. – 482 с.

ЛЬДОПОРОДНАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

(на примере Кировского разреза)

Б.Н. Заровняев, А.А. Кузьмин

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск

Аннотация. Интенсивное освоение природных ресурсов привело к обширным нарушениям ландшафта, сокращению сельскохозяйственных угодий, загрязнению водной и воздушной среды. В связи с этим, разработка технологии рекультивации нарушенных земель является актуальной задачей.

Для оценки заполняемости выработанного пространства предлагается ввести понятие показатель заполняемости (K_z) выработанного пространства с учетом коэффициента разрыхления (K_p) пород вскрыши. Т.к. не всегда объем вскрыши достаточно для полного заполнения выработанного пространства. Технология рекультивации выработанного пространства заключается в частичном заполнении выработанного пространства льдом и размещении пород вскрыши над ледяной призмой для теплоизоляции. Предлагаемая технология восстановления нарушенных земель позволяет полностью заполнить выработанное пространство и обеспечивает полноценную рекультивацию карьерного поля.

Ключевые слова: выработанное пространство, коэффициент заполняемости, рекультивация, внутреннее отвалообразование, намораживание льда, теплозащитный слой.

Введение.

Республики Саха (Якутия) расположена на территории более чем 3 млн. км², разобщенных бездорожьем и находящейся в условиях многолетней мерзлоты, что создает серьезную проблему в энергетическом обеспечении населенных пунктов. В связи с этим, по всей территории республики расположены малые разрезы с производственной мощностью до 100-200 тыс. т угля в год для удовлетворения нужд местных потребителей. Преимущества малых разрезов заключаются в низкой себестоимости добычи угля благодаря незначительной вскрыши, сокращении транспортно-перевалочных расходов, в обеспечении доступных энергоресурсов местным потребителям и модернизации экономики районов. При этом, как правило, площади, занимаемые разрезами для карьеров, отводятся из сельскохозяйственных угодий, что требует надлежащей рекультивации нарушенных земель и возврат в сельскохозяйственные угодия. В связи с этим в работе рассматривается технология рекультивации нарушенных земель с полным заполнением карьерного поля, при условии нехватки пород вскрыши для этой цели. Технология предусматривает одновременную рекультивацию нарушенных земель.

Исследования экологических проблем при открытой разработке месторождений представлена в работе [1-3], где отмечается, что наиболее интенсивное воздействие на природные комплексы наблюдается на участках ведения горных работ, специфика которых определяется горно-геологическими условиями, такие как коэффициент вскрыши, рельеф местности, глубина залегания месторождения, технология разработки и зонально-климатические особенности. Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является отвалы горных работ, занимающие обширные территории. В связи с этим, при разработке новых технологий ведения открытых горных работ следует, по возможности, сократить площади отвалов, а лучше использовать внутреннее отвалообразование.

Также ряд авторов, на основе анализа факторов экологических катастроф, считают открытые горные работы наиболее разрушительными на окружающую среду [4-6]. В связи с этим считают, что добыча полезных ископаемых должна вестись с внутренним отвалообразованием с последующей рекультивацией карьерного поля, для чего преимущественно используются драглайны.

Таким образом, рекультивация нарушенных земель взаимосвязана с технологией ведения горных работ и должна, как правило, проводиться одновременно с разработкой месторождения и работы по ее производству включаются в общий технологический процесс. В горнотехническую рекультивацию входят выемка, складирование и хранение пригодных для рекультивации почв, подготовка отвалов, инженерная подготовка восстанавливаемого карьерного поля, нанесение почвы на восстановленную поверхность карьерного поля и отвалов, выполаживание откосов отвалов и горных выработок, берегов создаваемых водоемов, работы по восстановлению плодородия перемещаемой почвы, инженерно-строительные и гидротехнические работы при освоении восстановленных территорий под строительство и зоны отдыха и другие работы. При этом проблема заполнения выработанного пространства возникает, когда объем пород вскрыши не хватает для заполнения выработанного пространства. Это наблюдается при разработке мощных угольных пластов с небольшим объемом вскрыши.

Критерий для оценки заполняемости выработанного пространства карьера

Таким образом, основным фактором заполняемости выработанного пространства является соотношение объемов вскрыши и выработанного пространства. Косвенным показателем заполняемости выработанного пространства является коэффициент вскрыши K_v . Чем больше объемы вскрыши, тем больше площадей занимают внутренние и внешние отвалы.

Для оценки заполняемости выработанного пространства предлагается ввести понятие показатель заполняемости (K_3) выработанного пространства с учетом коэффициента разрыхления (K_p) пород вскрыши. Т.к. не всегда объем вскрыши достаточно для полного заполнения выработанного пространства. Коэффициент заполняемости выработанного пространства (K_3) зависит от объемов вскрыши и пласта полезного ископаемого или свиты пластов с

междупластьями. Коэффициент заполняемости выработанного пространства (K_3) определяется как отношение объема вскрыши с учетом коэффициента разрыхления к объему выработанного пространства.

$$K_3 = \frac{V_{\text{вск}} \times K_p}{V_{\text{карьера}}},$$

где $V_{\text{вск}}$ – объем вскрыши, м^3 ;

K_p – коэффициент разрыхления;

$V_{\text{карьера}}$ – объем карьера, м^3 .

Результаты предварительных расчетов коэффициента заполняемости по малым карьерам показывает, что не во всех разрезах объем вскрыши заполняет выработанное пространство. Во многих случаях выработанное пространство остается незаполненной. Анализ заполняемости выработанного пространства показывает, что у большинства разрезов данный показатель ниже 1, что говорит о необходимости дополнительных материалов при рекультивации выработанного пространства.

В этом случае выработанное пространство должно быть дополнительно заложено другим материалом для получения ровной поверхности после рекультивации карьерного поля.

Для рассматриваемого разреза Кировский коэффициент заполняемости выработанного пространства K_3 составляет от 0,57 до 0,7. Это означает, что от 30 % до 43 % выработанного пространства должно быть заполнено другим материалом, например, замораживанием льда.

Технология рекультивации выработанного пространства

Так как за период разработки Кировского угольного месторождения произошло накопление нарушенных земель в виде выработанного пространства были произведены предварительные подсчеты площадей и объемов карьерного поля. В таблице представлены результаты этих расчетов. В первой части представлены площади старых отработок, во второй части действующего карьерного поля.

Наименование	Показатели
Площадь нарушаемых земель:	
• I-я часть $S_{\text{н.з.1}}$, м^2	152 600
• II-я часть $S_{\text{н.з.2}}$, м^2	61 790
• Общая площадь $S_{\text{н.з}}$, м^2	214 390 = 21,4 Га
Объем выработанного пространства: $V_{\text{в.п.}}$, м^3	2 425 712,37
Объем необходимой льдопородной призмы:	
• I-я часть $V_{\text{л.п.1}}$, м^3	152 600
• II-я часть $V_{\text{л.п.2}}$, м^3	1 415 552,37
• Общий объем $V_{\text{общ.л.п.}}$, м^3	1 568 152,37

Продолжение таблицы	
Объем теплоизоляционного слоя вскрыши:	
• I-я часть $V_{Т.С.1}$, м ³	610 400
• II-я часть $V_{Т.С.2}$, м ³	247 160
• Общий объем $V_{Общ.Т.С}$, м ³	857 560

Поставленная задача достигается тем, что в способе рекультивации отработанных карьеров и выработанного пространства в условиях многолетней мерзлоты, часть выработанного пространства заполняется льдопородным целиком и намораживается благодаря отрицательной температуре мерзлых горных пород [7]. При этом могут быть использованы методы дождевания в холодный период года благодаря взаимодействию с холодным воздухом, а также послойного намораживания воды в выработанном пространстве с последующим размещением на них слоя вскрышных пород, толщиной более мощности сезонного оттаивания [8, 9].

Мощность теплоизоляционного слоя вскрышных пород, укрывающих ледяную призму от оттаивания в Нюрбинском районе, а именно в поселке Киров, где располагается Кировский разрез составляет не более 2 м. Можно учесть с некоторым запасом равным к 3,5 м для первой так и второй части карьера. Это позволит сохранить намороженный лед.

Таким образом, недостающий объем выработанного пространства заполняется льдом с помощью дождевального агрегата «Град-1», а сверху на лед размещаются породы вскрыши необходимой толщины, предотвращающей оттаивание в летний период. На рис. 1 представлен план и разрез карьера в процессе льдопородной рекультивации.

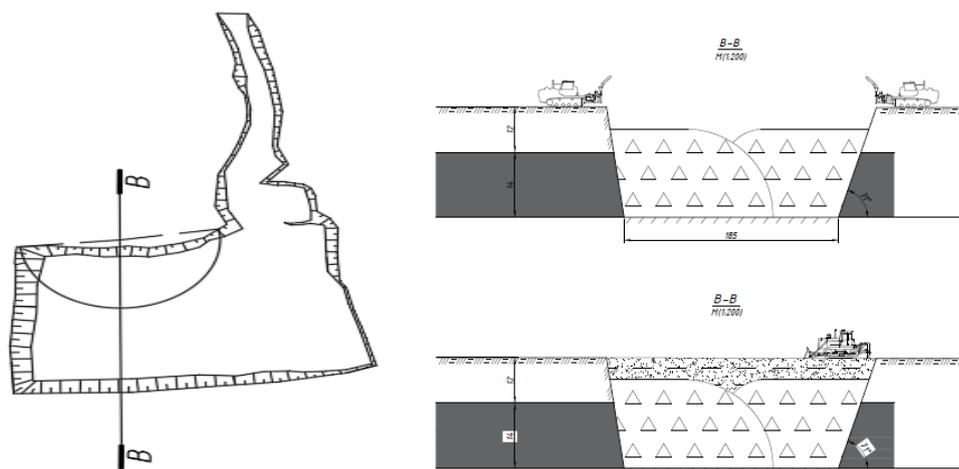


Рис. 1. План и разрез карьера в процессе рекультивации

Намораживание льда, как правило, начинается в холодный период года. Продолжительность замораживания зависит от температуры воды, породы и воздуха, наличия ветра. Установлено, что с усилением ветра ускоряется процесс замораживания. Как правило, намораживание льда осуществляется в нижней части карьера, а сверху располагается вскрыша для теплоизоляции и сохранения льда.

На рис. 2 представлено соотношение заполнения выработанного пространства способами рекультивации. При этом объем выработанного пространства подлежащего рекультивации составляет 2425 м³. Объем льдопородной призмы составляет 1568 м³, а объем вскрыши, необходимой для теплоизоляции составляет 686 м³.

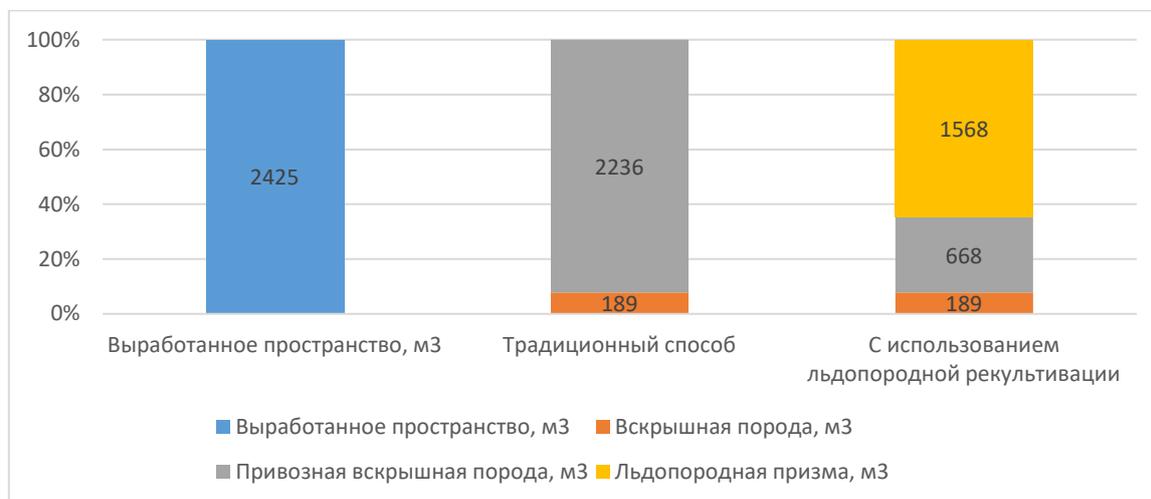


Рис. 2. Соотношение заполнения выработанного пространства способами рекультивации

Таким образом, предлагаемая технология восстановления нарушенных земель позволяет полностью заполнить выработанное пространство и обеспечивает полноценную рекультивацию карьерного поля.

Выводы.

1. Интенсивное освоение природных ресурсов привело к обширным нарушениям ландшафта, сокращению сельскохозяйственных угодий, загрязнению водной и воздушной среды. В связи с этим, разработка технологии рекультивации нарушенных земель является актуальной.
2. Для оценки заполняемости выработанного пространства предлагается ввести понятие показатель заполняемости выработанного пространства, оцениваемый через коэффициент заполняемости выработанного пространства (K_3).
3. Предлагаемая технология восстановления нарушенных земель позволяет полностью заполнить выработанное пространство и обеспечивает полноценную рекультивацию карьерного поля.

Список литературы

1. Горохов А.Н. Оценка степени техногенного воздействия на природные комплексы Верхоянского района Республики Саха (Якутия) / А.Н. Горохов, В.В. Иванов, З.А. Кудинова, А.А. Петров // Горный журнал, 2016, – №9. – 109-114 с.
2. Jiuping Xu, Ning Ma, Heping Xie. Ecological coal mining based dynamic equilibrium strategy to reduce pollution emissions and energy consumption // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 167. P. 514-529.
3. Jin LI, Tong Tong ZHANG, Wen YANG, Yu ZHANG. The environmental impact of mining and its countermeasures // MATEC Web of Conferences 63, 04010 (2016). DOI: 10.1051/mateconf/2016630

4. Tu Scott. *Effect of coal mining on the environment and countermeasure research of [J]. Mining research and development 2003, 23 (4): 8-10.*

5. Z. Nzimande, H. Chauke. *Sustainability through responsible environmental mining//Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Volume 112, February, 2012, 135-139 P.*

6. Selyukov A.V. *Technological significance of internal dumping in open pit coal mining in the Kemerovo region / Journal of Mining Science. 2015. 51(5). pp. 879 – 887.*

7. Zarovnyaev, B., Shubin, G., Sobakina, M., Budikina, M. *Development of Environmentally Safe Mining Technologies Taking into Account Thermomechanical Conditions of the Permafrost Zone// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 221, Issue 1, 4, Czech Republic, 2019.*

8. Заровняев Б.Н., Туласынов Н.А., Быков О.А. *Способ открытой разработки пологих месторождений в условиях многолетней мерзлоты // Патент РФ №2206747, E21C 41/26. Оpubл. 20.06.03, бюлл. №17.*

9. Собакина М.П., Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Дугарцыренов А.В., Рахлеев П.Д. *Способ внутреннего отвалообразования в условиях многолетней мерзлоты // Патент №2740892 по заявке №2020118618, от 05.06.2020. МПК E21C 41/26. Опубликовано 21.01.2021 Бюл. № 3.*

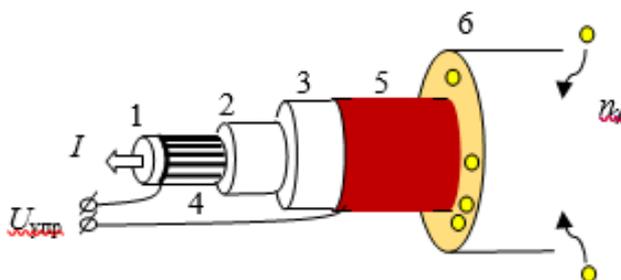
РЕЗОНАНСНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ОПТОВОЛОКОННЫМ PEL-ДАТЧИКОМ

А.А. Паньков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

Аннотация. Разработана математическая модель оптоволоконного пьезоэлектролюминесцентного (PEL) датчика и алгоритма измерения спектров распределенных физико-механических и химических величин, влияющих на резонансную частоту пьезоэлектрического элемента PEL-датчика, в частности, температуры и концентраций химических веществ.

PEL-датчик представляет собой оптоволоконно с композитным многослойным покрытием (рис.) [1, 2], где селективный адсорбирующий слой с эффектом адсорбции диагностируемых химических веществ из внешней среды.



Оптоволоконный PEL-датчик с адсорбирующим слоем: 1 - оптоволоконно, 2 – люминофор, 3 – пьезоэлектрик, 4,5 – электроды, 6 – адсорбирующий слой

Адсорбция вещества адсорбирующим слоем на каждом малом локальном участке длиной \bar{l} датчика обуславливает смещение его начальной ($\chi=0$) амплитудно-частотной характеристики $\tilde{I}_0(\nu, \bar{l})$ по оси частоты ν на величину изменения резонансной частоты $\Delta\chi \equiv \nu_\chi - \nu_0 \approx k_\nu \chi$ пропорционально искомой величине концентрации анализируемого вещества χ , где постоянные характеристики сенсора: k_ν – коэффициент пропорциональности, ν_0 – резонансная частота датчика для начального случая $\chi=0$. Постоянная составляющая электрического напряжения $U_{упр}$ на управляющих электродах датчика необходима для настройки датчика на рабочий режим в рассматриваемом диапазоне значений концентраций вещества χ , гармоническая составляющая – для возбуждения вынужденных стационарных электроупругих осесимметричных колебаний датчика. Искомый спектр $f_\chi(\tau)$ распределения концентрации вещества χ по длине l датчика находится из решения интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода $g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K(t-s)f(s)ds$ по результатам измерений спектра $g(\nu) \equiv \tilde{I}(\nu)$ амплитуды интенсивности свечения \tilde{I} на выходе из оптического волокна при различных значениях частоты ν электрического напряжения $U_{упр}$, где $f(s) \equiv f_\chi(\tau)|_{\tau=s/k_\nu}$. Ядро Фредгольма

$K(\nu) \equiv \frac{l}{k_\nu} \left(\frac{\partial \tilde{I}_0(\nu, \bar{l})}{\partial \bar{l}} \right)_{\bar{l}=0}$ находится по известной начальной амплитудно-частотной

характеристике $\tilde{I}_0(\nu, \bar{l})$ при $\chi=0$, где k_ν – коэффициент пропорциональности для рассматриваемого рабочего диапазона концентраций анализируемого вещества χ .

Результаты получены при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на выполнение фундаментальных научных исследований (проект № FSNM-2020-0026).

Список литературы

1. Патент RU № 2733093. Способ измерения распределенных параметров физико-механических величин / Паньков А.А., опубл.: 29.09.2020 Бюл. № 28.
2. Pan'kov A.A. Piezoelectroluminescent fiber-optic sensors for temperature and deformation fields // *Sensors and Actuators A: Physical*. – 2019. – vol. 288. – pp. 171-176.

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ

Л.Я. Нигматуллина, В.Р. Рахматуллин

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

***Аннотация.** В данной работе рассмотрен экологичный способ утилизации буровых отходов на морском шельфе – обезвоживание отходов нефтяных скважин с использованием геоконтейнеров – геотуб. Показаны основные преимущества данного способа перед имеющимися наиболее распространенными методами утилизации, в частности, сжиганием буровых отходов в различных установках.*

***Ключевые слова:** буровые отходы, сжигание, геоконтейнеры, обезвоживание отходов.*

Создание нефтяных скважин сопровождается образованием буровых отходов (шламов) влажностью до 95 %. Подавляющее большинство буровых отходов размещается в шламовых амбарах, существование которых отрицательно влияет на компоненты геоэкосистем.

Остро стоит проблема переполнения имеющихся нефтяных амбаров буровыми отходами, происходит поражение всё больших участков грунта, рост числа «нефтешламовых озёр» и усложнение их физико-химического состава. Следовательно, данные проблемы усложняют процесс переработки, он становится более трудным и затратным.

На практике наиболее часто используются методы утилизации буровых отходов путем сжигания, но данный метод обладает главным недостатком для окружающей среды – выброс вредных элементов в атмосферный воздух. Этот недостаток возможно уменьшить, но для этого потребуются дополнительные траты.

В данной работе рассмотрен экологичный способ утилизации буровых отходов на морском шельфе – обезвоживание отходов нефтяных скважин с использованием геоконтейнеров – геотуб.

Geotube® (геотубы) – контейнеры для обезвоживания различных водных суспензий. Они изготавливаются из фильтрующего геотекстиля по уникальной технологии, разработанной голландской компанией TenCate Geosynthetics. Материал контейнеров обладает высокой прочностью и обладает уникальной удерживающей способностью. Контейнер Geotube® устойчив к биологическому и химическому воздействию щелочей и кислот. Размер контейнеров Geotube® определяется исходя из требуемых объемов обезвоживания и размеров территории, отведенной под промышленную площадку. Периметр рукава контейнера – от 10,0 до 27,4 м, а допустимая длина – от 15 до 60 м с шагом 5 м. Подсоединение подающего пульпопровода к геотубу осуществляется через специальные рукава (Filing Funnel или GeoPort®), прикрепленные к своду контейнера, как правило, с интервалом 15 м.

Первичное обезвоживание в контейнерах Geotube® (геотубах) происходит следующим образом. Свободная вода выходит через стенки геотуба сквозь

мелкие поры геотекстиля. В результате этого происходит обезвоживание осадка (шлама) и, как следствие, уменьшение его объема. Для улучшения водоотдающих свойств осадка в него добавляют специальные реагенты – в большинстве случаев органические полимеры на основе полиакриламида. Эти реагенты (флокулянты, коагулянты) связывают между собой мелкие частицы шлама, благодаря чему увеличивается скорость водоотдачи, а фильтрат, выходящий из контейнера, получается чистым и не содержит механических взвесей.

После завершения активной стадии водоотдачи осадок, закаченный в геотекстильные контейнеры Geotube®, продолжает обезвоживаться благодаря хорошей светопоглощающей способности геотекстиля и испарению через большую площадь поверхности контейнера. Кроме того, контейнер Geotube® не впитывает атмосферные осадки, и шлам не подвергается повторному обводнению.

Работы по закачке контейнеров можно проводить только в сезон положительных температур, в то же время процесс обезвоживания в заполненном контейнере длится в течение всего года. Положительно на процесс обезвоживания влияет «зимовка» контейнера Geotube®. Благодаря промораживанию осадка меняется его структура, и происходит отделение остаточной влаги. В результате, после оттаивания весной из контейнера выходит дополнительная порция воды, а объем содержащегося шлама сокращается.

Благодаря обезвоживанию в контейнере Geotube® обводненный шлам становится материалом, удобным для погрузки и транспортировки. Контейнер вскрывается, и его содержимое вывозится. Твердая фаза отправляется на переработку в различные мобильные установки в бункер приема твердой фазы бурового отхода. Жидкая фаза также закачивается в специальную мобильную установку для переработки.

Список литературы

1. *Чертес К.Л. Интенсивная биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса / К.Л. Чертес, Д.Е. Быков, О.В. Тупицына, О.А. Самарина, Н.А. Уварова, Е.П. Истомина, А.М. Штеренберг // Экология и промышленность России, № 3. – 2010. – С. 36-39.*
2. *Шорникова Е.А. Некоторые возможные способы утилизации отходов бурения и нефтедобычи / Е.А. Шорникова // Биологические ресурсы и природопользование. – Вып. 5. Сургут: Дефис, 2002. – С. 99-109.*
3. *Ягафарова Г.Г. Экологические аспекты при строительстве скважин на суше и на море: монография / Г.Г. Ягафарова, Х.И. Акчурин, В.Р. Рахматуллин, А.Х. Сафаров, Д.В. Рахматуллин, Д.Х. Акчурина, И.Р. Ягафаров. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2014. – 112 с.*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕСОРБЕНТОВ

А.Х. Сафаров, И.В. Бурханова, О.А. Кудашева
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию сорбентов, для очистки нефтезагрязненных грунтов, с иммобилизованными на их поверхности нефтеокисляющими микроорганизмами. В качестве объекта исследования использовалась тяжелая нефть Лянторского месторождения ООО «Сургутнефтегаз». Исследования проводили со следующими сорбентами: древесный уголь, опилки лиственных пород деревьев и кизельгур. В качестве нефтеокисляющих микроорганизмов была использована музейная культура *Rodococcus erythropolis* АС 1339 Д. В ходе проведенного исследования установлено, что исследуемые биосорбенты эффективно очищают нефтезагрязненные грунты.

Разливы нефти при её добыче, а также повышенная аварийность при транспортировании нефти и нефтепродуктов оказывают негативное влияние на окружающую среду. Проведение рекультивационных работ, после загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами, позволяет снизить техногенную нагрузку.

Для очистки нефтезагрязненных грунтов на сегодняшний день актуальным является использование нефтесорбентов. Внесение сорбентов-структураторов оказывает положительное влияние на процесс деструкции нефти и нефтепродуктов. Это объясняется тем, что их внесение улучшает агрофизические свойства нефтезагрязнённых почвогрунтов и в первую очередь их структуру. В результате повышается водопроницаемость загрязнённого почвогрунта и его аэрация, создаются оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов [2].

Также интересным является исследование процесса иммобилизации нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхности сорбентов, что позволит более равномерно и качественно распределить микробные клетки в толще нефтезагрязнённого почвогрунта [2].

Целью данной работы являлось использование исследуемых сорбентов, с иммобилизованными на их поверхности нефтеокисляющих микроорганизмов, для очистки нефтезагрязненных грунтов.

В качестве объекта исследования в экспериментах использовалась тяжелая нефть, с плотностью $0,915 \text{ г/см}^3$, добытая на Лянторском месторождении ООО «Сургутнефтегаз» Ханты-Мансийского автономного округа.

Начальным этапом работы являлось сравнение сорбционных характеристик исследуемых сорбентов: древесный уголь, опилки лиственных пород деревьев и кизельгур – тонкопористая кремнистая порода отложений диатомитовых водорослей, сцементированная опаловым кремнием.

В качестве главных показателей для анализа сорбционных характеристик взяли показатели нефтеёмкости и влагоёмкости, определяя их гравиметрическим методом, согласно ТУ 214-10942238-03-95[1]. Нефтеёмкость определяли, используя нефть с плотностью $0,915 \text{ г/см}^3$.

Данные полученные в ходе исследования, обобщены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики сорбента-носителя

Наименование сорбента	Насыпная плотность, т/м ³	Нефтеёмкость, кг/кг	Влагоёмкость, кг/кг
Древесный уголь	0,230	3,35	3,10
Опилки лиственных пород деревьев	0,200	3,51	4,45
Кизельгур	0,270	2,90	3,45

Как видно из полученных результатов, наибольшей нефтеёмкостью обладают опилки лиственных пород деревьев, а насыпной плотностью – кизельгур.

Следующим этапом работы являлась иммобилизация нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхность сорбентов. В качестве нефтеокисляющих микроорганизмов использовали музейную культуру *Rodococcuserythropolis* AC 1339 Д. Иммобилизацию *Rodococcuserythropolis* AC 1339 Д. осуществляли путём смешивания концентрированной суспензии микробных клеток с титром 10^8 кл/мл с сорбентом-носителем в равном соотношении (1 мл суспензии : 1 см³ сорбента). Иммобилизацию проводили путем перемешивания при температуре 28 °С в течение 3ч.

Количество закрепленных нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхности сорбентов определяли по известной методике [3] путем смыва. Обобщенные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Количество *Rodococcuserythropolis* AC 1339 Д, закрепившихся на сорбенте

Сорбент	Количество нефтеокисляющих микроорганизмов, кл/г
Древесный уголь	$(5 \pm 0,1) \cdot 10^6$
Опилки лиственных пород деревьев	$(6 \pm 0,6) \cdot 10^7$
Кизельгур	$(1 \pm 0,5) \cdot 10^5$

Из результатов, приведенных в таблице 2 следует, что наиболее эффективным сорбентом для иммобилизации нефтеокисляющих микроорганизмов являются опилки лиственных пород деревьев.

В дальнейшей работе изучали деградацию нефти и нефтепродуктов в нефтезагрязненных почвогрунтах с использованием сорбентов с иммобилизованными на их поверхности нефтеокисляющими микроорганизмами (биосорбентами).

Изучение процессов деструкции нефти и нефтепродуктов сорбентами проводили на модельных образцах нефтезагрязненного почвогрунта. В качестве исследуемых нефтепродуктов в почвы вносили тяжелую нефть. Содержание тяжелой нефти в модельных образцах составляло, % масс.: 1; 3; и 5. Исследуемые

биосорбенты вносили в количестве 3 % масс. Культивирование проводили в течении 40 суток при комнатной температуре. Содержание нефти и нефтепродуктов определяли методом ИК-спектрометрии. Полученные данные обобщены и представлены в таблице 3.

Таблица 3
Биодеструкция нефти и нефтепродуктов в модельных образцах

Наименование сорбента	Степень биодеструкции, %		
	Содержание нефти, % масс		
	1	3	5
Древесный уголь	95,3	87,6	66,4
Опилки лиственных пород деревьев	97,5	88,2	67,9
Кизельгур	93,1	85,3	63,1

Данные, представленные в Таблице 3, позволяют сделать вывод, что совместное внесение нефтеокисляющих микроорганизмов и сорбентов позволяет эффективно очищать нефтезагрязненный грунт. Наибольшая степень очистки наблюдается при использовании опилок лиственных пород деревьев.

Список литературы

1. Каменщиков Ф.А. Нефтяные сорбенты / Ф.А. Каменщиков, Е.И. Богомольный. – М.: Изд-во Институт компьютерных исследований, регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 268 с.
2. Сафаров А.Х. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду отходов нефтехимического производства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 03.02.08 / Сафаров Альберт Хамитович. – Уфа, 2019. – 48 с.
3. Синицын А.П. Имобилизованные клетки микроорганизмов / А.П. Синицын, Е.И. Райнина, В.И. Лозинский, С.Д. Спасов. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 288 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ДЕМА

Р.Р. Фатхиева, Э.М. Зайнутдинова, И.Г. Мигранова
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа

Аннотация. Введение Статья посвящена актуальной проблеме охраны природных акваторий, расположенных в непосредственной близости от крупных городов и промышленных предприятий.

Цели и задачи Изучение экологической обстановки малой реки Дема и выявление степени ее загрязненности в условиях антропогенного воздействия.

Методы Отбор проб воды из реки проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 31861- 2012 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Результаты В результате проведенного исследования установлено, что водный бассейн реки Дема испытывает значительную техногенную нагрузку. Установлено, что на

качество речной воды существенное влияние оказывают близлежащие техногенные источники, в частности предприятия агропромышленного комплекса, а также несанкционированные свалки, расположенные в непосредственной близости от побережья реки Дема.

Ключевые слова: *загрязнение; природные воды; малые реки; загрязняющие вещества.*

Введение Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности являются одними из самых важных проблем, стоящих перед человечеством. В настоящее время усиливается внимание к малым рекам, что обусловлено их особой экологической ролью. Одно из главных направлений в изучении водных экосистем – региональная оценка состояния водных объектов. В этой связи важной и актуальной задачей является изучение экологического состояния малых рек Башкортостана на примере р. Дёма [1].

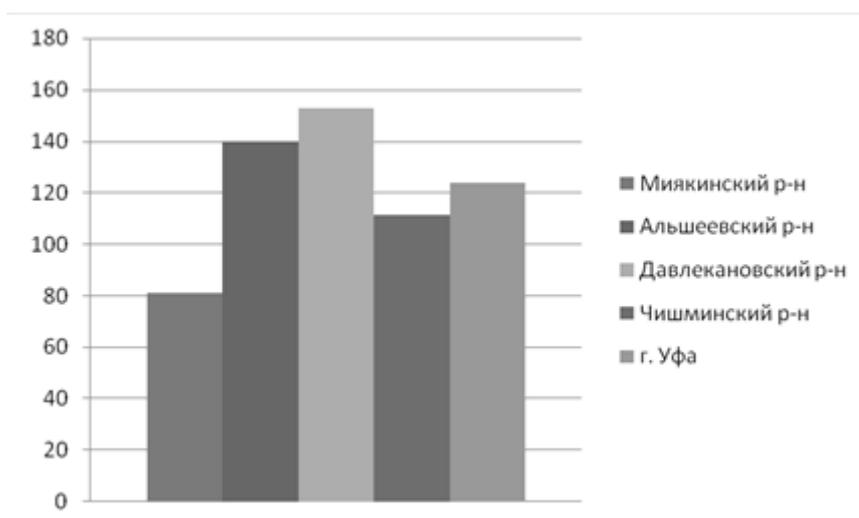
Целью данной работы являлись изучение экологической характеристики малой реки Дема (Республика Башкортостан) и выявление степени ее загрязненности в условиях антропогенного воздействия. Река Дема представляет собой равнинную реку, пересекающую степную и лесостепную зоны. Среди основных источников загрязнений реки Дема можно выделить ОАО «Миякимолзавод», ОАО «Башкирский Бройлер», ООО «Раевсахар», Давлекановский молочный комбинат, сточные воды которых поступают в реку, а также сельскохозяйственные угодья, автотранспортные предприятия, железная дорога и множество несанкционированных свалок.

Материалы и методы исследования Отбор проб воды из реки Дема проводили в 5 створах в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 «Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб». Отбор проб проводили ежемесячно с апреля по декабрь 2020 г.

Исследованы следующие показатели: водородный показатель, хлориды, ХПК, БПК, аммоний, нитриты, нитраты, сульфат-ионы. Особое внимание было уделено опасным экотоксикантам: тяжелым металлам (медь, цинк, никель, железо, марганец). Оценка качества поверхностных вод проводилась по предельно допустимым концентрациям (ПДК), установленным для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение [4]. Исследования проводились в аккредитованной гидрохимической лаборатории г. Уфа.

Результаты исследования на основе полученных результатов установлено, что наибольшее количество загрязняющих веществ приходится на период половодья с мая по июнь.

Так, например, для оценки качества воды в реке Дема определяли содержание сульфатов. Известно, что содержание сульфатов ухудшает органолептические свойства воды. Результаты содержания сульфатов в пробах речной воды в 5 районах Республики Башкортостан представлены на рисунке. Наблюдается превышение ПДК в четырех районах, наибольшее в Давлекановском районе в 1,5 раза.



Содержание сульфатов в воде реки Дема (ПДК р/х – 100 мг/дм³)

Вывод Проведенные химико-аналитические исследования свидетельствуют о неравномерности распределения загрязняющих веществ в водном объекте р. Дёма. Таким образом, в результате проведенного исследования в пяти контрольных точках (Миякинский, Альшеевский, Давлекановский, Чишминский районы и г. Уфа) установлено, что водный бассейн реки Дема испытывает значительную техногенную нагрузки. При этом наибольшее содержание загрязняющих веществ обнаружено в пробах воды, отобранных в Альшеевском и Давлекановском районах. Установлено, что на качество речной воды существенное влияние оказывают близлежащие техногенные источники, в частности предприятия агропромышленного комплекса, а также несанкционированные свалки, расположенные в непосредственной близости от побережья реки Демы.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2018 году // Официальный сайт Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан. 06.08.2019. URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/news/214943/> (дата обращения: 16.11.2020).
2. Галиулин Р.В. Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиуллина, В.Н. Башкин // Вода: химия и экология. 2016. – № 11 (101). – С. 10-15.
3. Rizwan R. Impact of Industrial Development on Surface Water Resources in Angul Region of Orissa / R. Rizwan, S. Gurdeep // International Journal of Environmental Sciences. – 2010. – Vol. 1, No. 4. – P. 514-522.
4. Магасумова А.Т. Оценка экологического состояния реки Шугуровка / А.Т. Магасумова, Т.П. Смирнова, А.П. Ступин, В.И. Сафарова, Р.М. Хатмуллина, Е.В. Фатьянова // Вода: химия и экология. – 2011. – № 11 (41). – С. 97-101.
5. Моисеенко Т.И. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды / Т.И. Моисеенко. – М.: Наука, 2010. – 268 с.

ЭЛЕМЕНТЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары

Аннотация. Влияние и роль химических элементов в загрязнении окружающей среды. О стимулирующей роли препарата «Бальзам-ЭКБ».

Роль химических элементов в загрязнении окружающей среды и возникновении заболеваний до сих пор не изучена. Ученые постоянно анализируют данные о химических элементах, являющихся основными источниками широкого и опасного загрязнения окружающей среды. Непрерывное взаимодействие организма со средой является необходимым условием его существования. С неблагоприятными условиями среды человек встречается и в быту, но чаще на производстве. Изучение жизненной роли всех элементов представляет чрезмерно важный интерес. Химические элементы, которые, входя в состав организмов растений, животных и человека, принимают участие в процессах обмена веществ и обладают выраженной биологической ролью, получили название биогенных элементов. Справедливо утверждение о том, что нет вредных веществ, есть вредные концентрации. В настоящее время получены ряд природных и синтетических биологически активных препаратов и разработаны способы их применения в сельскохозяйственной практике. Стимуляторы роста растений незаменимы.

Нами предлагается средство для регулирования роста картофеля экологически чистого безвредного препарата «Бальзам-ЭКБ», представляющий собой 50%-ную эмульсию природных терпеноидов в воде с добавлением эмульгатора. Он состоит из биологически активного вещества марки «Б» по ТУ 13-4000177-181-83, содержащий концентрат сескви- и дитерпеновых углеводов, спиртов и смоляных кислот; девятиводного метасиликата натрия по ТУ 6-09-5337-87- кристаллическое вещество от белого до кремового цвета. Для сравнения использовали раствор сернокислой меди («тяжелый») металл в концентрации 0,005-2,0 %. В лабораторных условиях изучалось влияние препарата «Бальзам-ЭКБ» на прорастание глазков и почек картофеля в сравнении с водным раствором сернокислой меди той же концентрации. Контролем служили клубни, обработанные водой. Замоченные клубни проращивали во влажных опилках. Повторность опыта – шестикратная. Результаты изучения в лабораторных условиях действия на пробуждение почек показали, что обработка клубней препаратом в концентрации 0,005 % увеличивала на 22-34 % в сравнении с контролем и, кроме того, вызывала раннее прорастание. Концентрация «тяжелого» металла – сернокислой меди 2,0 % явилась губительной для прорастания семян клубней картофеля. Таким образом, препарат 50%-ный водный раствор оказался эффективным для стимулирования роста картофеля. Действие «бальзамов» основано на влиянии терпеновых кислот и спиртов, входящих в состав препаратов [1-10]. Ароматизированные выделения

смола хвойных деревьев экологически благоприятно действуют на окружающую среду, что немало важно для обслуживающего персонала – рабочих. Наши исследования в этом направлении продолжаются совместно с обучающимися химико-фармацевтического факультета.

Список литературы

1. Читнаев Е.Л. Неорганические вещества, их биологическая активность / Е.Л. Читнаев, Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.
2. Заживихина Е.И. Применение биологически активных веществ на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Химико-лесной комплекс – научное кадровое обеспечение в XXI веке. Проблемы и решения. Международная научно-практическая конференция. Сборник статей по материалам конференции.* – Красноярск: СибГТУ, 2000. – С. 287-289.
3. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Сувар» с дезинфицирующим препаратом «Бальзам-ЭКБ» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Семейная медицина в современных условиях: материалы научно-практической конференции Приволжского Федерального округа.* – Чебоксары: Изд-во Чуваши. ун-та, 2002. – С. 213-214.
4. Заживихина Е.И. Изучение биологической роли препарата «Сувар» на телятах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Семейная медицина в современных условиях материалы научно-практической конференции Приволжского федерального округа.* – Чебоксары: Изд-во Чуваши. ун-та, 2002. – С. 212-213.
5. Заживихина Е.И. Биологическая роль некоторых микроэлементов / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Актуальные проблемы современного естествознания: мат-лы всерос. науч.-практич. конф. / под ред. Л.Н. Воронова, Н.В. Хураськиной, А.А. Шуканова.* – Чебоксары: Чувашгоспедуниверситет им. И.Я. Яковлева, 2006. – С. 148-151.
6. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Бальзам-ЭКБ» с микроэлементным препаратом «Сувар» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Глобальные проблемы экологизации в Европейском сообществе: Сборник трудов Международной конференции, посвященной 10-летию образования Международного информационно-экологического парламента.* – Казань, 28-29 сентября 2006. – С. 200-201.
7. Заживихина Е.И. Роль минеральных веществ и витаминов в питании животных / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Экологические аспекты регионального инновационного устойчивого развития: Тез. Всер. научно-практ. конф.* – Чебоксары, окт. 2006. – С.183-188.
8. Заживихина Е.И. О биологической роли абиотата натрия / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Современные проблемы химии и защиты окружающей среды: Тезисы докладов региональной научно-практической конференции.* – 2007. – С. 94-95.

9. Маркова С.А. Изучение дезинфицирующей способности «Бальзам-ЭКБ» на телятах / С.А. Маркова, Е.И. Заживихина // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2007, № 2 (32). – С. 75-76.

10. Заживихина Е.И. Количественное определение меди в органических объектах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Е.С. Никифорова // Сб. материалов всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием «Наука и образование: теория и практика». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2012. – С.80-81.

ВНЕДРЕНИЕ РАСТЕНИЙ-ИНТРОДУЦЕНТОВ В ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ ГОРОДОВ РУССКОГО СЕВЕРА

Е.В. Юркина, Г.Г. Романов, А.В. Гришина, Д.М. Русяева
Сыктывкарский лесной институт,
г. Сыктывкар

Аннотация. Современные города – яркий пример формирования новой среды обитания человека, растений и животных. В данных условиях появляется своеобразный природно-техногенный комплекс, особенности формирования которого еще плохо изучены. В работе представлен анализ истории использования древесных растений-интродуцентов при формировании экологического каркаса северных городов и этапы их введения в структуру зеленых насаждений.

Ключевые слова: урбосреда, дендрофлора, интродукция, города Русского Севера.

Проведенные исследования пяти крупных столичных городов РС (Архангельска, Вологды, Мурманска, Петрозаводска, Сыктывкара) позволили определить базовые элементы ЭК [1]. На озелененных территориях установлены состав, состояние и доля использования древесных видов-интродуцентов. При озеленении северных городов европейской России первостепенное значение имеет правильный выбор ассортимента пород. Здесь приходится учитывать основную трудность в создании их зеленого наряда – неблагоприятные почвенно-климатические условия [1]. Поэтому важно эффективно использовать наиболее декоративные виды растений местной флоры и проверенные временем виды растений-интродуцентов.

Цель исследования заключается в изучении истории озеленения городов Русского Севера (РС) и определение места интродуцированных растений в их экологическом каркасе (ЭК)

Степень применения в городском зеленом строительстве того или иного вида на Севере определяется исходя из анализа биологических особенностей каждого в части их морозостойкости, долговечности и декоративной ценности [2, 3, 4]. Например, для озеленения г. Вологда используется более 30 видов деревьев и 32 вида кустарников. Видовой состав старинных Вологодских садов, бульваров, придомовых насаждений включает около 20 видов деревьев и кустарников. Среди распространенных – тополя, боярышник, вяз, липа, желтая акация, сирень изредка – лиственница, пихта, ясень, дуб и др. Видовой состав

уличных посадок г. Архангельска представлен 34-45 видами деревьев и кустарников, среди которых пять хвойных и более 30 видов лиственных пород, причем 18 видов – аборигенные, а остальные – инорайонные виды растений. Из 102 видов древесных растений, насчитывающихся во флоре Республики Коми, 76 видов представляют интерес для использования в озеленении г. Сыктывкара. Однако бедность и однообразие ассортимента растений присутствуют во всех городах РС [1, 2, 3, 4]. Растительный мир городов РС включает быстрорастущие древесные породы. Во всех категориях насаждений, формирующих ЭК северных городов, широко представлены березы, ивы, ольха серая, рябина, черемуха, тополь дрожащий (осина), лиственница сибирская. Здесь наблюдается смешение аборигенной флоры с необионтами. Мощным фактором городского флорогенеза является интродукция. Среди интродуцентов – тополь бальзамический, жасмин, липы, вязы, яблони, клены, дуб черешчатый, жимолость татарская, сосна сибирская и др. Наряду с широко используемыми иногда встречаются достаточно редкие виды. В Сыктывкаре из числа сохранившихся в насаждениях – черемуха Маака. В озеленительных посадках городов РС доля хвойных невелика. Тем самым снижается художественный эффект насаждений, особенно в зимний период времени. Из красиво цветущих лиственных кустарников в северных городах массово разводят кизильник, пузыреплодник, снежноягодник, чубушник, курильский чай, аронию, барбарис, бересклет, калину, жимолости, спирею, иргу и др. Нередки магонии, рябинник, смородина, таволга и др. Среди хвойных кустарников присутствуют декоративные виды можжевельника, кедровый стланик, туя западная и др. В г. Северодвинске, например, необионты составляют почти половину видового спектра [1]. Доля *адвентивных видов растений* большинства северных городов на данный момент точно не установлена. В Архангельске этот компонент представлен 132 видами, что составляет 24,4 % от общего числа видов. В целом их присутствие определено диапазоном 23-47 % [1]. По частоте встречаемости среди видов-интродуцентов на первом месте тополь бальзамический. Из хвойных инорайонных древесных пород растений – ель колючая, сосна сибирская.

При формировании ЭК городов наиболее значимы территории, относящиеся к охраняемым. В условиях РС наибольшее разнообразие видов растений-интродуцентов присутствует в ботанических садах и дендрариях. В Архангельске дендрарий «Северного Арктического федерального университета» – старейший интродукционный пункт на Европейском Севере. Создан в 1934 г. и является объектом историко-культурного и природного наследия, памятником природы. Здесь представлено более 220 видов растений различных представителей флоры. Дендрологический сад «Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства» организован в 1960 г. Коллекция древесных растений насчитывает 668 видов. В Вологде дендрологический сад ВГМХА им. Н. В. Верещагина заложен осенью 1999 г. Коллекция дендросада насчитывает 260 видов древесных растений. Высокое просветительское значение имеет ботанический сад «Ботаника». На его территории высажено более 300 видов растений со всего мира. Ботанический сад Петрозаводского университета основан в 1951 году. В 2009 г. в коллекциях было

представлено 1185 видов и культиваров сосудистых растений. В Сыктывкаре Ботанический сад СыктГУ им. П. Сорокина основан в 1972 г. В коллекции 321 высших сосудистых растений, из них 17 видов относятся к редким и охраняемым.

Садово-парковые экосистемы формируют зеленый щит и участвуют в сохранении биологического разнообразия. Их доля в городах РС различна. В г. Архангельске 5 парков, 36 крупных и 15 малых скверов, дополнением служат 15 бульваров и аллея. В г. Вологда 66 парков, скверов, садов, бульваров. Парки, скверы и уличные насаждения г. Петрозаводска занимают около 400 га. Всего это 276 объектов. 83 парка обладают значительным экологическим потенциалом, занимая площадь 12 га и более. В городе восемь садов, девять бульваров, 42 аллеи. В Сыктывкаре, напротив, непозволительно мало парков. Размеры в сравнении с площадью города столь незначительны, что вызывают сомнения в их эффективности. Имеются два небольших исторических парка – Кировский (12,8 га) и Мичуринский (5,7 га). Кировском парке произрастают традиционные на РС виды берез, тополя, имеется пихтовая аллея. В Мичуринском парке, заложенном в 60 годы XX столетия, растительность также однотипна. Присутствуют ели и березы, дополняемые тополями, черемухой и редкими соснами. Состояние основной части растений оценено нами как удовлетворительное, но здесь распространены медленно текущие заболевания, характерные для старовозрастных насаждений. Малочисленные озелененные территории общего пользования представлены небольшими (менее 1 га) скверами, бульварами, газонами. Всего в данном списке в Сыктывкаре 36 объектов. Более разнообразны в видовом отношении посадки сквера Сыктывкарского лесного института и Музыкального театра. В число озелененных территорий общего пользования городов входят уличные посадки различного функционального назначения. Оценивая их общий вклад в формирование ЭК и оказание экосистемных услуг можно сказать об их важности. В зависимости от природных условий, ассортимента, категорий состояния и структуры насаждений они способны выполнять разнообразные макро- и микроклиматические функции. В городах РС достаточно большое число улиц. В Петрозаводске их 443, Вологде – 363, Архангельске – 517, Мурманске – 223, Сыктывкаре – 370. Значение имеет и их протяженность. Так в Архангельске протяженность улиц в 2013 г. составляла 423 км. Здесь задействованы толерантные к загрязнению, загазованности воздуха виды, которые «глощают» пыль и «гасят» ветер. Эти насаждения относятся к категории массового применения, поскольку жители городов проводят на улицах значительное время (в среднем до двух часов в день).

В ходе инвентаризации в г. Сыктывкара изучено биоэкологическое состояние 815 экз. основного ассортимента деревьев, используемого при озеленении. Учтено хвойных – 98 (12 %), лиственных – 717 (88 %) экз. При сплошном перечете в линейных посадках учтено 56 экз. хвойных (52 экземпляра ели и 4 – сосны). В Мичуринском парке – 42 экз. елей. Состояние тополей и берез в рядовых посадках изучено у 649 экз. примерно в равных пропорциях (309 экз. берез и 340 экз. тополя). Тополя составляют среди лиственных древесных 52 %

(табл.). Сплошной переčet на территории парка показал доминирование берез (52 экз.) по отношению к тополям (16 экз.). В центральной зоне и в историческом ядре присутствуют включения из ели сибирской и иногда – сосны обыкновенной. Все они в хорошем состоянии. Это можно объяснить преимуществами комфортной среды старой части города. Здесь сохраняют позиции, высаженные в середине прошлого века тополя и березы. Они находятся в различных категориях состояния, имеются погибающие и погибшие. Больше всего тополей неудовлетворительного состояния на центральных магистралях и в старовозрастных посадках исторического ядра города. Из периферийной зоны уходит городская доминанта интродуцентов – тополь бальзамический. Увеличивается доля елей, однако, их качественное состояние невысокое. В неудовлетворительном состоянии на данной территории 161 экз. (23 %) деревьев. Влияние городской среды отрицательно сказывается на состоянии зелёных насаждений.

История озеленения городов РС имеет общие черты, объединенные нами в три этапа. Первый (досоветский) – охватывает период с основания городов до начала советского периода. Локально сохранные островки лесных ландшафтов становятся частью зеленой инфраструктуры. Виды – аборигены представлены пихтой, елью, сосной, осиной, березой. С появлением генпланов городских застроек за 150-200 лет до начала прошлого столетия создаются первые бульвары с участием растений-интродуцентов. Например, в 1824 г. в г. Вологде высажены фруктовые деревья. Второй этап (советский) наметился в 20-30-е годы XX столетия, когда в СССР приступили к планомерному озеленению населенных пунктов. Массовое зеленое строительство совпало с 60 годами. С 1951 г. стало традицией ежегодное проведение в городах выставок цветоводства и садоводства. Основной ассортимент аборигенных представителей на всей территории населенных пунктов РС дополняется интродуцированным видом – тополем бальзамическим. Это помогло решению вопроса максимально быстрого озеленения городов. Тополя неприхотливы, быстро растут, активно поглощают углекислый газ, и их посадка не связана с большими затратами. На севере не найдена древесная порода, более подходящая для озеленения, чем тополь. Они выделяют гораздо больше кислорода по сравнению со многими другими древесными породами. Тополя могут расти вдоль оживленных улиц, выдерживают сильную загазованность воздуха и засоленность почвы. Для озеленения специалисты рекомендовали использовать мужские экземпляры, которые не дают пух, но руководитель нашего государства Н. Хрущёв отказался от этой идеи, подчеркнув, что на отбор конкретных деревьев нет времени. Спустя десятилетия подобная реализация озеленения отразилась на здоровье горожан, увеличив среди них подверженных аллергии, а тополь попал в число инвазионно-активных видов. В соответствии с действующими требованиями в области озеленения древесные и кустарниковые растения заняли улицы, скверы и бульвары, появились ботанические сады, дендрарии. Однако большинство парковых комплексов представлено неспециализированными городскими пустотами, а ландшафтное искусство как таковое здесь практически отсутствовало. В ряде случаев формированию преобразованных центров

городских пространств тормозило и отсутствие зональных питомников декоративных растений. Значительная часть работ проводилась жителями городов на субботниках и воскресниках. Третий этап (постсоветский) – наиболее важный в развитии озеленения населенных пунктов РС. Он начался в 2000-е годы, когда в городах появляются специалисты-агрономы, цветоводы. Зарождаются основы ландшафтного дизайна, привязанные к условиям сурового климата, создается парки нового типа, являющиеся новым вектором развития зеленой инфраструктуры северных городов. Немногочисленные и сравнительно недавно организованные центры интродукционных работ на Европейском Севере России располагают достаточным, но сравнительно молодым фондом растений интродуцентов [2, 4, 5]. В зеленом строительстве на фоне все еще бедного ассортимента начато использование некоторых небионтных представителей флоры. Современными хвойными интродуцентами в городах РС являются горные сосны, ель колючая, кедровый стланик, лиственница японская, можжевельник средний и др. Декоративны виды яблонь, липа мелколистная, боярышник кроваво-красный, пузыреплодник краснолистный, спирея серая Грефшейм и многие другие. Всего в список на РС может быть включено более 80 декоративных видов [3]. Судить об их перспективности в долгосрочной перспективе пока довольно сложно из-за ограниченного временного присутствия, и отсутствия в некоторых случаях декоративного питомника по массовому размножению растений-интродуцентов и специализированных организаций по озеленению городских территорий (Сыктывкар) [6]. В целом посадка холодостойких и устойчивых к северным условиям растений способствует разнообразию ассортимента, усилению эстетической компоненты и реконструкции ЭК в проблемных зонах городов.

Таким образом, очевидно, что на протяжении всей истории городов РС здесь не придавалось особого значения качеству озеленения и развитию ландшафтной архитектуры. В населенных пунктах, расположенных в суровых климатических условиях, присутствовал упрощенный подход в организации территорий различного назначения и управления их ЭК. Основной ассортимент представлен устаревшими видами местных и инорайонных малоценных быстрорастущих древесных пород. Наиболее насыщенными растениями-интродуцентами являются ботанические, дендрологические сады, городские парки, а уличные посадки представлены в основном тополями. Поэтому, несмотря на определенные изменения, города РС сохраняют свое первоначальное название – тополиные.

Список литературы

1. Юркина Е.В. *Разнообразие и характеристика насекомых в условиях крупных городов северных территорий России (на примере г. Сыктывкара)* / Е.В. Юркина, С.В. Пестов. – Санкт-Петербург СПбГЛТУ, 2015. – 192 с.
2. Бабич Н.А. *Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: монография* / Н.А. Бабич, О.С. Залывская, Г.И. Травникова. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. – 144 с.

3. Демидова Н.А. Интродукционное районирование Европейского Северо-востока России / Н.А. Демидова, В.Н. Нилов // *Научные ведомости Серия Естественные науки.* – 2012. – № 9 (128), Вып. 19. – С. 36-43.

4. Мартынов Л.Г. Возможность использования древесных растений флоры Республики Коми для озеленения населённых пунктов / Л.Г. Мартынов // *Растительные Ресурсы.* – 2009. – Т. 45, вып. 2. – С. 1-8.

5. Каталог коллекций живых растений Ботанического сада Института биологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Коллектив авторов // *Отв. ред. В.П. Мишуков.* – Сыктывкар, 2006 (Коми научный центр УрО РАН).

6. Романов Г.Г. К вопросу создания декоративного питомника для целей озеленения г. Сыктывкара / Г.Г. Романов, А.С. Воловецкая // *Приоритетные направления развития науки технологий: доклады XXV междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина.* – Тула: *Инновационные технологии,* 2019. – 173 с.

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАЗВЕТВЛЕННОГО ОЛИГОГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА И ПАРА-АМИНОСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕМБРАН С БИОЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ

К.А. Небесный, А.С. Мотов, Е.А. Иванова, Д.А. Шеин, Е.В. Коробова,
Т.Э. Амжаев, М.В. Ершов
«МИРЭА – Российский технологический университет», Институт тонких
химических технологий им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация. В работе представлены исследования комплекса разветвленного олигогексаметиленгуанидина и пара-аминосалициловой кислоты для получения мембран на основе сополимера тетрафторэтена с 1,1-дифторэтенем с биоцидными свойствами.

Использование датчиков с чувствительным элементом в реальных условиях затруднено: происходит биообрастание на поверхности мембраны, что приводит к ошибкам в измерениях и уменьшает срок ее эксплуатации [1]. Внедрение биоцидного компонента в чувствительную мембрану позволяет предотвратить биообрастание и использовать датчик в тяжелых и грязных условиях. В качестве такого биоцидного компонента был выбран олигогексаметиленгуанидин (ОГМГ), модифицированный производными пара-аминосалициловой кислоты (ПАСК). Этот выбор был обусловлен тем, что производные ОГМГ обладают пролонгированным биоцидным действием, при этом эти соединения легкодоступны, высокоэффективны в отношении широкого спектра бактерий, вирусов и грибов и при этом являются малотоксичными

веществами, а модификация ОГМГ производными ПАСК избавляет от одного из недостатков ОГМГ: низкой активности против бактерий, имеющих липидно-восковую оболочку.

Для данной работы была получена соль ОГМГ. На рисунке представлена наиболее рациональная схема получения гидро-п-аминосалицилата ОГМГ (ОГМГ-ПАСК). Выбор среди всех исследованных подходов сделан благодаря наиболее рациональному и эффективному получению целевого продукта, который он обеспечивал. Структура и состав соли ОГМГ были подтверждены методами ЯМР ^1H и ^{13}C .

Поскольку получение полупроницаемой пленки из сополимера тетрафторэтена с 1,1-дифторэтенем (Ф-42) проводилось путем выливания ацетонового раствора Ф-42 на соответствующую подложку, введение соли ОГМГ следовало обеспечить именно в этот раствор. Растворимость ОГМГ-ПАСК в ацетоне была крайне низкой, поэтому необходимо было подбирать более сложную систему введения в полимерную матрицу этой соли.

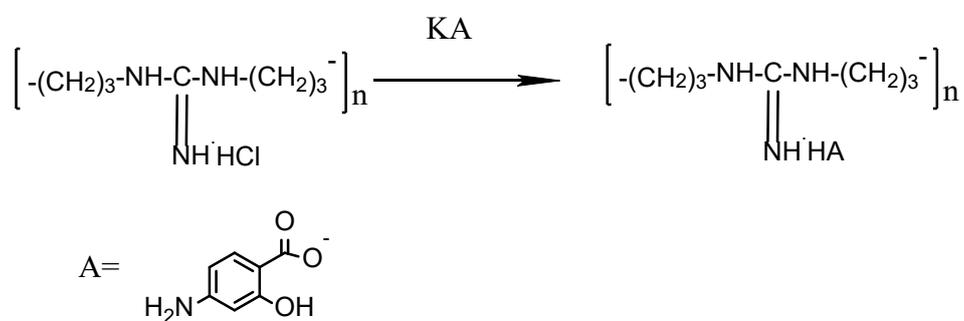


Схема получения гидро-п-аминосалицилата ОГМГ

ОГМГ- ПАСК хорошо растворялось в ДМСО, поэтому проводился поиск возможностей введения в ацетоновый раствор Ф-42 растворов ОГМГ-ПАСК, содержащих ДМСО. Непосредственное смешение ацетонового раствора Ф-42 и раствора ОГМГ-ПАСК в ДМСО приводило к получению плёнки с неудовлетворительными свойствами. Для предотвращения нежелательного действия раствора ДМСО на плёнку Ф-42 были исследованы более сложные смеси, содержащие хлороформ, спирт, муравьиную кислоту. Наиболее подходящей системой для введения ОГМГ-ПАСК в ацетоновый раствор Ф-42 оказалась смесь метанола и ДМСО. Такой подход позволил снизить содержание ДМСО в конечном растворе и предотвратить его нежелательное влияние на полупроницаемую мембрану. Таким образом, в оптимальном варианте предварительно готовили ацетоновый раствор Ф-42 и раствор ОГМГ-ПАСК в смеси метанол-ДМСО, оба раствора смешивали и полученную смесь выливали на матовое стекло для формирования пленки. Такая достаточно сложная система введения полярной соли ОГМГ-ПАСК в относительно малополярную матрицу Ф-42 была обусловлена существенной разницей свойств компонента и полимерной матрицы. Ранее для введения других солей ОГМГ в подобные относительно малополярные матрицы требовалась модификация самого ОГМГ галогеналканами [2] или эпокси-соединениями [3]. Попытка химической

модификации готовой плёнки для иммобилизации ОГМГ-ПАСК была безрезультатной [4].

В результате сушки смеси ОГМГ-ПАСК и Ф-42 при комнатной температуре (для удаления летучих компонентов из смеси) была получена пленка. После чего, были опробованы различные варианты окончательного формирования мембраны. Сушка в вакуумном шкафу при температурах 30°C и 50°C на протяжении определенного времени приводила к деформации и усадке пленки. Вымачивание пленки в воде в течение 1 часа, с последующей сушкой в вакуумном шкафу при комнатной температуре в течение 10-12 часов, позволило получить пленку, визуально похожую на стандартную пленку сополимера, т.е. полупроницаемую мембрану анализатора. В настоящее время проводятся испытания полученной мембраны.

Список литературы

1. Лурье Ю.Ю. *Химический анализ производственных сточных вод* / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова, 4-е изд. – М.: Химия, 1974. – С. 45.

2. Кедик С.А. *Химическая модификация олигогексаметиленгуанидина – получение алкильных производных и испытание их активности в отношении *Mycobacterium smegmatis** / С.А. Кедик, Д.О. Шаталов, А.Д. Аскретков, П.М. Исайкина, И.П. Седишев, А.В. Панов, А.С. Евсеева // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2017. – Т 51, №8. – С. 34-38.

3. Жаворонок Е.С. *Аддукты эпоксидных олигомеров с олигогексаметиленгуанидином и модифицированные эпоксиаминные пленки на их основе* / Е.С. Жаворонок, И.П. Седишев, А.В. Сафонов, И.Н. Сенчихин // *Высокомолекулярные соединения*. – 2019. Серия А, – Т 61, № 5. – С. 1-9.

4. Ершов М.В. *Применение комплекса разветвленного олигогексаметиленгуанидина и производных пара-аминосалициловой кислоты для получения мембран с биоцидными свойствами: диплом РТУ МИРЭА*. – М.: РТУ МИРЭА, 2020. – 53 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТАКТИКА ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Живов, Е.Н. Касаткин, М.Д. Веджижева, Н.Е. Кириченко, А.И. Полишко
ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет
Минздрава России,
г. Киров

Аннотация. Педиатрическая помощь в чрезвычайных ситуациях в Кировской области основана на общепринятых положениях лечебно-эвакуационного обеспечения населения с учетом обязательной специализации на каждом ее этапе. Организационно сложившаяся система функционально объединяет подразделения территориального центра медицины катастроф и лечебно-профилактические учреждения общественного здравоохранения. Представлены основы тактики оказания медицинской помощи детям в ЧС на этапах медицинской эвакуации. Отдельное внимание уделено структуре, задачам и особенностям работы педиатрического отделения экстренной консультативной медицинской помощи и

медицинской эвакуации в составе центра медицины катастроф Кировской области. Деятельность медицинской службы области соответствует нормативной правовой базе, регулирующей в РФ систему лечебно-эвакуационного обеспечения детей в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, медицина катастроф, педиатрическое отделение, экстренная и консультативная медицинская помощь, лечебно-эвакуационное обеспечение детей.

Морально-этические, конституционные, религиозные основы нашего общества и государства составляют в целом фундамент гражданской актуальности проблемы оказания медицинской помощи детям в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Ее решение в рамках медицины катастроф требует учета следующих особенностей формирования педиатрической помощи: значительная доля детей в структуре санитарных потерь; анатомо-физиологические и возрастные аспекты организма; сложившаяся к настоящему времени система специализированной помощи детям и ее потенциальные возможности в ЧС при необходимости мобилизационного развертывания.

Организация медицинской помощи детям в ЧС и ее структурная вертикаль в Российской Федерации сформированы и подчинены основным принципам организации работ по лечебно-эвакуационному обеспечению (ЛЭО) населения в чрезвычайных ситуациях [1]. При этом содержательными элементами ЛЭО являются: своевременность оказания и необходимый объем медицинской помощи, исходя из состояния пострадавших детей и обстановки, сложившейся в зоне ЧС; вынос (вывоз) пострадавших из зоны ЧС; проведение медицинской сортировки; эвакуация пострадавших, требующих лечения в соответствующих лечебных учреждениях.

В настоящее время действующий ГОСТ Р 22.3.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Лечебно-эвакуационное обеспечение населения. Общие требования.» выстраивает оказание медицинской помощи детям в ЧС преимущественно в виде двухэтапной системы. Первый этап – своевременная медицинская помощь, медицинская сортировка непосредственно в очаге и медицинская эвакуация в лечебные учреждения; второй этап – медицинская помощь, проводимая за пределами очага ЧС в ближайшем лечебном учреждении, а в последующем в специализированном ЛПУ или отделении. Вынос (вывоз) пострадавших непосредственно из очага ЧС и передачу их медицинским подразделениям осуществляют аварийно-спасательные силы МЧС.

В иерархии системы оказания медицинской помощи детям в ЧС ведущее место занимают федеральные специализированные учреждения Минздрава, ФМБА и полевой многопрофильный госпиталь Всероссийского центра медицины катастроф «Защита». Штат его педиатрического отделения представлен детскими хирургами, анестезиологами-реаниматологами, педиатрами. При возникновении крупной ЧС, сопровождающейся большим количеством пораженных детей, госпиталь трансформируется в полевой педиатрический за счет медицинского персонала федеральных и муниципальных учреждений.

Анализ возможных ЧС на территории Кировской области, относительно небольшие количество и плотность населения, а также достаточный уровень развития публичного здравоохранения показывают, что в пределах субъекта федерации медико-санитарные последствия на уровне региональной чрезвычайной ситуации вероятнее всего могут быть ликвидированы силами, входящими в территориальный центр медицины катастроф.

Территориальный центр медицины катастроф Кировской области – государственное учреждение здравоохранения особого типа, созданное в 2005 году. Центр координирует деятельность функциональной подсистемы службы медицины катастроф, территориальной подсистемы Кировской области в составе Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Центр непосредственно подчиняется руководителю территориального звена здравоохранения, а функционально – региональному центру медицины катастроф (Н. Новгород) и ФГБУ «Всероссийский центр медицины катастроф «Защита».

Для экстренного реагирования и оперативного принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций центр включен в единую дежурно-диспетчерскую службу. Функции круглосуточной дежурно-диспетчерской службы выполняет отделение экстренной и планово-консультативной помощи КОГБУЗ «Кировская областная клиническая больница».

В целях обеспечения доступности экстренной специализированной медицинской помощи детям в структуре территориального центра медицины катастроф функционирует педиатрическое отделение экстренной консультативной медицинской помощи и медицинской эвакуации (ЭКМП и МЭ), как самостоятельная структурно-функциональная единица, привлекающая к своей работе специалистов выездных бригад КОГБУЗ «Кировский областной клинический перинатальный центр» и КОГБУЗ «Кировская областная детская клиническая больница» [2,3].

Педиатрическое отделение ЭКМП и МЭ выполняет следующие основные задачи:

- оказание экстренной медицинской помощи в догоспитальном периоде детям, пострадавшим в ЧС, ДТП, других угрожающих жизни случаях на месте происшествия;
- организация и оказание экстренной консультативной медицинской помощи детям в госпитальном периоде;
- медицинская эвакуация детей, нуждающихся в лечении в региональных и федеральных медицинских организациях;
- организация и оказание телемедицинской консультативной медицинской помощи детям;
- экстренная доставка в зону ДТП, ЧС и в медицинские организации медицинских специалистов, медикаментов, препаратов крови, расходных материалов и других медицинских грузов, необходимых для спасения жизни пострадавших и больных;

- поддержание постоянной готовности имеющихся сил и средств отделения к работе по ликвидации медико-санитарных последствий дорожно-транспортных и других происшествий, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, террористических актов и вооруженных конфликтов;
- внедрение в практику новых технологий оказания экстренной консультативной медицинской помощи.

Экстренную консультативную медицинскую помощь детям оказывают врачи-консультанты и средний медицинский персонал, в пределах штатного расписания, а также врачи, привлекаемые из других медицинских организаций из числа наиболее квалифицированных специалистов ведущих специализированных медицинских организаций и учебных заведений. Врачи-консультанты отделения ЭКМП и МЭ должны иметь сертификат по основной специальности, стаж работы по специальности не менее 5 лет или ординатуру, квалификационную категорию не ниже первой.

Педиатрическое отделение ЭКМП и МЭ функционирует круглосуточно, для чего в отделении организуется работа следующих подразделений: пост дежурного врача детского анестезиолога-реаниматолога; две выездные реанимационно-консультативные бригады; выездные консультативные медицинские бригады специализированной медицинской помощи и отдельные врачи-консультанты педиатрического профиля.

Взаимодействие с областными медицинскими организациями, прием заявок на оказание экстренной консультативной медицинской помощи детям и срочных вызовов осуществляется через дежурного диспетчера отделения ЭКМП и МЭ.

Выездные реанимационно-консультативные и консультативные бригады специализированной медицинской помощи предназначены для круглосуточного оказания реанимационной, экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации больных и пострадавших, находящихся в медицинских организациях, не имеющих возможности для оказания специализированной медицинской помощи в полном объеме.

Непосредственное руководство выездной консультативной бригадой медицинской помощи осуществляет заведующий отделением ЭКМП и МЭ. Состав бригады формируется из врачей-специалистов отделения ЭКМП и МЭ, среднего медицинского персонала и водителя санитарного транспорта для каждого выезда отдельно в зависимости от вида патологии, состояния пострадавшего, трудностей в диагностике и других причин по указанию старшего врача бригады. На вызов также может выезжать один врач-консультант.

В соответствии с методическими рекомендациями ФГБУ ВЦМК «Защита» [4], врач-консультант может оказать помощь коллегам по телефону через пульт дежурного диспетчера отделения ЭКМП и МЭ, а при необходимости очной консультации с выездом в медицинскую организацию принимает решение о времени выезда, виде транспорта, необходимости привлечения специалистов других специальностей. По прибытии к пострадавшим выполняют необходимые лечебные или диагностические манипуляции по профилю своей специальности

и определяют необходимость медицинской эвакуации; результаты консультации оформляют в виде совместного осмотра или консилиума с записью в медицинской карте и в электронном виде. При необходимости устанавливают динамическое наблюдение за пациентом, заполняют лист динамического наблюдения, который передают дежурному по отделению ЭКМП и МЭ. Эвакуацию проводят самостоятельно или вызывают реанимационную бригаду отделения ЭКМП и МЭ для проведения медицинской эвакуации пациента в специализированную медицинскую организацию.

Действующее в настоящее время законодательство, Федеральный закон №323-ФЗ, устанавливает следующие виды медицинской помощи, оказываемые детям в ЧС: первичная медико-санитарная помощь; скорая, в том числе скорая специализированная, медицинская помощь; специализированная, в том числе высокотехнологичная медицинская помощь; паллиативная медицинская помощь. В качестве форм оказания медицинской помощи выделены экстренная, неотложная и плановая. Место оказания помощи может располагаться вне медицинской организации, в стационарных условиях, амбулаторных условиях, в условиях дневного стационара [1,2].

В догоспитальном периоде организации медицинской помощи в ЧС особую актуальность имеют скорая, в том числе специализированная, медицинская и первичная медико-санитарная помощь в экстренной и неотложной формах [1]. Основную роль на этом этапе выполняют выездные специализированные педиатрические бригады скорой медицинской помощи и педиатрическое отделение ЭКМП, и МЭ территориального центра медицины катастроф Кировской области. Помощь может быть оказана непосредственно в очаге или зоне ЧС, месте сбора раненых, временном медпункте, санитарном транспорте в ходе медицинской эвакуации. В соответствии с приказом Минздрава России от 27 октября 2000г. №380, до поступления в лечебные учреждения госпитального типа пострадавшим должны быть выполнены мероприятия по устранению явлений, угрожающих жизни в данный момент времени, по предупреждению тяжелых осложнений и недопущению ухудшения их состояния при транспортировке [3].

После завершения медицинской эвакуации по назначению оказание медицинской помощи, сохраняя преемственность, продолжается на ее госпитальном этапе в условиях специализированного педиатрического лечебного учреждения («Кировский областной клинический перинатальный центр», «Кировская областная детская клиническая больница») или профильных детских отделениях больниц, привлекаемых для ликвидации последствий ЧС.

В случае, когда пациенты нуждаются в специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи, которая не может быть оказана в медицинской организации, где они находятся, проводится межбольничная медицинская эвакуация в специализированные медицинские организации более высокого уровня. Межбольничную эвакуацию с применением санитарного автотранспорта, как правило, проводят специалисты бригад экстренного реагирования, выездных консультативных бригад специализированной медицинской помощи отделений ЭКМП и МЭ. Подготовку пациента к эвакуации

проводит персонал медицинской организации, в которой он находится; результат подготовки согласовывается с руководителем выездной бригады отделения ЭКМП и МЭ.

Планирование и организацию медицинской помощи детям в ЧС в пределах Кировской области проводит территориальный центр медицины катастроф. Его возможности совместно с медицинскими учреждениями должны обеспечить ликвидацию своими силами последствий региональной или принять участие в межрегиональной ЧС. В соответствии с принятой классификацией, общее количество пострадавших в данном случае может колебаться от 50 до 500 человек. Доля детей в структуре санитарных потерь существенно зависит от вида ЧС и особенностей медико-тактической обстановки.

По данным литературы [5], процент пораженных детей при различных чрезвычайных ситуациях может быть представлен следующими величинами:

- природные катастрофы 20-33;
- дорожно-транспортные происшествия 12-15;
- аварии на железной дороге (Башкирия 1989г.) 24,3;
- общегражданский террористический акт 12;
- активные боевые действия в локальном вооруженном конфликте 7-16;
- поток беженцев в период боевых действий 5;
- возвращение беженцев в место постоянного проживания до 45.

Представленные данные могут служить определенным ориентиром при анализе медико-тактической обстановки и свидетельствуют о необходимости обеспечения постоянной готовности специализированных педиатрических формирований к оказанию медицинской помощи в ЧС достаточно большому числу детей.

Таким образом, сложившаяся к настоящему времени в Кировской области система педиатрической помощи в ЧС в целом соответствует нормативной правовой базе, регулирующей в РФ систему лечебно-эвакуационного обеспечения детей в чрезвычайных ситуациях. Подразделения службы медицины катастроф функционально объединены с силами и средствами лечебных учреждений федерального и областного подчинения находятся в состоянии постоянной готовности. Уровень подготовки и специализация кадров, а также принятый к исполнению алгоритм работы медицинской службы, позволяют оказывать необходимый и достаточный уровень медицинской помощи детям в экстренной и неотложной формах.

Список литературы

1. *Федеральный закон Российской Федерации № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».* [Электронный ресурс], URL:<https://www.rosminzdrav.ru/documents/7025>. (Дата обращения) 11.05.2020.

2. *Приказ министерства здравоохранения Российской Федерации №388н от 20 июня 2013 г. «Об утверждении порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи».*

3. Приказ министерства здравоохранения Российской Федерации №380 от 27 октября 2000 г. «Об утверждении Положения о Службе медицины катастроф Министерства здравоохранения Российской Федерации».

4. ФГБУ ВЦМК «Защита» МЗРФ. Методические рекомендации // Организация оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации. – 2014. – С. 174. (Библиотека Всероссийской службы медицины катастроф).

5. Розин В.М., Петлах В.И. Организация медицинской помощи детям в чрезвычайных ситуациях // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2016. – Т. 6, №4. – С. 6-12.

СРАВНЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ γ - И θ -МОДИФИКАЦИЙ Al_2O_3

А.В. Светлакова, Е.С. Тучина
Саратовский государственный университет,
г. Саратов

Аннотация. Рост устойчивости бактерий к антибиотикам требует поиска альтернативных методов борьбы с микроорганизмами. Одним из таких методов, не формирующих резистентности у микроорганизмов, безопасных в отношении клеток животных и человека, а также не наносящих вреда экологии является фотокаталитическое воздействие (ФДВ). Фотокаталитическими (усиливаемыми светом) антимикробными свойствами обладает, в том числе, оксид алюминия (Al_2O_3) – стабильный нетоксичный полупроводниковый материал. Однако, фотокаталитические свойства его модификаций в отношении микроорганизмов недостаточно изучены.

В данном исследовании были использованы новые 3D-компози́ты оксидгидроксида алюминия ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) γ и θ модификаций, представляющие собой сетку из 150-нм нанопористых фибрилл. Оценку фотокаталитических антибактериальных свойств компози́тов осуществляли на музейном штамме *Staphylococcus aureus* 209 P. Было показано, что в сочетании с фиолетовым светодиодным излучением (405 нм, 17 мВт/см²) исследуемые компози́ты оказывают существенное подавление роста бактерий (86 % и 99 % после 30 мин воздействия).

Введение

В последнее десятилетие создаются новые компози́тные фотокаталитические материалы с широким спектром применения [1]. Антимикробные покрытия на основе фотокаталитических материалов являются экологически чистыми и эффективными для применения в здравоохранении, пищевой промышленности, на предприятиях и объектах сферы услуг [2]

В настоящее время подавляющее большинство методов синтеза наноматериалов позволяют получать их в виде дисперсных систем, например, нанопорошков или коллоидных растворов. В таких дисперсных системах наночастицы крайне склонны к агрегации, что значительно сужает область их применения и ведет к поиску методов получения новых видов наноструктур, обладающих высокой физико-химической стабильностью. Такими характеристиками обладают новые отнесенные 3D наноматериалы [3].

Оксид алюминия Al_2O_3 – химически стабильный, биосовместимый и нетоксичный даже при длительном воздействии. Al_2O_3 имеет несколько устойчивых модификаций, которые отличаются друг от друга плотностью и формой [4]. В нашем исследовании было проведено сравнение фотокаталитической активности γ - и θ -модификаций Al_2O_3 .

Материалы и методы

Объектом исследования служил музейный штамм *S. aureus* 209 P, полученные из коллекции культур ГИСК им. Л.А. Тарасевича (Москва, Россия). Использовали 24-часовые культуры, выращенные на универсальной плотной питательной среде ГРМ-агар (Обнинск, Россия) при 37 °С.

В качестве источника излучения был выбран светодиод с максимальной длиной волны 405 нм, шириной полосы 20 нм и мощностью 17 мВт/см². Во время исследования тестировали действие излучения в течение 5, 10, 15 и 30 минут.

3D композитные наноструктуры (НК) γ и θ модификаций были произведены в НИИ им. А.Н. Фрумкина по оригинальной технологии [4].

Для тестирования композитов оксигидроксида алюминия суспензию *S. aureus* 209 P объемом 1 мл добавляли в лунку полистирольного планшета с помещенными в ней композитами. Полученную смесь оставляли в темноте на 30 минут. Затем суспензию подвергали воздействию света длиной волны 405 нм в течение 5, 10, 15 и 30 минут. После облучения культуру объемом 0,2 мл распределяли по чашкам Петри с плотной питательной средой.

Учет результатов осуществляли при помощи подсчета КОЕ через 24-48ч после инкубации при 37 °С. В качестве контроля принимали значения колониеобразующей способности бактерий, не подвергавшихся облучению и не обработанных нанокompозитами. Эксперименты проводились в десятикратной повторности.

Результаты и обсуждение

Новые 3D композиты показали себя как перспективный антимикробный материал. По сравнению с воздействием синим светом (405 нм) при инкубации с НК, содержащими TiO_2 0,15 моль/л, уже после 5 мин воздействия наблюдали выраженный эффект: снижение численности колоний на 87% для γ -модификации Al_2O_3 и на 75 % для θ -модификации Al_2O_3 (рисунок 1).

Максимальное подавления роста было достигнуто при 30 мин воздействия. Численность микроорганизмов при инкубации с γ - Al_2O_3 снизилась на 99 % при содержании TiO_2 0,30 моль/л (рис. 1, А), тогда как с θ - Al_2O_3 на 86 % также при содержании TiO_2 0,30 моль/л (рисунок 1, Б).

При проверке цитотоксичности было выявлено, что наибольшей токсичностью обладают НК θ - Al_2O_3 , снижая число КОЕ до 68% в образцах с содержанием TiO_2 0,30 моль/л (рис. 1, А), НК γ - Al_2O_3 вызвали снижение численности на 61 % при содержании TiO_2 0,15 моль/л (рисунок 1, Б).

В целом наше исследование показывает, что новые 3D композиты Al_2O_3 - TiO_2 являются перспективным материалом. Наибольшую эффективность продемонстрировали образцы, содержащие γ - Al_2O_3 и 0,15 моль/л TiO_2 . Благодаря

различным комбинациям наночастиц в составе композитов можно модулировать их эффект в отношении клеток микроорганизмов, усиливая их свойства с помощью оптического излучения.

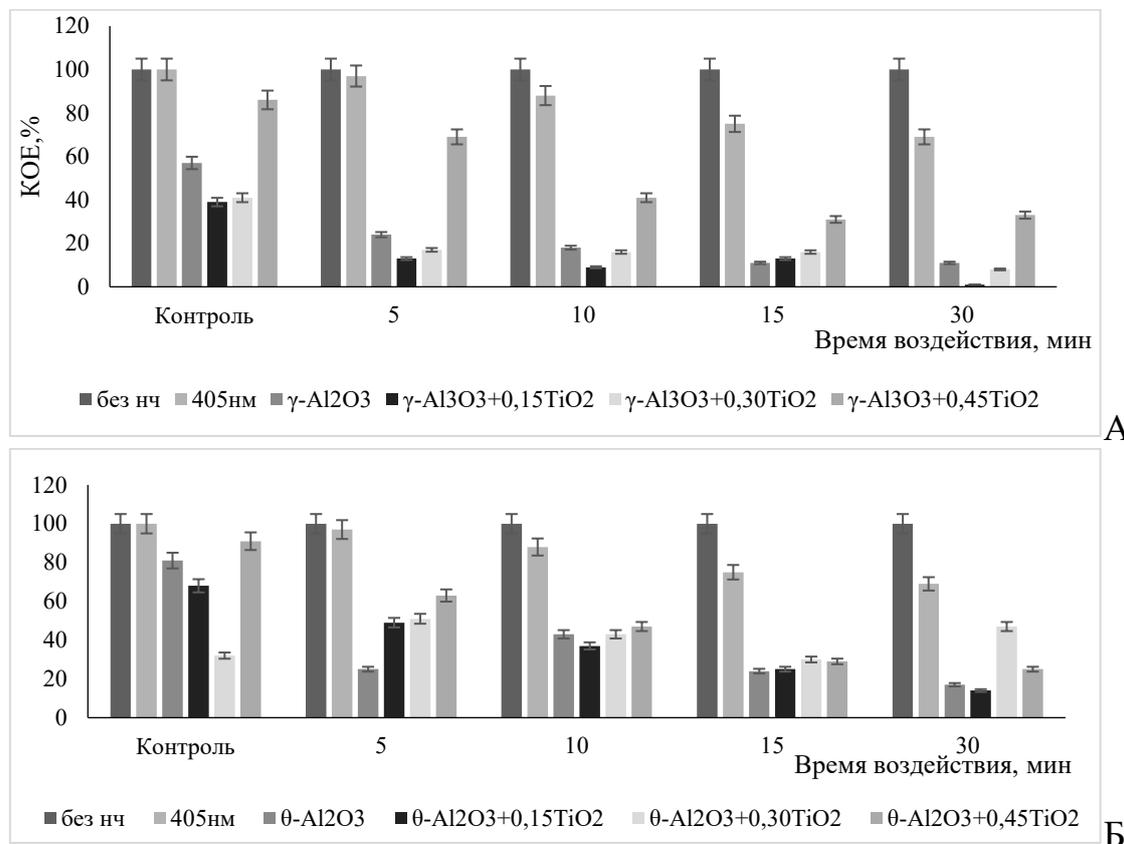


Рис. 1. Изменение численности (КОЕ, %) *S. aureus* 209 P при фотовоздействии фиолетового светодиодного (405 нм, 17 мВт/см²) излучения

Список литературы

1. Singh R. The role of nanotechnology in combating multi-drug resistant / R. Singh, M. S. Smitha, S. P. Singh / *J Nanosci Nanotechnol*, 2014. Vol. 14.
2. Vance M.E. Nanotechnology in the real world: redeveloping the nanomaterial consumer products inventory / M.E. Vance, T. Kuiken, E.P. Vejerano, S.P. McGinnis, M.F. Hochella, D. Rejeski, M.S Hull / *Beilstein J. Nanotechnol*, 2015. – Vol. 6. <https://www.beilstein-journals.org/bjnano/content/pdf/2190-4286-6-181.pdf>
3. Khodan A.N. Superhydrophobic and luminescent highly porous nanostructured alumina monoliths modified with tris(8-hydroxyquinolino)aluminium / A.N. Khodan, A.E. Baranchikov, V.V Utochnikova, N.P. Simonenko, A.N. Beltiukov, D.I. Petukhov, A. Kanaev, V.K. Ivanov / *Microporous and Mesoporous Materials*, 2019. – Vol. 293. – PP. 291-302.
4. Косенко Н.В. Полиморфизм оксида алюминия / Н.В. Косенко // *Известия высших учебных заведения. Серия: химия и химические технологии*, 2011. – Т. 54.
5. Khodan A. Porous monoliths consisting of aluminum oxyhydroxide nanofibrils: 3D structure, chemical composition, and phase transformations in the temperature range 25–1700 °C / A.N. Khodan, T.H.N. Nguyen, M Esaulkov, R. Kiselev, M. Amamra, J.-L. Vignes, A. Kanaev / *J Nanopart Res*, 2018. – Vol 2 (7).

ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА И УПОРЯДОЧЕННОСТИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО НЕРВА МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ

Н.Н. Ермакова, А.А. Девяткин
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
г. Саранск

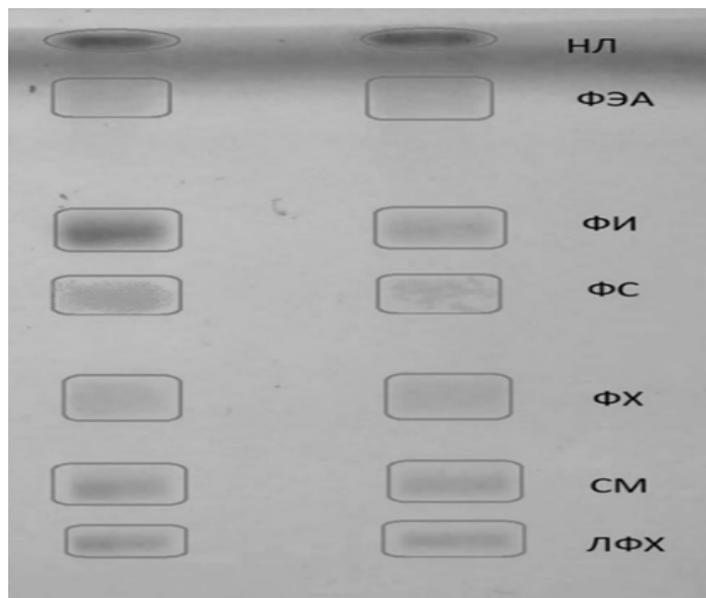
Аннотация. В данной работе проведены исследования, направленные на изучение механизмов, лежащих в основе регенерации поврежденных периферических нервных проводников. В частности, исследован жирнокислотный состав и упорядоченность жирных кислот периферического нерва после повреждения.

Повреждения периферических нервов занимают значительное место в структуре травм различных видов. Повреждение нерва, вызванное его перерезкой, приводит к серьезным изменениям в липидном составе мембраны, активности белков-ферментов, вязкости цитоплазмы как в проксимальном, так и в дистальном отрезке нервного волокна. При перерезке нерва происходит уменьшение коэффициента насыщенности, накопление свободных жирных кислот и увеличение доли ненасыщенных жирных кислот. С увеличением длительности послеоперационной выдержки запускаются репарационные процессы. Уже на 30 сутки после повреждения происходит восстановление жирнокислотного состава, соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, восстанавливается функциональная способность нерва.

Для изучения регенерационных процессов используются периферические нервы, так как они обладают наиболее высокой степенью регенерации, тогда как спинной и головной мозг обладают этим свойством в гораздо меньшей степени. Регенерация нервных волокон идет от проксимального конца нерва к дистальному. При регенерации нерва важен именно направленный рост нейрита. Выживание и регенерация нейронов, навигация нейритов и их миелинизация обеспечиваются нейротрофическими и навигационными молекулами. Через небольшое время после повреждения периферического нерва экспрессия нейротрофических факторов в периферической нервной системе многократно возрастает, что свидетельствует об их важной роли и в процессе восстановления периферической нервной системы.

Характерной особенностью строения нервной ткани является присутствие в ней большого количества липидов. Нарушение липидного обмена будет являться иницирующим звеном в патогенезе различных заболеваний и нуждаться в целенаправленной и своевременной их коррекции. Фосфолипиды как составные компоненты клеточных мембран, одними из первых подвергаются структурным и химическим преобразованиям при разного рода воздействиях на уровне клетки, поэтому нами были изучены фракции фосфолипидов в проксимальном и дистальном отделе нерва на 3, 7 и 30 сутки после перерезки. В периферическом нерве крысы были установлены методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей хлороформ:метанол:ледяная

уксусная кислота:вода (60:50:1:4) фракции лизофосфатидилхолина, сфингомиелина, фосфотидилхолина, фосфотидилсерина, фосфотидилинозитола, фосфатидилэтаноламина (рисунок).



Хроматограмма фосфолипидов, выделенных из седалищного нерва крысы и разделенных в системе растворителей хлороформ:метанол:ледяная уксусная кислота:вода (60/:50:1:4), идентифицированная парами йода

Одним из важнейших показателей функционального состояния нерва при его повреждении и восстановлении после перерезки является характеристика жирнокислотного состава липидов, входящего в его состав. Существование в составе фосфолипидов мембран ненасыщенных жирных кислот обуславливает их подверженность различным воздействиям, в частности перекисному окислению. При нарушении целостности клетки происходят повреждения отдельных ферментных систем, что приводит к интенсификации процессов перекисного окисления липидов.

Кроме того, ненасыщенные жирные кислоты в мембране контролируют фазовые состояния и делают их чувствительными к различным воздействиям, которые могут изменять активность отдельных ферментных систем и функции клеток.

Был исследован жирнокислотный состав индивидуальных фракций фосфолипидов проксимального и дистального конца нерва на 3, 7 и 30 сутки после перерезки (данные приведены в таблицах 1 и 2). Метилирование жирных кислот проводили по методу Моррисона и Смита. Силикагель, содержащий индивидуальные фосфолипиды соскребали в пробирку и заливали смесью хлороформ/метанол (2/1). Элюирование проводилось при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Верхнюю фазу, содержащую метиловые эфиры, отбирали и выпаривали в канюле током азота. Метиловые эфиры растворяли в 10 мкл гексана. Разделение метиловых эфиров проводили на газовом хроматографе SHIMADZU GC-2010Plus AF (Япония).

Таблица 1

ЖК состав фракций фосфолипидов проксимального участка нерва
(в % от суммы кислот)

	Σ насыщенных кислот				Σ ненасыщенных кислот				Коэффициент насыщенности			
	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.
ЛФХ	45,2	46	52,7	55	54,8	54	47,3	45	0,8	0,9	1,1	1,2
СМ	62,8	53,9	36,7	66,1	37,2	46,1	63,3	33,9	1,7	1,17	0,6	1,9
ФХ	47,7	44,8	42,8	53	52,3	55,2	57,2	47	0,9	0,8	0,7	1,1
ФС	63	52	36,2	42,9	37	48	64,8	57,1	1,7	1,07	0,6	0,8
ФИ	28,3	32,2	45	42,7	71,7	67,8	55	57,3	0,4	0,5	0,8	0,7
ФЭА	59,8	44,8	40	32,8	40,2	55,2	60	67,2	1,5	0,8	0,7	0,5

Таблица 2

ЖК состав фракций фосфолипидов дистального участка нерва
(в % от суммы кислот)

	Σ насыщенных кислот				Σ ненасыщенных кислот				Коэффициент насыщенности			
	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.	конт-роль	3 сут.	7 сут.	30 сут.
ЛФХ	46,1	47,6	56,8	57,6	53,9	52,4	43,2	42,4	0,8	0,9	1,3	1,4
СМ	62,8	48,8	48,3	64	37,2	51,2	51,7	36	1,7	0,9	0,9	1,77
ФХ	47,7	41,4	43	46,1	52,3	58,6	57	53,9	0,9	0,7	0,8	0,9
ФС	63	46	45,1	46,1	37	54	54,9	53,9	1,7	0,9	0,8	0,8
ФИ	28,3	35,5	51,3	36	71,7	64,5	48,7	64	0,4	0,6	1,05	0,6
ФЭА	59,8	39,1	42,6	45	40,2	60,9	57,4	55	1,5	0,6	0,7	0,8

Важным показателем поврежденности нерва является коэффициент насыщенности. Изучение жирнокислотного состава индивидуальных фракций липидов показало, что при повреждении нерва на 3 и 7 сутки наблюдается увеличение количества ненасыщенных жирных кислот практически во всех фракциях фосфолипидов и снижение коэффициента насыщенности во фракциях сфингомиелина, фосфотидилхолина, фосфатидилсерина и фосфатидилэтаноламина. К 30 суткам эксперимента значение коэффициента насыщенности возвращается к контрольному уровню. Изменение ЖК состава липидных фракций может объясняться как усилением активации липолитических ферментов, так и увеличением процесса перекисного окисления липидов, так как ненасыщенные жирные кислоты, присутствующие во всех фракциях липидов, делают липиды наиболее восприимчивыми к окислению.

Перестройка липидного бислоя приводит к изменению фазовых свойств липидов мембран нервного волокна, которые играют определяющую роль в жизнедеятельности клетки и в регенерации.

В процессе восстановления нервов было актуально проведение спектроскопия комбинационного рассеяния. КР – хорошо известное физическое явление, успешно используемое в исследовании структуры молекулы, ее динамического поведения, внутримолекулярных колебаний и межмолекулярных взаимодействий. Спектроскопия комбинационного рассеяния широко используется для исследования конформационных изменений белков и фосфолипидов в мембранах.

Нами было установлено, что в проксимальном конце на 3 и 7 сутки после повреждения увеличилась степень неупорядоченности жирных кислот на 42,8 %, а в дистальном на 66,7 % относительно контроля, что говорит об увеличении соотношения белков и липидов. Полученные результаты можно объяснить тем, что после валлеровской дегенерации количество аксонов увеличивается и шванновские клетки начинают ремиелинизироваться вокруг аксонов, что приводит к увеличению содержания белка и липидов и накоплению их в периферической нервной ткани. Вязкость мембраны снижается в проксимальном и дистальном отделе на 7 сутки на 64,7 % относительно контроля. Также на 3 и 7 сутки повреждение нерва вызывает увеличение межмолекулярного расстройтва цепи, т.е. изменяется степень упорядоченности липидов в мембране поврежденного нерва.

Список литературы

1. *Одинак М.М. Особенности развития дегенерационно-реиннервационного процесса при травматических невропатиях и плексопатиях / М.М. Одинак, С.А. Живолупов // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2007. – Т. 4, № 20. – С. 130-140.*
2. *Алексеева Е.Б. Регенерация седалищного нерва крысы после кратковременного дозированного вытяжения его центрального отрезка: дис. канд. биол. наук / Е.Б. Алексеева. – Казань, 2003. – 92 с.*
3. *Архипова Е.Г. Динамика репаративной регенерации кожного нерва крыс при разной степени его травмирования / Е.Г. Архипова, А.Г. Гретен, В.Н. Крылов // Морфология. – 2007. – Т.131, №3. – С. 30–32.*
4. *Чельшев Ю.А. Регенерация в нервной системе // Руководство по гистологии/под ред. РК Данилова. – СПб.: СпецЛит. – 2011. – Т. 1. – С. 656-665.*
5. *Boyd J.G., Gordon T. Neurotrophic factors and their receptors in axonal regeneration and functional recovery after peripheral nerve injury / J.G. Boyd, T. Gordon // Molecular neurobiology. – 2013. – Vol.27, № 3. – Pp. 277-323.*
6. *Cafferty W.B. Axonal growth therapeutics: regeneration or sprouting or plasticity / W.B. Cafferty, A.W. McGee, S.M. Strittmatter // Trends Neurosci. – 2008. – V. 31, №5. – P. 215-220.*

КЛИНИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ В КОНТУРЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ

А.Э. Дубинин

Центр нейротехнологий Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону

***Аннотация.** В течение последних десятилетий сформировался устойчивый интерес к изучению нейрофизиологических механизмов сложных форм поведения, в том числе произвольной двигательной активности, связанной с реальными и воображаемыми движениями. Указанный интерес проявляется в области развития технологии, позволяющей оперировать невербальными и немышечными каналами коммуникации и управления посредством интерфейсов «Мозг-компьютер» (ИМК) или Brain-Computer Interfaces (BCI). Как известно, разработка ИМК изначально велась с целью оказания помощи, реабилитации и ресоциализации лиц, страдающих от паралича различной степени выраженности, от частичного до полного. В настоящее время ИМК технология активно развивается в рамках создания принципиально новых каналов управления роботизированными системами, в том числе бионическими (управляемыми) протезами конечностей или экзоскелетами, а также эксплуатируется в инновационных компьютерных играх нового поколения, разрабатываемых в средах виртуальной и дополненной реальности.*

Введение. ИМК в области клинической нейрореабилитации.

Область медицинских приложений сегодня остаётся ключевой для развития технологии нейроинтерфейсов как с фундаментальной, так и с этической точки зрения. В соответствии с исходной идеей, ИМК наиболее широко разрабатываются и тестируются в клинической практике, прежде всего, с целью реабилитации полностью или частично парализованных лиц [1, 2, 3]. Пожалуй, самое интересное и важное применение технологии нейроинтерфейсов в настоящее время – это медицинская нейрореабилитация [4]. Количество исследований, демонстрирующих, что нейроинтерфейсы способны обеспечить устойчивую, надёжную связь и управление для людей с тяжёлыми нарушениями двигательной активности, увеличилось в геометрической прогрессии. Несмотря на заметные успехи, наблюдаемые в последнее десятилетие, в области создании систем ИМК, по-прежнему не решена задача широкого распространения нейроинтерфейсов в среде конечных пользователей (end-user), путём экспорта технологии из научных лабораторий.

Множество проблем на этом пути всё ещё требуется разрешить, в том числе, повышение автономности и мобильности систем нейрокоммуникации, разработка дружелюбного пользовательского интерфейса, способного повысить эффективность работы программно-аппаратного комплекса ИМК.

Наряду с пассивными ИМК, основанными на регистрации событийно-связанных потенциалов мозга [5] интенсивно развиваются активные типы нейроинтерфейсов, значительная часть которых использует электроэнцефалографические (ЭЭГ) паттерны, формируемые в процессе реализации произвольных двигательных и идеомотонных актов – мысленных эквивалентов реальных движений. Такие электрографические паттерны

фиксируются и распознаются системами ИМК, как известно, с различной степенью успешности, однако их многообразие и достоверное знание топографии и морфологии структур мозга, ответственных за их реализацию, позволяет с достаточно уверенно заявлять о высокой степени значимости ИМК, основанных на воображаемых движениях. При этом активно развиваются новые гибридные подходы в рамках нейрореабилитации, учитывающие мотивационные компоненты пациента, а также его способность к ускоренному обучению, в том числе благодаря геймификации [6]

Бионические протезы и экзоскелеты на основе ИМК.

Спрос на технологию ИМК в области восстановительной и вспомогательной медицины привёл к разработке высокотехнологичных средств и инструментов, потребных для работы с пациентами с параличом, перенёсших инсульт. Значительное количество клинических исследований продемонстрировало функциональное восстановление пациентов с инсультом мозга в ходе применения технологии ИМК [7, 8, 9]. При этом, отмечается, что в настоящее время эффективность реабилитации существенно после инсульта ограничена, поскольку носит, в основном, пассивный характер. Активные методы, напротив, демонстрируют высокую эффективность, поскольку сочетают в себе методы нейромониторинга и функциональной электростимуляции (BCI-FES). Такие гибридные подходы функционируют в рамках парадигмы воображаемых движений (Motor Imagery, MI), ЭЭГ-паттерны которых являются управляющими командами для генератора электростимуляции мышц конечностей [10]. Подобные системы стимулирует пластичность мозга и повышает эффективность нейрореабилитации, в целом. Исследования ЭЭГ активности у пациентов, перенёсших инсульт, в условиях реализации реальных и воображаемых движений в период постинсультной ИМК реабилитации показали, что при воспроизведении ими реальных движений, отмечается развитие высокочастотной бета-активности в сенсомоторной коре с последующей активацией альфа-ритма в затылочных областях. При выполнении мысленных эквивалентов реальных движений частотно-пространственная структура ЭЭГ имеет аналогичный характер, помимо этого, наблюдается восстановление общей структуры биоэлектрической активности мозга, а именно, альфа-ритма в теменно-затылочных областях.

Весьма востребована технология ИМК для реабилитации пациентов с параличами верхних и нижних конечностей, в частности, для их функционального восстановления [11, 12]. В этом контексте значительная часть исследований в области ИМК посвящена постинсультной компенсации. ИМК, сопряжённые с экзопротезами, в частности, способны анализировать активность ЭЭГ в процессе выполнения воображаемых движений и декодировать направления движения руки у пациентов с инсультом. Результат такого декодирования преобразуется в команды управления для моторизованной опоры парализованной конечности. В результате пациент способен активно манипулировать своей собственной рукой в воображаемом направлении, развивая, таким образом, новые нейронные связи в области коркового

представительства конечности, благодаря свойству нейропластичности мозга. С целью повышения эффективности ИМК реабилитации на основе экзоскелетов активно применяются методы тактильной стимуляции [13]. Нередко для пациентов, перенёвших инсульт, задача воспроизведения воображаемого кинестетического ощущения конкретной конечности является трудновыполнимой. Для решения указанной проблемы предлагается применять вибростимуляцию запястья, с целью концентрации внимания пациента на целевой конечности, что позволяет повысить эффективность методов детектирования инвариантных электрографических паттернов мозга. Проведённые исследования убедительно продемонстрировали, что наиболее эффективной в контексте функционирования ИМК является гаптическая стимуляция подушечек пальцев, по сравнению со стимуляцией запястья. Более высокая плотности механорецепторов подушечек пальцев способна повышать производительность ИМК, в том числе благодаря наиболее интенсивной и стабильной событийной синхронизации-десинхронизации ЭЭГ.

Манипуляция экзоскелетами нередко осуществляется посредством мультимодальных сигналов для решения задач повышения точности, производительности и надёжности ИМК. С этой целью используются адаптивные механизмы, основанные на сенсорной обратной связи, интегрированной с экзоскелетом с тем, чтобы уменьшить частоту ложноположительных срабатываний системы [14, 15, 16]. Экзоскелетные системы, интегрированные с ИМК на основе воображаемых движений, активно разрабатываются и тестируются для реабилитации пациентов с параличами как верхних [17], так и нижних конечностей [18].

В настоящее время активно идут исследования по применению роботизированных (бионических) протезов, синхронизированных с ИМК. В отличие от классических роботизированных протезов, функционирующих на основе сигналов электромиограммы, бионические протезы на основе ИМК способны утилизировать команды управления, извлекаемые из ЭЭГ, генерируемые пользователями в произвольном режиме. Хотя электромиографическое управление протезами является наиболее разработанным и надёжным способом управления, ИМК управление верхними конечностями показывает достаточно высокую эффективность и позволяет создать альтернативу в выборе способа управления [19].

Обнаружено также, что манипуляция бионическим протезом посредством ИМК позволяет контролировать фантомные боли ампутированной конечности, являющиеся, по-видимому, следствием реорганизации сенсомоторной коры [20].

ИМК системы в терапии болевой чувствительности.

Важным клиническим применением ИМК в настоящее время является терапия невропатической боли (НБ), возникающих в результате травм спинного мозга (ТСМ). Нефармакологический способ купирования приступов боли на основе технологии ИМК с обратной связью показал свою достаточно высокую эффективность [21]. Боли, провоцируемые ТСМ, как известно, не во всех случаях поддаются успешной фармакологической терапии при

помощи анальгетиков, помимо этого, анальгезирующие препараты, нередко, индивидуально непереносимы пациентом. Тренинги с биологической обратной связью в контуре ИМК могут быть хорошей альтернативой и дополнительным средством в решении проблемы купирования НБ. Экспериментально показано, что серия тренингов на основе параметров ЭЭГ приводила к выраженной модуляции активности первичной моторной коры (M1) и увеличению амплитуды когнитивного компонента P300, как следствие, развивается выраженный анальгетический эффект.

Хотя в подавляющем большинстве ИМК исследований применялись роботизированные протезы верхних конечностей, работы по адаптации бионических протезов нижних конечностей также демонстрируют достаточно высокую эффективность [22] и являются не менее востребованными для лиц с параличами или парезами ног.

ИМК для управления внешними устройствами.

Поскольку работа интерфейса «Мозг-компьютер» не требует использования какой-либо мышечной активности, система связи, основанная на методах нейрокоммуникации, практически, способна функционировать даже у людей с тяжелыми двигательными нарушениями, вызванными нейродегенеративными заболеваниями или травмами спинного мозга [23, 24, 25].

В работах многочисленных авторов широко представлены ИМК системы для управления моторизованными креслами-колясками для полностью или частично парализованных лиц [26, 27]. Одним из основных требований для ИМК, манипулирующего креслом, является высокая точность и надёжность методов распознавания целевых команд в антропоморфном режиме, комфортный пользовательский интерфейс и дополнительные возможности, помимо передвижения. Для этого могут использоваться кресла со встроенными управляемыми манипуляторами, позволяющими парализованным пациентам пить или выполнять иные необходимые манипуляции без посторонней помощи медицинского персонала или родственников. Помимо этого, разрабатываются интеллектуальные роботизированные кресла, алгоритмы активного зрения в которых способны формировать виртуальную карту помещения с целью обхода препятствий и избегания угрозы случайных столкновений [28].

Типичным случаем применения ИМК в рамках медицинской реабилитации являются пациенты, страдающие боковым амиотрофическим склерозом (БАС), неизлечимым неврологическим заболеванием, которое влияет на способность контролировать периферическую нервную систему и нервно-мышечный аппарат. Заболевание со временем приводит пациентов к полному параличу. В первую очередь для людей с подобными нарушениями разрабатываются ИМК приложения, позволяющие им, например, управлять бытовой техникой в рамках системы умного дома [29, 30, 31].

Для людей, страдающих БАС, острой проблемой становится возможность коммуникации с другими людьми [32]. Специально для этого созданы специализированные виртуальные клавиатуры, не требующие ручного управления. Такие клавиатуры функционируют на основе мозговых паттернов,

представляющих собой когнитивные вызванные потенциалы мозга, таких как волна P300, возникающей в ответ на целевые стимулы. Виртуальные клавиатуры широко применяются как в клинических, так и в фундаментальных исследованиях. Показано, что на их эффективность и способность пользователя управлять подобными системами влияет текущий стресса и уровень когнитивной вовлеченности [33], кроме того, по-прежнему не решена окончательно задача оптимизации алгоритмов выбора демонстрируемых пользователю символов с тем, чтобы обеспечить скорость ввода информации со скоростью нормальной речи [34].

Оценка степени нарушения сознания с помощью технологии ИМК.

Весьма полезной областью клинического применения технологии ИМК является решение задачи анализа и контроля когнитивного состояния неврологических пациентов. Одной из важнейших фундаментальных проблем, от решения которой зависит не только эффективность ряда клинических систем нейромониторинга, но и понимание природы сознания человека, является проблема оценки когнитивных процессов у пациентов с неврологическим статусом. Показано, что ИМК могут быть использованы для анализа и оценки степени сохранности когнитивных процессов у пациентов, в частности, полностью парализованных, а также лиц с нарушениями сознания [35, 36, 37].

Гибридные ИМК.

Наиболее перспективным направлением в области развития нейронауки представляется конвергенция технологий ИМК с технологиями виртуальной реальности (VR), прежде всего, с целью повышения терапевтических эффектов, благодаря выраженным иммерсивным свойствам виртуальных сред и максимально контролируемым экспериментальным условиям проведения исследований. Традиционные реабилитационные программы для работы с пациентами, имеющими неврологические заболевания, часто являются утомительными и проходят без их активного участия, следствием чего является общая низкая или недостаточная эффективность реабилитационных комплексов. В связи с необходимостью повышения терапевтической эффективности реабилитации пациентов в последние годы активно развивается гибридная технология ИМК-VR с целью исследования эффективности различных сценариев и тренингов [38]. Исследования показали, что методики на основе синтеза технологий ИМК и VR способны не только эффективно восстанавливать функции верхних конечностей, но также оказывают положительное влияние на активацию целевых структур мозга и формируют соответствующие нейропластические изменения в нейронных сетях [39]. Экспериментально продемонстрировано, что гибридный подход ИМК-VR с использованием виртуального аватара является весьма эффективным в рамках программы нейрореабилитации пациентов с тяжелыми поражениями головного мозга [40].

Заключение.

Реабилитация и ресоциализация лиц с инвалидностью, с одной стороны, является социально значимой задачей и с разных сторон решается на уровне

государственных служб и общественных организаций путем предоставления социальных, медицинских и юридических услуг, что создает условия для продолжения жизнедеятельности таких людей. С другой, тенденции последних лет свидетельствуют о том, что потребность в интеллектуальных технических средствах на основе немышечных каналов управления и коммуникации, таких как нейроинтерфейсы, будет неуклонно расти, поскольку число пациентов, нуждающихся в реабилитации и высокотехнологичной помощи, непрерывно увеличивается. Удовлетворение растущего спроса в настоящее время реализуется за счёт развития новых компьютерных методов анализа сигналов мозга, открывших большие перспективы для разработки усовершенствованных технических средств реабилитации людей с двигательными нарушениями, способных существенно увеличить число лиц, успешно компенсирующих утраченные в результате инвалидизации жизненно важные способности.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями»

Список литературы

1. Khan M.A. et al. Review on motor imagery based BCI systems for upper limb post-stroke neurorehabilitation: From designing to application // *Computers in Biology and Medicine*. – 2020. – С. 103843.
2. Soekadar S.R. et al. An EEG/EOG-based hybrid brain-neural computer interaction (BNCI) system to control an exoskeleton for the paralyzed hand // *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*. – 2015. – Т. 60. – №. 3. – С. 199-205.
3. Chaudhary U., Birbaumer N., Curado M. R. Brain-machine interface (BMI) in paralysis // *Annals of physical and rehabilitation medicine*. – 2015. – Т. 58. – №. 1. – С. 9-13.
4. Allison B.Z. et al. Validation of a brain-computer interface (BCI) system designed for patients with disorders of consciousness (DOC): regular and sham testing with healthy participants // *International Conference on Augmented Cognition*. – Springer, Cham, 2017. – С. 253-265.
5. Vařeka L., Ladouce S. Prediction of Navigational Decisions in the Real-World: A Visual P300 Event-Related Potentials Brain-Computer Interface // *International Journal of Human-Computer Interaction*. – 2021. – С. 1-15.
6. de Castro-Cros M. et al. Effects of gamification in BCI functional rehabilitation // *Frontiers in neuroscience*. – 2020. – Т. 14. – С. 882.
7. Jiang S. et al. Application of BCI-FES system on stroke rehabilitation // *2015 7th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)*. – IEEE, 2015. – С. 1112-1115.
8. Zhural'ev M., Runnova A., Kiselev A. Characteristics of post-stroke patients brain activity with real and imagined movements in the BCI-rehabilitation process // *Procedia Computer Science*. – 2020. – Т. 169. – С. 677-685.

9. Kruse A. et al. *Effect of brain-computer interface training based on non-invasive electroencephalography using motor imagery on functional recovery after stroke—a systematic review and meta-analysis* // *BMC neurology*. – 2020. – T. 20. – №. 1. – C. 1-14.
10. Benzy V. K. et al. *Motor Imagery Hand Movement Direction Decoding using Brain Computer Interface to Aid Stroke Recovery and Rehabilitation* // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2020.
11. Le Franc S. et al. *Influence of visual feedback on the illusion of movement induced by tendon vibration of wrist in healthy subjects* // *SOFMER 2019-34ème congrès de la Société Française de Médecine Physique et de Réadaptation*. – 2019.
12. Bobrova E. V. et al. *Use of Imaginary Lower Limb Movements to Control Brain–Computer Interface Systems* // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. – 2020. – T. 50. – №. 5. – C. 585-592
13. Missiroli F. et al. *Haptic Stimulation for Improving Training of a Motor Imagery BCI Developed for a Hand-Exoskeleton in Rehabilitation* // *2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. – IEEE, 2019. – C. 1127-1132.
14. Gordleeva S. Y. et al. *Real-time EEG–EMG human–machine interface-based control system for a lower-limb exoskeleton* // *IEEE Access*. – 2020. – T. 8. – C. 84070-84081.
15. Vinoy P. G. et al. *Brain-controlled adaptive lower limb exoskeleton for rehabilitation of post-stroke paralyzed* // *IEEE Access*. – 2019. – T. 7. – C. 132628-132648.
16. Xiong X., Manoonpong P. *Online Adaptive Resistance Control of An Arm exoskeleton Exercise* // *тренинг*. – 2020. – T. 4. – C. 5.
17. Nann M. et al. *Restoring activities of daily living using an EEG/EOG-controlled semiautonomous and mobile whole-arm exoskeleton in chronic stroke* // *IEEE Systems Journal*. – 2020.
18. Choi J. et al. *Developing a Motor Imagery-Based Real-Time Asynchronous Hybrid BCI Controller for a Lower-Limb Exoskeleton* // *Sensors*. – 2020. – T. 20. – №. 24. – C. 7309.
19. Staffa M., Giordano M., Ficuciello F. *A WiSARD network approach for a BCI-based robotic prosthetic control* // *International Journal of Social Robotics*. – 2020. – T. 12. – №. 3. – C. 749-764.
20. Yanagisawa T. et al. *Using a BCI prosthetic hand to control phantom limb pain* // *Brain-Computer Interface Research*. – Springer, Cham, 2019. – C. 43-52.
21. Yanagisawa T. et al. *BCI training to move a virtual hand reduces phantom limb pain: A randomized crossover trial* // *Neurology*. – 2020. – T. 95. – №. 4. – C. e417-e426. e417-e426.
22. Murphy D.P. et al. *electroencephalogram-Based Brain–computer interface and Lower-Limb Prosthesis control: A case study* // *Frontiers in neurology*. – 2017. – T. 8. – C. 696.
23. Merante A. et al. *Brain–Computer Interfaces for Spinal Cord Injury Rehabilitation* // *Neuroergonomics*. – Springer, Cham, 2020. – C. 315-328.

24. Al-Taleb M.K.H. et al. Home used, patient self-managed, brain-computer interface for the management of central neuropathic pain post spinal cord injury: usability study // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2019. – T. 16. – №. 1. – C. 1-24.
25. Hesam-Shariati N. et al. Evaluation of the Effectiveness of a Novel Brain-Computer Interface Neuromodulative Intervention to Relieve Neuropathic Pain Following Spinal Cord Injury: Protocol for a Single-Case Experimental Design With Multiple Baselines // *JMIR Research Protocols*. – 2020. – T. 9. – №. 9. – C. e20979.
26. Huang Q. et al. An EEG-/EOG-based hybrid brain-computer interface: application on controlling an integrated wheelchair robotic arm system // *Frontiers in neuroscience*. – 2019. – T. 13. – C. 1243.
27. Wang H. et al. The control of a virtual automatic car based on multiple patterns of motor imagery BCI // *Medical & biological engineering & computing*. – 2019. – T. 57. – №. 1. – C. 299-309.
28. Mounir R., Alqasemi R., Dubey R. Bci-controlled hands-free wheelchair navigation with obstacle avoidance // *arXiv preprint arXiv: 2005.04209*. – 2020.
29. Vidya G., Vipitha E. P., Hridya S. G. Brain Controlled Home Automation System // *BRAIN*. – 2018. – T. 5. – №. 04.
30. Jafri S.R.A. et al. Wireless brain computer interface for smart home and medical system // *Wireless Personal Communications*. – 2019. – T. 106. – №. 4. – C. 2163-2177.
31. Park S. et al. Development of an online home appliance control system using augmented reality and an ssvep-based brain-computer interface // *2020 8th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)*. – IEEE, 2020. – C. 1-2.
32. Ramkumar S. et al. A review on brain computer interface for locked in state patients // *Materials Today: Proceedings*. – 2021.
33. Garcia L. et al. Is stress state an important factor in the BCI-P300 speller performance? // *International Work-Conference on Artificial Neural Networks*. – Springer, Cham, 2019. – C. 442-454.
34. Karakuş D. et al. Design of Brain-Computer Interface for Controlling A Virtual Keyboard // *2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)*. – IEEE, 2019. – C. 1-4.
35. Wang F. et al. Enhancing clinical communication assessments using an audiovisual BCI for patients with disorders of consciousness // *Journal of neural engineering*. – 2017. – T. 14. – №. 4. – C. 046024.
36. Pan J. et al. Emotion-related consciousness detection in patients with disorders of consciousness through an EEG-based BCI system // *Frontiers in human neuroscience*. – 2018. – T. 12. – C. 198.
37. Xie Q. et al. A gaze-independent audiovisual brain-computer Interface for detecting awareness of patients with disorders of consciousness // *BMC neurology*. – 2018. – T. 18. – №. 1. – C. 1-12.
38. Wen D. et al. Combining brain-computer interface and virtual reality for rehabilitation in neurological diseases: A narrative review // *Annals of physical and rehabilitation medicine*. – 2020.

39. Vourvopoulos A. et al. Efficacy and brain imaging correlates of an immersive motor imagery BCI-driven VR system for upper limb motor rehabilitation: A clinical case report //Frontiers in human neuroscience. – 2019. – Т. 13. – С. 244.

40. Vourvopoulos A. et al. Effects of a brain-computer interface with virtual reality (VR) neurofeedback: A pilot study in chronic stroke patients //Frontiers in human neuroscience. – 2019. – Т. 13. – С. 210.

ПРОИЗВОЛЬНЫЕ МЫСЛЕННЫЕ ЭКВИВАЛЕНТЫ РЕАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ: СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЭГ

Д.М. Лазуренко, П.Д. Шапошников, Д.И. Шепелев
Центр нейротехнологий Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону

Аннотация. Исследовались спектральные характеристики электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной у 16 обследуемых в процессе выполнения реальных движений верхними и нижними конечностями, а также их мысленных эквивалентов – идеомоторных актов. Показано, что при реализации как реальных, так и мысленных движений в ЭЭГ наблюдались связанная с событием десинхронизация и однонаправленное снижение спектральной мощности в проекционных префронтальных, сенсомоторных и ассоциативных (теменных) областях коры как правого, так и левого полушария.

Введение.

В настоящее время имеет место повышенный интерес к изучению нейрофизиологических механизмов мозга и специфических электрографических феноменов ЭЭГ, связанных с произвольной двигательной активностью, в рамках разработок систем человеко-машинного взаимодействия, а именно, Интерфейсов «Мозг-компьютер» или ИМК (Brain-Computer Interfaces, BCI). Такие системы обеспечивают функционирование невербальных и немышечных каналов коммуникации и управления, минуя естественные нервно-мышечные пути [1, 2]. Спектр областей применения нейроинтерфейсов в настоящее время весьма широк и включает в себя социально-психологическую реабилитацию и повышение качества жизни частично или полностью парализованных лиц [3, 4]. Кроме того, данная технология широко привлекается для разработки защищённых каналов связи [5], новых компьютерных игр на основе виртуальной и дополненной реальности [6, 7], в системах контроля роботизированными устройствами [8, 9], в том числе экзоскелетами и бионическими протезами [10, 11].

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в области разработки ИМК, актуальной научной задачей является обнаружение устойчивых (инвариантных) электрографических признаков и ЭЭГ-паттернов, пригодных для управления в контуре нейрообратной связи [12, 13]. Обнаружение специфических коррелятов произвольной двигательной или идеомоторной активности позволит достичь конечной цели, а именно, получить качественно новые характеристики и свойства человеко-машинных систем, управляемых в антропоморфном режиме.

Задача настоящего исследования состояла в изучении спектральных характеристик ЭЭГ, сопряжённых выполнением человеком произвольных реальных движений верхними и нижними конечностями и их мысленных эквивалентов.

Методика.

В исследовании приняли участие 16 условно здоровых обследуемых (10 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 23 до 42 лет (средний возраст 32.5 года). В соответствии с этическими нормами, обследуемыми подписывался протокол о добровольном согласии на участие в исследовании. При проведении электрофизиологических обследований участники находились в кресле, в удобном положении, в специализированной экспериментальной камере. Обследуемые проходили предварительную обучающую процедуру без регистрации ЭЭГ, а также два основных тестовых обследования с регистрацией. Обучение проводилось в целях ознакомления без регистрации электроэнцефалограммы. В процессе обучения, обследуемые проходили подготовительные тренировки, в рамках которых измерялись индивидуальные динамические характеристики движений каждого из них, в том числе скоростные характеристики. В соответствии с инструкциями, обследуемым предлагалось выполнять движения руками и ногами в течение 2 секунд каждое с интервалом 5-10 сек. между предыдущим и последующим движением. Временная диаграмма методики эксперимента изображена на рисунке 1.

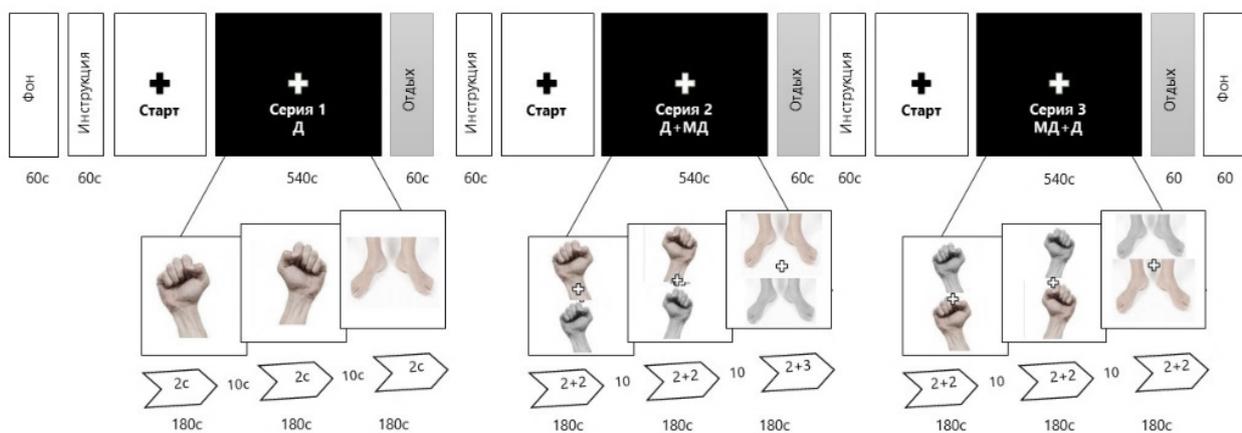


Рис. 1. Временная диаграмма сценария исследования при реализации произвольных реальных движений и их мысленных эквивалентов.

Примечания. Серия 1 (Д) – реальные движения (180 сек.); Серия 2 (Д+МД) – реальные движения и их мысленные эквиваленты (180 сек.); Серия 3 (МД+Д) – идеомоторные акты и реальные движения (180 сек.). Время регистрации фоновой ЭЭГ и предъявления инструкции – 60 с. Длительность каждой серии – 540 с.

Тип движения руками состоял в сжатии кисти в кулак и её разжатии в течение 2 секунд. При движении ногами осуществлялось движение в голеностопном суставе в вертикальной плоскости в течение 2 секунд. Сценарий исследования состояла из трёх последовательных серий. В рамках первой обследуемые выполняли только реальные движения правой рукой, левой рукой и ногами. Во второй серии обследуемые получали инструкцию после каждого

реального движения воспроизводить их мысленные эквиваленты, тогда как в третьей серии мысленные движения предваряли их реальное выполнение. Иначе говоря, вначале обследуемый выполнял идеомоторный акт и без паузы повторял его реальным способом. Длительность каждой серии составляла 9 минут (540 секунд), а именно, по 3 минуты на каждый тип движения. Контроль двигательной активности производился при использовании полиграфических каналов регистрации электромиограммы (ЭМГ). Всего в процессе каждого обследования, длившегося 35 минут, обследуемыми выполнялось от 30 до 80 циклов каждого типа движений.

Регистрация ЭЭГ. Выполнялась непрерывно в течение всего периода обследования в процессе выполнения как реальных движений, так и их мысленных эквивалентов, а также в состоянии покоя с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ) до и после основных серий обследования. Продолжительность базовых функциональной пробы (ОГ, ЗГ), регистрация которых выполняла для контроля функционального состояния обследуемых, составляла 60 секунд каждая. Дополнительные данные для экспериментальных выборок были получены в ходе анализа междвигательных интервалов, составлявших, в среднем, 5 секунд. ЭЭГ регистрировали монополярно от 13 стандартных отведений, согласно международной системе «10-20» в следующих проекциях: F7, F8, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, O1, O2 с использованием электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03» («Медиком МТД», г. Таганрог). Референтными являлись электроды, расположенные на мочках ушей (референт объединенный). Частота дискретизации сигналов составляла 250 Гц по каждому из каналов, полоса пропускания частотных фильтров – 1-70 Гц, режекторный фильтр – 50 Гц.

Электромиограмма (ЭМГ) на руках регистрировалась на поверхностном сгибателе пальцев – *m. flexor digitorum superficialis*, на ногах на передней большеберцовой мышце – *m. tibialis anterior*. ЭМГ регистрировалась биполярно и использовалась для формирования маркеров-событий, синхронизированных с ЭЭГ. Полоса фильтрации каналов ЭМГ составляла 1-4 Гц, порог амплитуды на восходящем фронте – 10 мкВ. *Электроокулограмма (ЭОГ)* регистрировалась в горизонтальной и вертикальной проекциях с целью режекции глазо-двигательных артефактов. *Спектральные характеристики ЭЭГ* анализировались с использованием многофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (MANOVA with repeated measures, Statistica 10). Быстрое преобразование Фурье применялось для анализа ЭЭГ-эпох: 1) предшествующих выполнению реальных движений во временном окне – $500 \div 0$ мс; 2) в интервале $+2000 \div +4000$ мс – при мысленном повторении реального движения; 3) во временном окне $-2000 \div 0$ мс – в третьей серии сценария обследования при произвольном мысленном выполнении движения. Спектральная мощность оценивалась в следующих частотных диапазонах ЭЭГ: дельта- (0.5-3.5 Гц), тета- (3.5-7.5 Гц), альфа- (7.5-13.5 Гц), бета-1- (13.5-19.0 Гц), бета-2- (19.0-30.0 Гц), гамма-1- (30.0-48.0 Гц) и гамма-2- (52.0-70.0 Гц). Спектральные показатели подвергались \log -трансформации с целью их приближения к нормальному распределению. Выделены следующие факторы:

1) Конечность - правая рука, левая рука, ноги, покой; 2) Диапазон – 8 полос частот ЭЭГ; 3) Серия – три уровня. Переменными служили Отведения (О; уровни: 13).

Результаты и их обсуждение.

Проведённый многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA) показал, что имели место основные эффекты по анализируемым факторам «Конечность» и «Диапазон», а именно, обнаруживались достоверные различия между уровнями ($F_L(3; 42)=12.053, p=0,000$; $F_R(7; 42)=262.22, p=0,000$). Кроме того, значимые взаимодействия также имели место практически между всеми анализируемыми факторами и переменными (Таблица). Поскольку различия по фактору «Диапазон» и переменным «Отведения» отражают хорошо известные и подробно описанные в литературе региональные и частотные особенности ЭЭГ человека [14], далее они не будут обсуждаться.

Результат многофакторного MANOVA-анализа с повторными измерениями спектральных характеристик ЭЭГ трёх мысленных движений (для группы из 16 обследуемых). Показаны только основные эффекты и взаимодействия факторов с переменными

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Df	MS	F	p
Intercept	2,347586E+07	1	23475863	1080,995	0,000000
{1}Limb	7,852800E+05	3	261760	12,053	0,000000
{2}Range	3,986222E+07	7	5694603	262,220	0,000000
{3}Series	8,447754E+04	2	42239	1,945	0,143005
{4}Channel	2,354938E+06	12	196245	9,858	0,000000
Channel *Limb	2,602922E+06	36	72303	3,632	0,000000
Channel *Range	6,844326E+06	84	81480	4,093	0,000000
Channel *Series	1,506740E+06	24	62781	3,154	0,000000
4*1*2*3	2,074841E+07	504	41167	2,068	0,000000
Error	9,540349E+09	479232	19908		

Примечания. Факторы: Limb – Конечность, Range – Диапазон частот, Series – Серия, Channel – отведения ЭЭГ. SS – дисперсия ошибки, MS – среднеквадратическая ошибка, F – критерий Фишера. Полужирным шрифтом выделены значения, достоверные при $p \leq 0.05$.

Анализ показал, что по фактору «Серия» достоверных отличий не наблюдалось, а функциональное состояние (ФС) мозга обследуемых, в целом, оставалось устойчивым в течение всего сценария (рис. 1). Детализированный анализ частотных диапазонов в трёх сериях сценария показал незначительные отличия лишь в низкочастотном дельта-диапазоне, тогда как на уровне плановых сравнений достоверных отличий не наблюдалось (*Plan.Comp.* $F_{R-S}(14; 39936)=1.240, p=0,237$) Это позволяло утверждать, что все наблюдаемые изменения спектральной мощности ЭЭГ связаны со спецификой реализуемой деятельности, в том числе двигательной и идеомоторной, а не с глобальными перестройками ФС.

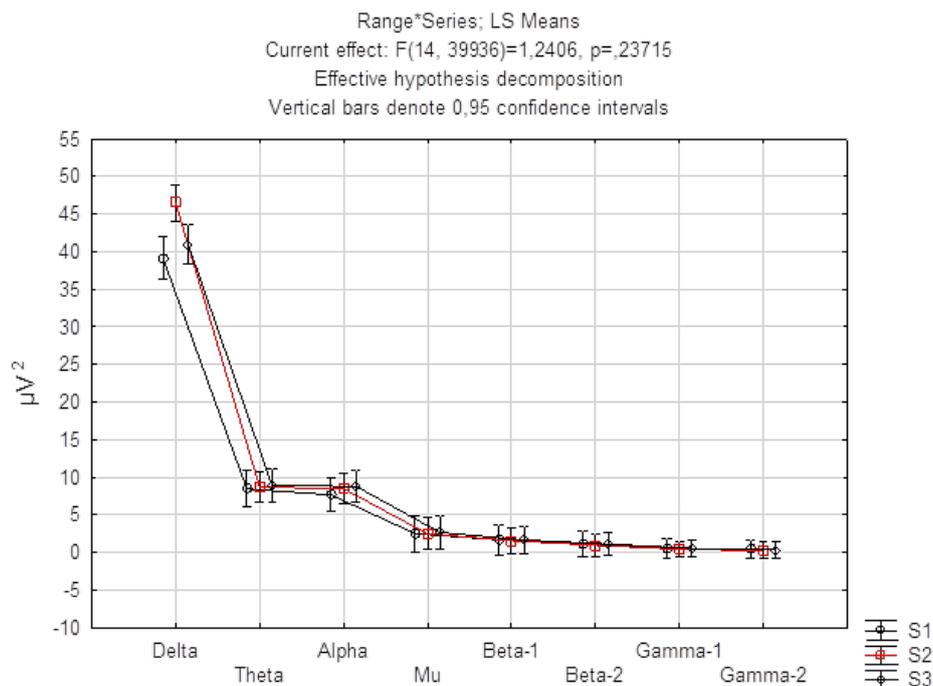


Рис. 1. Графическое изображение результатов двухфакторного дисперсионного анализа (MANOVA) спектральных характеристик ЭЭГ, зарегистрированной в трёх сериях сценария (в группе из 16 обследуемых).
Примечания. Факторы: Сценарий; Диапазон частот.

Дополнительный анализ спектральных характеристик ЭЭГ по фактору «Конечность», в рамках которого имел место Main Effects, было показано, что достоверные различия наблюдались как между состоянием покоя и реализуемой идеомоторной деятельностью, так и между тремя типами идеомоторных актов – мысленных эквивалентов реальных движений (рис. 2).

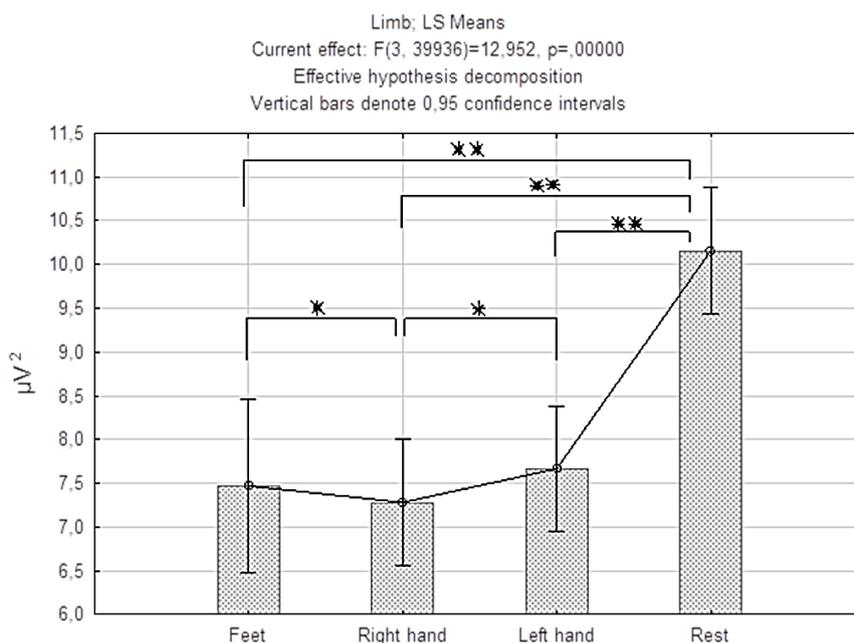


Рис. 2. Графическое изображение результатов однофакторного дисперсионного анализа (MANOVA) спектральных характеристик ЭЭГ, зарегистрированной в покое и при реализации трёх произвольных идеомоторных актов (в группе из 16 обследуемых)

Результат двухфакторного дисперсионного (MANOVA) анализа реализуемой деятельности с состоянием покоя в десяти частотных диапазонах ЭЭГ показал достоверное и однонаправленное снижение спектральной мощности всех ритмов ЭЭГ практически по всей поверхности коры (рис. 3). При этом наблюдалось значимое взаимодействие анализируемых факторов «Конечность*Диапазон» и переменных «Отведений» $F_{L*R*S}(12; 252)=1.941$, $p=0,000$). Предварительный анализ показал, что при выполнении произвольных мысленных движений, эквивалентных реальным, наблюдались значимые региональные отличия. В процесс активно вовлекались заинтересованные корковые области, деятельность которых связана с планирование и реализацией сложных форм двигательной активности, а именно, префронтальные, центральные и теменные области больших полушарий мозга человека. Аналогичные сведения были получены и другими авторами [15]

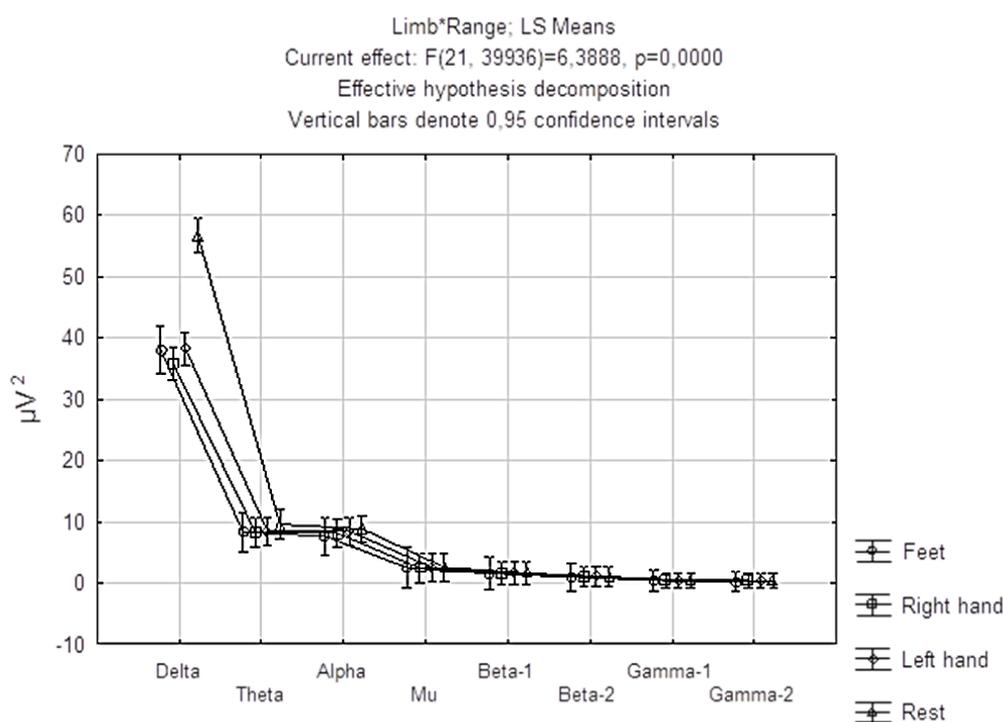


Рис. 3. Графическое изображение результатов двухфакторного дисперсионного анализа (MANOVA) спектральных характеристик ЭЭГ, зарегистрированной в покое и при выполнении произвольных мысленных эквивалентов реальных движений (в группе из 16 обследуемых). Примечания. Факторы: Конечность; Диапазон частот

Полученные в настоящем исследовании результаты, с одной стороны, согласуются с уже известными литературными данными [16, 17], согласно которым фронтальные, центральные и париетальные областей головного мозга непосредственно участвуют в реализации как произвольных форм поведения, так и идеомоторных актов. С другой, ключевым элементом экспериментальной парадигмы и общей концепции в области разработки систем человеко-машинного взаимодействия на основе немышечных каналов управления является такая характеристика нейроинтерфейса как индуцирование человеком ЭЭГ-паттерна мысленной активности, в том числе речевого содержания [18, 19,

20], трансформируемого в команды управления. Указанная парадигма деятельности позволяет в случае практической необходимости расширять алфавит мысленных команд, которыми человек способен произвольно оперировать, а также ведёт к повышению общей реактивности системы. При этом рассматриваемые характеристики существенно ограничены или вовсе невозможны в стимул-зависимых подходах, например, при использовании методики вызванных потенциалов мозга (ВП).

Заключение.

Актуальной и перспективной, прежде всего, с прикладной точки зрения является задача разработки процедуры настройки системы ИМК, которая утилизирует в своей работе произвольно генерируемые пользователем команды управления. Решение указанной проблемы видится на пути разработки моделей стимул-независимых интерфейсов «Мозг-компьютер», использующих для инвариантного управления ЭЭГ-паттерны, в частности, мысленные эквиваленты реальных движений или мысленную (скрытую) вербализацию.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями»

Список литературы

1. Chaudhary U., Mrachacz-Kersting N., & Birbaumer N. (2020). *Neuropsychological and neurophysiological aspects of brain-computer-interface (BCI) control in paralysis. The Journal of physiology.*
2. Lugo Z.R., Pokorny C., Pellas F., Noirhomme Q., Laureys S., Müller-Putz G., & Kübler A. (2020). *Mental imagery for brain-computer interface control and communication in non-responsive individuals. Annals of physical and rehabilitation medicine, 63(1), 21-27.*
3. Eidel M., & Kübler A. (2020). *Wheelchair Control in a Virtual Environment by Healthy Participants Using a P300-BCI Based on Tactile Stimulation: Training Effects and Usability. Frontiers in Human Neuroscience, 14.*
4. Maruyama Y., Yoshimura N., Rana A., Malekshahi A., Tonin A., Jaramillo-Gonzalez A., ... & Chaudhary U. (2020). *Electroencephalography of completely locked-in state patients with amyotrophic lateral sclerosis. Neuroscience research, 162, 45-51.*
5. Stiso J., Corsi M.C., Vettel J.M., Garcia J., Pasqualetti F., Fallani F.D.V., ... & Bassett D.S. (2020). *Learning in brain-computer interface control evidenced by joint decomposition of brain and behavior. Journal of Neural Engineering, 17(4), 046018.*
6. Juliano J.M., Spicer R.P., Vourvopoulos A., Lefebvre S., Jann K., Ard T., ... & Liew S.L. (2020). *Embodiment is related to better performance on a brain-computer interface in immersive virtual reality: A pilot study. Sensors, 20(4), 1204.*
7. Putze F., Vourvopoulos A., Lécuyer A., Krusienski D., i Badia S.B., Mullen T., & Herff C. (2020). *Brain-computer interfaces and augmented/virtual reality. Frontiers in human neuroscience, 14.*

8. Quiles E., Suay F., Candela G., Chio N., Jiménez M., & Álvarez-Kurogi L. (2020). Low-Cost Robotic Guide Based on a Motor Imagery Brain–Computer Interface for Arm Assisted Rehabilitation. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 699.
9. Baniqued P.D.E., Stanyer E.C., Awais M., Alazmani A., Jackson A.E., Mon-Williams M.A., ... & Holt R.J. (2021). Brain–computer interface robotics for hand rehabilitation after stroke: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), 1-25.
10. Chen S., Cao L., Shu X., Wang H., Ding L., Wang S.H., & Jia J. (2020). Longitudinal electroencephalography analysis in Subacute stroke patients during intervention of brain–computer interface with exoskeleton feedback. *Frontiers in Neuroscience*, 14.
11. Kotov S.V., Romanova M.V., Kondur A.A., Biryukova E.V., Frolov A.A., Turbina L.G., ... & Zaitseva E.V. (2020). Reorganization of Bioelectrical Activity in the Neocortex after Stroke by Rehabilitation Using a Brain-Computer Interface Controlling a Wrist Exoskeleton. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 50(9), 1146-1154.
12. Saha S., & Baumert M. (2020). Intra-and inter-subject variability in EEG-based sensorimotor brain computer interface: a review. *Frontiers in computational neuroscience*, 13, 87.
13. Kruse A., Suica Z., Taeymans J., & Schuster-Amft C. (2020). Effect of brain-computer interface training based on non-invasive electroencephalography using motor imagery on functional recovery after stroke-a systematic review and meta-analysis. *BMC neurology*, 20(1), 1-14.
14. Шеповальников А.Н. Формирование биопотенциального поля мозга человека / А.Н. Шеповальников А.Н. [и др.]. – Л., 1979. – 162 с.
15. Veslin E.Y.; Dutra M.S.; Bevilacqua L.; Raptopoulos L.S.C.; Andrade W.S.; Pereira A.S.; Fiorani M.; Soares J.G.M. Lower gamma band in the classification of left and right elbow movement in real and imaginary tasks. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 2019, 41, 91.
16. Alanis-Espinosa M., & Gutiérrez D. (2020). On the assessment of functional connectivity in an immersive brain-computer interface during motor imagery. *Frontiers in Psychology*, 11, 1301.
17. Cho H., Ahn M., Ahn S., Kwon M., & Jun S.C. (2017). EEG datasets for motor imagery brain-computer interface. *GigaScience*, 6(7), gix034.
18. Бахтин О.М., Кривко Е.М., & Кирой В.Н. (2020). Электромиографические компоненты, ассоциированные с внутренней речью. *Журнал медико-биологических исследований*, 8(2).
19. Rezazadeh Sereshkeh A., Yousefi R., Wong A.T., Rudzicz F., & Chau T. (2019). Development of a ternary hybrid fNIRS-EEG brain-computer interface based on imagined speech. *Brain-Computer Interfaces*, 6(4), 128-140.
20. Kaongoen N., Choi J., & Jo S. (2021). Speech-imagery-based brain-computer interface system using ear-EEG. *Journal of neural engineering*, 18(1), 016023.

МЕТОД ДЕТЕКЦИИ ЭЭГ-ПАТТЕРНОВ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МЫСЛЕННОЙ ВЕРБАЛИЗАЦИИ

О.М. Бахтин, И.В. Щербань, Н.Е. Кириленко, О.Г. Щербань
Южный федеральный университет,
г. Ростов-на-Дону

***Аннотация.** В ходе исследований биоэлектрической активности вербальной деятельности мозга человека была поставлена задача выделения в многомерной электроэнцефалограмме (ЭЭГ) временных эпох, отражающих моменты инициации и завершения мысленной вербализации различных слов. Разработан и протестирован инструментарий подобной детекции ЭЭГ-паттернов биоэлектрической активности мозга человека. Проведены экспериментальные исследования с участием 10 добровольцев. Полученные результаты подтвердили работоспособность синтезированного метода поиска временных границ ЭЭГ-паттернов, сопряжённых с мысленной вербализацией.*

Введение.

Речь является важнейшим средством социальной коммуникации. Однако, вследствие травмы головы или позвоночника, инсульта, церебрального паралича, перенесенного нейродегенеративного заболевания человек может оказаться неспособным выразить себя вербально. В итоге, даже находясь в сознании и имея сохранную внутреннюю речь, человек может оказаться в социальной изоляции [1]. Именно эта проблема инспирировала интерес к разработке немых каналов коммуникации для лиц, лишенных речевого канала [2,3].

В рамках анализа ЭЭГ мозга традиционно используется математический аппарат на основе оконного преобразования Фурье, вейвлет-преобразований, за счет чего осуществляется переход из временного представления многомерных данных к частотно-временному. Успешно апробированы методы автоматизированного детектирования паттернов, сопряжённых с эпилептическими очагами головного мозга [4], а также паттернов, отражающих эффекты синхронизации/десинхронизации ЭЭГ при реализации некоторых команд управления в каналах интерфейса «Мозг-компьютер» [5]. Однако специфичность отображения ЭЭГ-паттернов вербальной деятельности человека при произношении им слов в мысленном варианте обуславливает некоторые ограничения на использование подобных подходов.

Например, в условиях реальной вербальной активности временные границы начала произношения и его окончания могут быть найдены по электромиографической (ЭМГ) записи голосовых связок и мышц гортани. Однако мысленный процесс более лабилен относительно своих временных границ, чем реализуемый вслух и, следовательно, при произношении того же слова в мысленном плане временной интервал проговаривания может отличаться. Размытость временных границ подобных паттернов не позволяет производить достаточно надёжную когерентную суммацию индуцированных электрограмм мозга, как в случае с вызванными потенциалами [6].

Цель настоящего исследования состояла в изучении специфических электрографических паттернов мозга человека, сопряжённых с реализацией внутренней (мысленной) речи.

Методы и методика.

В ходе исследований анализировалась ЭЭГ-активность при проговаривании человеком слов как вслух, так и в мысленном варианте. Решение было получено на основе модификации метода поиска высокочастотных паттернов в составе зашумленных многомерных сигналов, рассмотренного в работе [7]. На основе аппарата многомерного сингулярного анализа (*Multi-channel Singular Spectrum Analysis, MSSA*) был синтезирован полосовой фильтр, адаптивный к вариациям характеристик наблюдаемого сигнала. Его применение в задаче поиска паттернов низкой интенсивности в составе зашумленных сигналов обеспечило требуемую чувствительность критериальной функции поиска, построенной на основе расчета метрики Хаусдорфа (МХ). В отличие от подходов к решению подобных задач, основанных на преобразовании Фурье [8], дискретном или непрерывном вейвлет-разложениях сигналов [9,10], *MSSA*-фильтры обладают адаптивностью к изменениям характеристик исходного сигнала, что и позволило получить желаемый результат.

В исследованиях приняли участие 10 юношей-добровольцев, средний возраст которых составил $24,8 \pm 0,4$ года. Эксперимент проводился в соответствии с рекомендациями комиссии по биоэтики Южного федерального университета, разработанной на основе Хельсинской декларации, от всех обследуемых было получено письменное согласие.

На экране монитора предьявлялось стилизованное изображение циферблата часов с бегущей стрелкой. Минимальное смещение «стрелки» по циферблату, соответствующее одному делению, было эквивалентно одной секунде. Положения стрелки, выделенные красным цветом с интервалом 3 с, соответствовали моментам, когда обследуемый должен был произнести слово, указанное в центре циферблата. При совмещении стрелки с первой меткой слово следовало произнести вслух, со второй – мысленно и т.д. Каждое слово в случайном порядке предьявлялось 3 раза, в течение 3 полных оборотов стрелки (рис. 1).

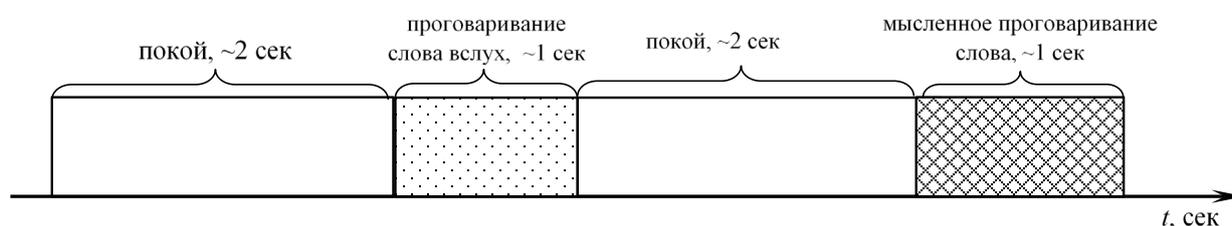


Рис. 1. Временная диаграмма единичного цикла экспериментальной сессии

Всего использовалось шесть слов, соответствующих названиям направлений в пространстве: вверх, вниз, вправо, влево, вперед, назад. Перед основным экспериментом проводился обучающий сеанс, но без регистрации ЭЭГ. Это позволяло адаптировать обследуемых к условиям эксперимента.

В течение основного обследования ЭЭГ регистрировалась непрерывно, монополярно от 14 отведений ($f_3, f_4, f_7, f_8, Fp_1, Fp_2, c_3, c_4, t_3, t_4, t_5, t_6, p_3, p_4$), расположенных согласно международной системе 10×20 , с использованием электроэнцефалографа-анализатора «ЭНЦЕФАЛАН 131» производства «МЕДИКОМ-МТД» (Россия, г. Таганрог). Референтные электроды (референт объединенный) располагались на мочках ушей. Частота дискретизации электрограмм составляла 250 Гц, полоса пропускания частотных фильтров – 1..70 Гц, использовался режекторный фильтр – 50 Гц.

В апостериорном режиме для анализа отбирались безартефактные ЭЭГ-эпохи длительностью 3 с каждая. Учитывая наличие в ряде случаев артефактов немозгового происхождения, для анализа отбиралось по 24 ЭЭГ-эпохи, соответствующих произнесению каждого слова вслух или мысленно. Всего, таким образом, в каждом эксперименте получали по 12 ЭЭГ-эпох, соответствующих произнесению каждого слова вслух или мысленно. Ниже представлены результаты для одного цикла одной экспериментальной сессии одного и того же добровольца (согласно рис. 1).

Результаты и обсуждение.

С целью анализа качества реализованного инструментария вначале исследовались ЭЭГ-паттерны, связанные с проговариванием слова вслух. При определении возможных истинных временных границ подобных паттернов исходили из следующего. Временные границы начала произношения и его окончания t_0 и t_k находили по ЭМГ-записи с электродов, расположенных на гортани в области голосовых связок. По отдельному каналу записывались метки, соответствующие моментам совмещения стрелки с метками на циферблате, принимаемые за начало отсчета «0» (рис. 2). Наблюдался тот естественный факт, что метки t_0 и «0» часто не совпадали, разница между ними составляла до ± 300 мс. Например, на рисунке 2 показан график ЭМГ для единичного цикла экспериментальной сессии, где видно, что метка t_0 опережает метку «0» примерно на 280 мс.

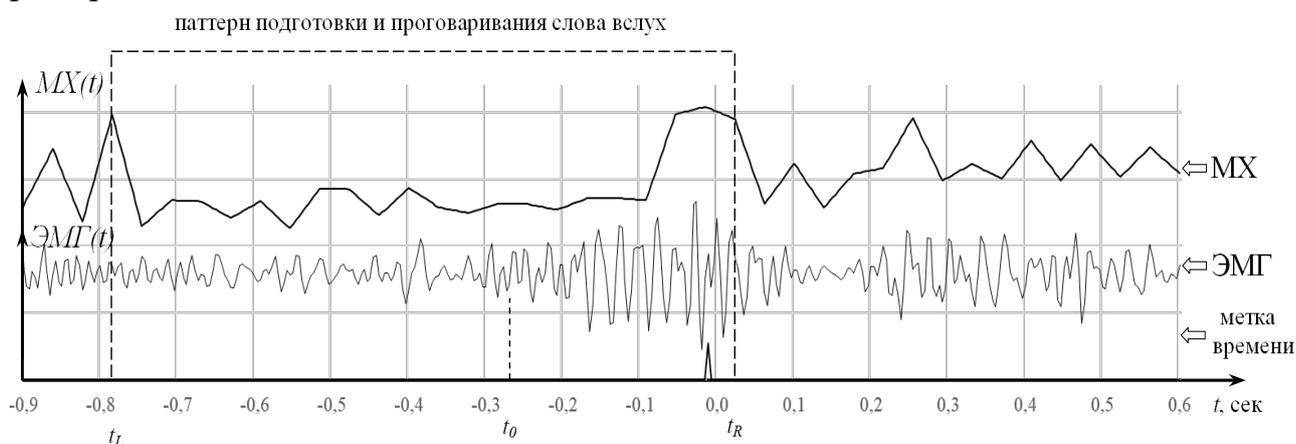


Рис. 2. Графики МХ и ЭМГ в рамках единичного цикла экспериментальной сессии при проговаривании слова вслух, где t_0 и t_k – временные границы проговаривания слова, определяемые по ЭМГ; отметка «0» соответствует моменту совмещения секундной стрелки с метками на циферблате; t_L, t_R – найденные по МХ левая и правая границы ЭЭГ-паттерна

Принято считать, что ЭЭГ-паттерны мозга, сопряжённые с непосредственной подготовкой конкретного плана проговаривания слова вслух, опережают момент t_0 начала реального произношения слова примерно на $\Delta t=500$ мс [7]. Учитывая все изложенное выше, детекция ЭЭГ-паттернов при проговаривании слова вслух выполнялась на интервалах [-900 мс; +600 мс].

График критериальной функции поиска на основе МХ [7] для той же сессии показан на том же рисунке 2. Первый по оси времени максимум МХ на графике соответствует временной границе начала премоторного паттерна мысленной активности при подготовке к проговариванию слова вслух. Видно, что он наблюдается примерно на (-780) мс. Это соответствует вышеприведенным теоретическим рассуждениям – здесь $t_0=-280$ мс и ожидаемая левая граница t_L ЭЭГ-паттерна вербальной активности должна соответствовать примерно этому же самому моменту времени, то есть $t_0-\Delta t=-780$ мс.

Второй максимум МХ должен отражать момент окончания t_R искомого ЭЭГ-паттерна и, фактически, совпадать с моментом t_k , определяемым по ЭМГ. Этот факт также наблюдается на рисунке 2, где $t_R=t_k$, что подтверждает работоспособность разработанного инструментария детекции ЭЭГ-паттернов.

На рисунке 3 показан график критериальной функции той же экспериментальной серии при последующем мысленном проговаривании человеком того же самого слова, где t_L, t_R – найденные левая и правая границы ЭЭГ-паттерна вербальной активности. Очевидно, что период подготовки к проговариванию слова вслух здесь отсутствует, что и наблюдается на графике, где t_L примерно совпадает с меткой «0». Теоретически длительность детектированного ЭЭГ-паттерна должна быть равной примерно 300..400 мс, что также соответствует наблюдаемому на рисунке факту.

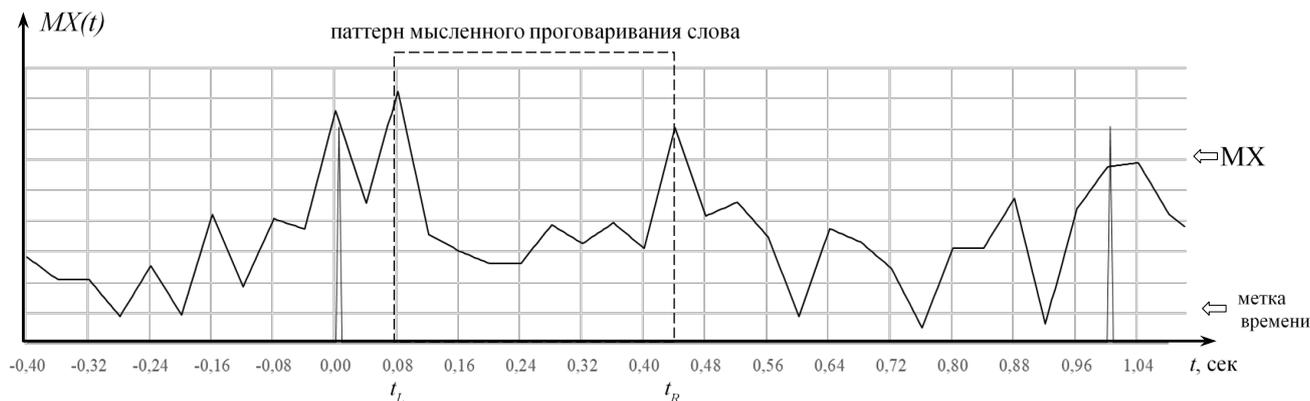


Рис. 3. График МХ в рамках единичного цикла экспериментальной сессии при мысленном проговаривании слова

Заключение.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что разработанный подход обеспечил эффективное автоматическое детектирование и временную локализацию специфических паттернов ЭЭГ, сопровождающих как проговаривание человеком слов вслух, так и мысленно. Обнаруженные электрографические феномены могут служить основой для создания

расширенного алфавита управляющих команд в контуре интерфейса «Мозг-компьютер».

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями»

Список литературы

1. Lulé D. *The studying of ethnology laws by cyclical dynamics methods / D. Lulé, C. Zickler, S. Häcker, M.A. Bruno, A. Demertzi, F. Pellas, S. Laureys, A. Kübler / Prog. Brain Res., 2009. – Vol. 177. – P 339-351.*

2. Chaudhary U. *Brain-computer interfaces for communication and rehabilitation / U. Chaudhary, N. Birbaumer, A. Ramos-Murguialday / Nature Reviews Neurology, 2016. – Vol. 12(9), – 512 p.*

3. Craik A. *Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: a review / A. Craik, Y. He, J. L. Contreras-Vidal / Journal of neural engineering, 2019. Vol. 16(3). 031001.*

4. Türk Ö. *Epilepsy detection by using scalogram based convolutional neural network from EEG signals / Ö. Türk, M.S. Özerdem / Brain sciences, 2019. – Vol. 9(5). – 115 p.*

5. Li C. *Brain-computer interface channel-selection strategy based on analysis of event-related desynchronization topography in stroke patients / T. Jia, Q. Xu, L. Ji, Y. Pan / Journal of healthcare engineering, 2019.*

6. Freer D. *Data augmentation for self-paced motor imagery classification with C-LSTM / D. Freer, G.Z. Yang / Journal of Neural Engineering, 2020. – Vol. 17(1), 016041.*

7. Щербань О.Г. *Метод поиска высокочастотных паттернов в составе зашумленных многомерных сигналов в реальном времени / О.Г. Щербань, И.В. Щербань, П.В. Лобзенко. – Информационные технологии, 2020. – №9. – С. 507-514.*

8. Щербань И.В. *Эффективные критериальные функции спектральной энтропии для поиска высокочастотных паттернов в составе зашумленных электрограмм / И.В. Щербань, Н.Е. Кириленко, О.Г. Щербань. – Информационно-управляющие системы, 2018. – №2 (93). – С. 8-17.*

9. Смоленцев Н.К. *Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н.К. Смоленцев. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 305 с.*

10. Щербань И.В. *Метод временной локализации неизвестных высокочастотных осцилляторов в составе зашумленных сигналов на основе непрерывного вейвлет-преобразования / И.В. Щербань, Н.Е. Кириленко, С.О. Красников. – Автоматика и телемеханика, 2019. – №7. – С. 122-133.*

ПОИСК ИНФОРМАТИВНЫХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ И ВРЕМЕННЫХ ГРАНИЦ ЭЭГ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИЯ ПАТТЕРНОВ МЫСЛЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ

А.И. Саевский, И.Е. Шепелев, Д.Г. Шапошников, Д.М. Лазуренко
Южный федеральный университет, Центр нейротехнологий,
г. Ростов-на-Дону

***Аннотация.** В работе представлен подход к классификации электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной в процессе реализации мысленных эквивалентов реальных движений на основе методов машинного обучения. Разработаны методы определения наиболее информативных частотных диапазонов и временных характеристик целевых классов мысленных движений. Вычислительные эксперименты проводились на выборке данных, полученной на 16 субъектах. Показано, что выбор оптимальных частотных диапазонов отдельно для каждого субъекта и каждого типа движения, а также выбор информативного временного сегмента значительно повышают точность классификации. Приведены результаты сравнительного анализа различных признаков целевых ЭЭГ-паттернов в условиях классификации трех классов мысленных движений.*

Введение.

Разработка интерфейсов «Мозг-компьютер» (ИМК) является одним из наиболее перспективных направлений в прикладных исследованиях на стыке информационных технологий и нейронаук, основной целью которого является создание нового канала коммуникации для реабилитации людей с ограниченными речевыми и мышечными возможностями [1]. ИМК реализует коммуникацию посредством декодирования мысленных команд индивидуума, формирующихся в его мозговой активности. Произвольные мысленные команды в ИМК активно используются в рамках стимул-независимой экспериментальной парадигмы, эксплуатирующей воображаемые движения верхними и нижними конечностями (руками и ногами). Главное преимущество указанного подхода состоит в том, что такие мысленные действия не требуют использования внешних управляющих стимулов и являются полностью произвольными, позволяя пользователю работать в произвольном темпе и режиме, а также формировать команды управления внешними устройствами в произвольные моменты времени – по собственному желанию. Такие преимущества активных типов ИМК являются недоступными для стимул-зависимой парадигмы деятельности в условиях использования вызванных потенциалов мозга (ВП).

Как правило, в ИМК наиболее широко используются сигналы ЭЭГ, поскольку данный метод является неинвазивным, производительным и доступным в области регистрации активности головного мозга человека. При этом наиболее сложной задачей в рамках технологии сопряжения биоэлектрической активности мозга с внешними устройствами является создание надежного алгоритма для преобразования исходных сигналов ЭЭГ в конечные команды управления. Среди факторов, препятствующих созданию таких алгоритмов, можно выделить высокий уровень компонентов шума в ЭЭГ, а также её квазистационарная природа, произвольное позиционирование информативных паттернов в исходном сигнале. В силу нестационарности

анализируемой активности, в ЭЭГ может быть выделен весьма обширный спектр вычисляемых признаков для описания наиболее информативных паттернов многомерной ЭЭГ, кроме того, имеют место значимые различия информативных признаков ЭЭГ у разных субъектов [2]. В частности, несмотря на то, что в рамках решения задачи классификации целевых электрографических паттернов мысленных движений основные значимые частотные диапазоны, такие как мю- (10-13 Гц), бета- (13-25 Гц) и гамма- (25-70 Гц) уже были выявлены ранее [1], наиболее эффективный частотный диапазон и его выраженность в контуре управления ИМК являются сугубо индивидуальными [2].

В настоящей работе предлагается подход к классификации электроэнцефалограммы мысленных движений методом логистической регрессии на основе i) определения индивидуальных для каждого субъекта и класса мысленного движения информативных частотных диапазонов, ii) определения короткого временного сегмента, содержащего паттерн целевого мысленного движения, в том числе для минимизации шумовой составляющей в сигнале исходной длины и iii) выбора информативных признаков сигнала посредством линейной трансформации исходного вектора признаков высокой размерности методом линейного дискриминантного анализа.

Методы.

Используемый набор данных состоит из 16 экспериментов, проведенных на 16 различных субъектах разных полов (12 мужчин, 4 женщины), в возрасте от 18 до 25 лет (средний возраст 21.5 ± 3.5 года). Каждый субъект перед проведением эксперимента подписывал протокол о добровольном согласии на участие в исследовании. Методика эксперимента одобрена советом по этике Южного федерального университета. Каждый эксперимент состоял из двух серий выполнения мысленных движений по ~20 движений в каждой серии. Каждое выполнение произвольного движения происходило в течение 2 секунд в произвольной последовательности и режиме с одновременной фиксацией взгляда на экране монитора. После удаления ЭЭГ-эпох, содержащих артефакты, у каждого субъекта оставалось различное количество сегментов сигнала, соответствующих выполнению мысленных движений (далее «классов») (правая рука – 35.9 ± 9.7 , левая рука – 35.1 ± 9.1 , ноги – 32.9 ± 9.2). Эксперименты проводились в комнате со звукоизоляцией и приглушенным освещением, сигнал был записан с помощью комплекса «Энцефалан» (ООО «Медиком МТД», г. Таганрог) с использованием 17 электродов (отведения $F_7, F_3, F_z, F_4, F_8, T_3, C_3, C_z, C_4, T_4, T_5, P_3, P_z, P_4, T_6, O_1, O_2$) с расположением по международному стандарту 10-20 и частотой дискретизации 250 Гц.

Оценки точности классификации во всех случаях получены с помощью метода логистической регрессии со штрафной функцией L^2 , алгоритмом оптимизации Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно с ограниченным использованием памяти (L-BFGS) и критерием останова 10^{-4} . Сеточный поиск проводился по следующему набору значений параметра регуляризации C : 10^{-3} , 0.01, 0.1, 1, 10. Итоговая оценка получалась в результате выбора лучшей точности кросс-валидации с разбиением выборки на 2 части, предварительно все

значения признаков преобразовывались к Z -значениям, а последовательность примеров перемешивалась случайным образом. Для преобразований векторов признаков использовалась модель линейного дискриминантного анализа (ЛДА) на основе разложения по сингулярным значениям и критерием останковки 10^{-4} . Далее везде будут использованы оценки, полученные для каждого субъекта отдельно и затем усредненные по всем субъектам. Частотная фильтрация проводилась с использованием фильтра Баттерворта с бесконечной импульсной характеристикой 5 порядка.

Результаты.

В целях проведения сравнительного анализа изначально была получена точность классификации при кросс-валидации на объединенной выборке из 16 субъектов: для каждого субъекта проводилось обучение на 15 остальных субъектах, а тестирование – на сигнале данного субъекта. В качестве модели классификации были выбрана традиционная комбинация методов CSP+LDA [3], включающая метод общих пространственных паттернов (Common Spatial Patterns, CSP) для предобработки сигнала и метод линейного дискриминантного анализа для классификации. Такой подход показал точность $40.9 \pm 5.3\%$, т.е. даже при довольно эффективной и настроенной модели точность при объединении выборки лишь ненамного превышала случайный уровень.

На следующем этапе был протестирован оригинальный алгоритм отбора наиболее информативных частотных диапазонов. Использовались 9 биологически значимых диапазонов: дельта- (1-3 Гц), тета- (3-7 Гц), альфа- (7-10 Гц), мю- (10-13 Гц), бета-1 (13-25 Гц), бета-2/гамма-1 (25-45 Гц), гамма-2 (55-70 Гц), гамма-3 (70-90 Гц), гамма-4 (90-110 Гц). Мощности диапазонов вычислялись с помощью метода Уэлча с окном Хэннинга и 50% перекрытия окон [4], затем вектор признаков формировался суммированием мощностей внутри каждого из вышеперечисленных диапазонов. Выбор наиболее информативного частотного диапазона подразумевал использование преобразования исходного вектора признаков длиной 153 (17 каналов * 9 частотных диапазонов) с помощью метода ЛДА: для каждого из трех классов движений была обучена отдельная модель ЛДА-преобразователя на выборке, включающей экземпляры данных трёх классов мысленных движений и аналогичное количество сегментов фонового сигнала; после трансформации вместо 153 значений оставалось лишь одно – линейная комбинация со новыми коэффициентами для каждого класса движений.

После настройки для каждого класса движений окончательный вектор признаков имел длину 3. Таким образом, для каждого класса определялась наилучшая комбинация рассматриваемых диапазонов для его разделения от фонового сигнала, но это также способствовало разделению сигналов трех классов движений между собой: после применения такого преобразования точность повысилась до $65.4 \pm 9.1\%$. Более того, при таком подходе размерность вектора признаков уменьшилась более чем в 50 раз, что важно для вычислительной эффективности и компактного представления признакового пространства [5]. Дополнительно в качестве признаков сигнала тестировались

параметры Юрта и коэффициенты попарной корреляции между каналами. Для данных признаков в целях поиска наилучшего частотного диапазона из обученных на признаках спектральной мощности ЛДА-преобразователей извлекалась информация о частотных диапазонах с наибольшими абсолютными значениями весов, а затем производилась многополосная фильтрация в этих диапазонах. Точности классификации по параметрам Юрта и коэффициентам корреляции составили, 53.9 ± 11.4 % и 53.7 ± 8.2 %, соответственно.

Дальнейшей детализацией было дополнение поиска частотных диапазонов поиском наиболее информативного сегмента в рамках 2 секунд каждого акта мысленного движения. Поскольку момент и продолжительность непосредственного исполнения движения являлся полностью произвольным, представляется обоснованным производить поиск информативного сегмента отдельно для каждого акта мысленного движения. В нашем подходе для каждого двухсекундного сегмента одного акта мысленного движения искусственно создавалась выборка примеров двух классов: рассматриваемого движения и фонового сигнала. Вектор признаков состоял при этом из разностей всех сочетаний окон длиной 750 мс со сдвигом 100 мс внутри данного акта мысленного движения и соответствующих 2 секунд сигнала фона. В 2 секундах помещаются 13 различных сдвигов окон длины 750 мс со сдвигом 100 мс. 13 примеров соответствовали классу мысленного движения, каждый из которых соответствовал разностям фиксированного окна фона со всеми окнами целевого идеомоторного акта.

Дополнительные 13 примеров, но уже класса фона, соответствовали разностям окон фонового сигнала между собой. Таким образом, каждый пример преобразовывался линейной комбинацией всех вариантов сдвига окна длины 750 мс до размерности 2. Длина окна 750 мс выбрана в связи с наибольшей точностью классификации (по сравнению с 500 и 1000 мс). Такой подход был протестирован на трех признаках: спектральная мощность, параметры Юрта и коэффициенты попарной корреляции между каналами. Соответствующие точности классификации составляли 59.5 ± 4.8 %, 68.2 ± 4.2 % и 69.4 ± 2.3 %. Результаты классификации с использованием различных признаков и подходов обобщены в таблице.

Результат классификации трёх классов мысленных движений, указаны точности работы используемых методов

Подход	Признак	Точность классификации
<i>CSP + LDA на объединенной выборке</i>	<i>CSP-паттерны</i>	40.9 ± 5.3 %
Поиск информативных частот	Спектральная мощность	65.4 ± 9.1 %.
	Параметры Юрта	53.9 ± 11.4 %
	Коэффициенты корреляции	53.7 ± 8.2 %
Поиск информативных частот и временных сегментов	Спектральная мощность	59.5 ± 4.8 %
	Параметры Юрта	68.2 ± 4.2 %
	Коэффициенты корреляции	69.4 ± 2.3 %

Заключение.

Развитие технологии ИМК зависит от ряда факторов, важным среди которых является повышение надёжности методов детектирования и классификации инвариантных ЭЭГ-паттернов мозга, человека, формирующего команды управления в произвольном и антропоморфном режиме. В настоящей работе показано, что задача классификации мысленных эквивалентов реальных движений наиболее эффективно решается путём поиска специфических частотных диапазонов как для каждого субъекта, так и для разных типов мысленных движений. Процедура поиска наилучшего временного сегмента для классификации целевых паттернов в рамках всего временного диапазона акта движения также способствовал повышению эффективности ИМК, в целом, поскольку практически решалась проблема неопределенности в рамках обнаружения интериоризированной мыслительной деятельности, не имеющей внешних поведенческих признаков. Полученные предварительные результаты будут положены в основу дальнейших разработок ИМК, однако для создания успешных для практических применений моделей классификации необходимы значительные усовершенствования и развитие эксплуатируемой экспериментальной парадигмы, в частности, с использованием методов глубокого обучения для повышения точности и надёжности классификации мысленных эквивалентов реальных движений. Разработка таких моделей является предметом для работ, проводимых нами в настоящее время.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями»

Список литературы

1. Кирой В.Н. *Интерфейс мозг-компьютер (история, современное состояние, перспективы): монография / В.Н. Кирой. РнД: Издательство Южного федерального университета, 2011. – 240 с.*
2. Thomas K.P. *Adaptive tracking of discriminative frequency components in electroencephalograms for a robust brain–computer interface / K.P. Thomas, C. Guan, C.T. Lau, A.P. Vinod, K.K. Ang // Journal of Neural Engineering, 2011. – Vol. 8(3), 036007.*
3. Shang-Lin Wu *Common spatial pattern and linear discriminant analysis for motor imagery classification / Shang-Lin Wu, Chun-Wei Wu, N. R. Pal, Chih-Yu Chen, Shi-An Chen, Chin-Teng Lin // IEEE Symposium on Computational Intelligence, Cognitive Algorithms, Mind, and Brain (CCMB), Singapore, 2013. – pp. 146-151*
4. Welch P. *The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms / P. Welch // IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, 1967, Vol. 15. – pp. 70-73.*
5. Wang, J. *Toward optimal feature and time segment selection by divergence method for EEG signals classification / J. Wang, Z. Feng, N. Lu, J. Luo // Computers in Biology and Medicine, 2018, Vol. 97. – pp. 161-170.*

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ФОРМИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

Б.Н. Заровняев, Г.В. Шубин, М.Н. Аммосова, М.П. Собакина, М.Е. Будикина
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск

***Аннотация.** На современном этапе развития научно-технического прогресса творческая деятельность современного горного инженера весьма необходима в связи с усложнением горно-геологических условий разработки месторождений, необходимостью сокращения серьезных экологических последствий, а также широким освоением месторождений в специфических условиях многолетней мерзлоты. В этих условиях часто требуется принятие оригинальных технических решений для специфических горно-геологических условий, к чему должны быть подготовлены уже в вузе.*

Учитывая развитие научно-технического прогресса на современном этапе в учебный процесс введена дисциплина по выбору «Основы технического творчества», включающая изучение барьеров, методов и приемов решения технических задач, применения физических и химических эффектов, которые повышают мотивацию студентов к инновационной деятельности и формируют их творческую компетентность.

***Ключевые слова:** творческая деятельность, компетенция, методы и приемы решения технических задач, инженерное изобретательство.*

Введение.

На современном этапе развития научно-технического прогресса, глобализации экономики и интеграции производства становится весьма актуальной инновационная деятельность инженерных специальностей. Творческая деятельность современного горного инженера также необходима в связи с усложнением горно-геологических условий разработки месторождений, необходимостью сокращения серьезных экологических последствий, а также широким освоением месторождений в специфических условиях многолетней мерзлоты. В этих условиях часто требуется принятие оригинальных технических решений для специфических горно-геологических условий, к чему должны быть подготовлены уже в вузе. Таким образом, приоритет в подготовке инженеров должно отдаваться инновационной деятельности будущих специалистов, что приводит к повышению их профессиональной компетентности, способных осуществлять комплексную профессиональную деятельность в области инженерной деятельности [1].

Горнодобывающая промышленность в настоящее время является основной отраслью экономики страны, которая является сырьевой, но переход экономики страны на качественно новый уровень – высокотехнологичный неизбежен. Соответственно современное образование в вузе должно быть построено таким образом, чтобы на выходе получать творческого инженера с высокоразвитыми профессиональными компетенциями, способного оригинально и комплексно решать производственные задачи, стоящие перед ним на производстве [2]. В связи с этим, традиционный подход, ориентирующий подготовку инженеров в

системе репродуктивного накопления знаний, направленный на работу на каком-либо конкретном оборудовании не приемлем. Т.к. в этом случае у обучающихся не возникает мотивация к научно-техническому творчеству и приводит к отсутствию данной компетенции в стенах университета.

Прежде чем посвятить студентов инженерных специальностей к техническому творчеству и инженерному изобретательству необходимо помочь им преодолеть барьеры, стоящие перед ними. Основным ключевым фактором при подготовке будущих инженеров является развитие у них способности к инженерному изобретательству и научно-техническому творчеству [3], т.к. основой инженерной подготовки является техническое творчество, которое является двигателем научно-технического творчества. Это позволит обеспечить переход к принципиально новым технологиям, обеспечивающим экологическую безопасность горных работ, ресурсосберегающим производственным процессам. С другой стороны, научно-технический прогресс изменяет применяемую технику, технологию и организацию труда требуя от инженерного корпуса творческой работы тесно связанную с передовыми научными достижениями.

Чтобы ответить этим вызовам научно-технического прогресса к подготовке горных инженеров необходимо ознакомить студентов с основными принципами методов и приемов решения технических задач [4]. Таким образом, для реализации компетентного подхода необходимо в учебный процесс внедрить новые активные, интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой в виде самостоятельных, практических работ, СРС. Кроме того, новые требования компетентного подхода требуют создания новых программ дисциплин и образовательных технологий.

Основная часть.

С целью формирования и развития творческой активности студентов в учебный план направления «Горное дело» введена дисциплина Основы технического творчества как дисциплина по выбору [5]. Дисциплина предусматривает формирование у студентов профессиональных знаний по методам и приемам решения технических задач в области горного дела, а также знание патентного законодательства. Преподавание дисциплины преследует следующие цели:

- изучение и преодоление барьеров при решения технических задач;
- изучение методов решения технических задач;
- изучение приемов решения технических задач;
- применение физических и химических эффектов при решении технических задач;
- изучение патентного законодательства, составление заявки на предполагаемое изобретение.

Поскольку студент ранее никогда не встречался с решением технических задач, сложных производственных проблем, сразу не берется за постановку и решение технической задачи. В связи с этим, в программу дисциплины введен модуль – изучение барьеров на пути решения технических задач. Основными барьерами являются: исторические обусловленные барьеры, гносеологические

барьеры и ряд психологических барьеров. Зная сущность этих барьеров студент стремится их преодолеть и берется за решение поставленной технической задачи. Это первое и главное условия успеха дисциплины. В этом случае у студента появляется возможность самостоятельно работать над решением поставленной задачи.

Следующим модулем являются методы решения технических задач. В программу введены следующие методы решения технических задач: метод мозговой атаки и его разновидности (синектика, прямая, обратная мозговая атака и др.), метод фокальных объектов, метод морфологического ящика, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). В результате применения методов решения технических задач и анализа результатов работы студент выбирает стратегическую идею решения поставленной задачи.

Отдельным модулем является применение приемов решения технических задач. Приемы решения технических задач являются инструментов при решении поставленной задачи. В результате анализа приемов решения технических задач и анализа их результатов студент может получить отдельные варианты решения технических задач, что также может быть окончательной идеей решения поставленной задачи.

Поскольку систематизированы физические и химические эффекты, целесообразно проанализировать их и использовать при решении поставленной задачи. В результате применения физических и химических эффектов и анализа результатов их применения также могут быть получены решения поставленной задачи.



Блок-схема модулей дисциплины

После того как в результате применения вышеуказанных методов и приемов решения технических задач, применения физических и химических эффектов

студент получает предварительное решение поставленной задачи с оригинальной идеей.

Последним этапом является составление заявки на изобретение. В большинстве случаев заявка является учебной и преследует цели научить студента составлению заявки на изобретение.

При постановке задачи студент получает индивидуальное задание из области горного дела, проводит предварительный патентный поиск, анализ научно-технической литературы, ставит цели и задачи. Для того чтобы он дальше занимался решением технической задачи необходимо преодолеть барьеры на пути решения технических задач. Основное внимание при этом обращается на ряд психологических барьеров, таких как барьер в неверие в собственные силы, стереотипность мышления, инерция мышления, барьер авторитетов, барьер выбора и переноса знаний и др. В итоге данного модуля студент психологически настраивается на оригинальное решение поставленной задачи, что очень важно для дальнейшей работы по ее решению методами решения технических задач.

В результате использования каждого метода студент получает множество зафиксированных идей и в результате их анализа отбирает наиболее приемлемый вариант решения. Наиболее простыми и реализуемыми являются методы мозговой атаки, морфологического ящика, фокальных объектов, по которым проводятся практические занятия.

Использование приемов решения технических задач демонстрируется в конкретных примерах, где студент может найти конкретный пример решения своей задачи. По результатам данного этапа работы студент также может выработать вариант решения поставленной задачи.

Применение физических, химических эффектов, бионики также могут способствовать получению оригинальных решений поставленных задач, для чего студент должен проанализировать имеющиеся эффекты, примеры использования бионики в техническом прогрессе. В результате также может получить приемлемый вариант решения задачи.

Таким образом в результате применения методов, приемов и эффектов возможно получение множества вариантов решения задачи. Необходим их анализ и отбор наиболее реальной задачи, по которому по требованиям и правилам составления заявки ФИПС студент готовит описание заявки с указанием отличительных признаков.

Программа дисциплины реализована по направлению Горное дело по специальности «Открытые горные работы». В результате реализации программы студенты овладевают методами коллективного решения производственных проблем, подготавливаются вырабатывать и принимать оригинальные решения, повышается их творческая активность, патентная грамотность, что и нужно для современных специалистов.

Выводы.

1. Развитие научно-технического прогресса на современном этапе потребовало ввести в учебный процесс дисциплину по выбору «Основы

технического творчества», включающую изучение барьеров на пути решения технических задач, методы и приемы решения технических задач, применение физических и химических эффектов, которые повышают мотивацию студентов к инновационной деятельности и формируют их творческую компетентность.

2. Следует отметить, что реализация вышеизложенной программы с учетом индивидуальных творческих заданий способствует формированию у студентов творческих компетенций по решению конкретных горнотехнических задач и обеспечивает положительный эффект как в части повышения квалификации, так и в части защиты интеллектуальной собственности, позволит быть конкурентоспособным специалистом.

Список литературы

1. Замятина О.М. Формирование компетенций в области инженерного изобретательства / О.М. Замятина, Д.С. Денчук, К.В. Богрова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 15. – С. 21-25. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/95146.htm>.

2. Zamyatina O.M. Information technologies in engineering education project activity and competence assessment / O.M. Zamyatina, P.I. Mozgaleva, K.V. Gulyaeva, E.T. Sakharova // В сборнике: International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts (SGEM 2014): Psychology and psychiatry, sociology and healthcare, education. – Vol. 3. – С. 411-418.

3. Брыкова Л.В. Применение методов технического творчества в профессиональной подготовке инженеров / Л.В. Брыкова, А.Г. Головенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014, №4.-208 – 212 с.

4. Никулова Е.А. Формирование творческой самореализации студентов как основополагающей компетенции будущих специалистов / Е.А. Никулова // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11, Естеств. науки. – 2016. – № 2 (16). – 57-64 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2016.2.7>.

5. Заровняев Б.Н. Основы технического творчества: учеб. пособие для студ / Б.Н. Заровняев. – Якутск. Изд-во ЯГУ, 1993. – 111 с.

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ГЕНЕТИКА»

М.А. Радионова, Е.В. Трубникова, А.С. Белоус
ФГБОУ ВО Курский государственный университет,
г. Курск

Аннотация. В статье рассматриваются основные этапы работы над исследовательским проектом и предложены темы проектных работ по направлению «Генетика». Данное исследование направлено на изучение азов генетики в школе, без которой не возможны новые открытия в генетических технологиях.

В связи эпидемиологической обстановкой в мире глава государства РФ дал поручение о создании базы генетических данных россиян с системой хранения и

обработки [1]. В своем интервью руководитель лаборатории Института общей генетики им Н.И. Вавилова РАН, доктор биологических наук, профессор Сергей Киселев сказал, что прежде чем развивать генетические технологии, для начала стоит подготовить программы для воспитания современных генетиков, начиная со школы, затем создание производства собственного лабораторного оборудования в этой области и расходных материалов. Все это доказывает актуальность использования проектной деятельности у школьников по направлению «Генетика» без изучения азов в школе, которой не возможны новые открытия в генетических технологиях. Результаты, которых, по словам президента, открывают колоссальные возможности в самых разных областях, от медицины и сельского хозяйства до промышленности и энергетики. Новые образовательные результаты (прежде всего учебная и социальная самостоятельность; компетентность в решении проблем, в принятии решений; ответственность и инициативность и др.) могут быть достигнуты только через проектную деятельность школьников.

Цель исследования – проанализировать этапы работы над исследовательским проектом и предложить темы проектных работ по направлению «Генетика».

Любой исследовательский проект начинается с подготовительного этапа, где выбирается тема и ее конкретизация (жанр проекта); подтверждается актуальность исследования; определяется цель; формулируются задачи; составляются проектные группы и распределяются в них обязанности; выдаются письменные рекомендации участникам проектных групп (требования, сроки, график, консультации и т.д.); утверждаются тематика проекта и индивидуальные планы участников группы; устанавливается процедура и критерии оценки проекта и формы его представления.

Второй этап – поисково-исследовательский, где определяются источники информации (помимо школьных учебников по биологии, можно использовать учебники по биологии высшей школы таких авторов, как В.Н. Ярыгин, Н.В. Чебышев и т.д.); распланировать способы сбора и анализа информации; подготовиться к проведению исследования (собрать и систематизировать материалы (факты, результаты) в соответствии с целями и жанром работы, подобрать иллюстрации; проведение организационно-консультационных занятий, где можно проверять промежуточные отчеты обучающихся, обсуждать альтернативы, возникших в ходе выполнения проекта.

Третий этап – трансляционно-оформительский, на котором проходит защита проекта в классе, а также обсуждается, необходима доработка проекта или нет, с учетом замечаний и предложений; подготовка к публичной защите проекта, для этого определяется программа и сценарий публичной защиты, распределяется задания внутри группы (медиаподдержка, подготовка аудитории, видео- и фотосъемка и проч.); готовится стендовая информация о проекте.

На заключительном этапе проводится публичная защита проекта, подведение итогов, конструктивный анализ выполненной работы и, по желанию, проводится итоговая конференция [2].

Рассмотрим примеры тем проектных работ по направлению «Генетика»:

1. Изучение наследственного материала (ДНК, хромосом, модели)
2. Изучение законов Менделя на различных биологических объектах (горох, цветок – ночная красавица). Например: гибридологический метод изучения наследственности на примере цветка – ночная красавица.

3. Изучение генетики человека (изучения основных методов генетики при составлении родословной своей семьи, взяв за анализ один или два признака).

4. Изучение медицинской генетики (изучение генетической базы на сайтах, изучение оборудования и системы закупок, планирование лаборатории под конкретные задачи, изучение статей для сбора информации по частоте встречаемости определенной заболеваемости (например, сердечнососудистые болезни или опухоли определенных органов).

5. Изучение изменчивости (влияния внешних факторов на развитие герани или другого растения; проявление загара кожи в зависимости от количества принятия солнечных ванн).

Рассмотрим пример, как различия между особями одно вида могут зависеть от изменения материальных основ наследственности организма. Изменчивость определяется и внешними условиями. Проведем опыт, в котором, рассмотрим изменчивость одуванчика, выращенного из одного корня. Для этого корень одуванчика разрежем пополам. Одну половину высадим в горшок, и будем осуществлять постоянный полив растения. Вторую половину корня половину посадим в горшок и поставим в темное место, таким образом, уменьшим количество солнечного света и будем осуществлять редкий полив растения. Фенотипические характеристики, которые будем брать во внимание: размер листьев, высота растения и цветоноса. Вывод, который должен будет сделать обучающийся: фенотип развивается в результате взаимодействия генотипа и условий внешней среды.

Таким образом, проектная и исследовательская деятельность учащихся, как никакая другая учебная деятельность, поможет учителям сформировать у обучающегося качества, необходимые ему для дальнейшей учебы, для профессиональной и социальной адаптации, причем, независимо от выбора будущей профессии.

Список литературы

1. *Перечень поручений по итогам совещания по вопросам развития генетических технологий (утв. Президентом РФ 04.06.2020)* <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/62824.html/> (дата обращения: 1.02.2021).

2. *Русскина Н.В. Основные этапы работы над исследовательским проектом и его составляющие блоки.* <https://nsportal.ru/shkola/materialy-metodicheskikh-obedinenii/library/2019/02/20/osnovnyye-etapy-raboty-nad> (дата обращения: 1.02.2021).

К ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ОСВОЕНИЯ ПРАВИЛ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ СТУДЕНТАМИ ГЕОЛОГАМИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПОЛЕВЫМ УЧЕБНЫМ ПРАКТИКАМ

А.А. Поморцева¹, О.А. Поморцев², И.Д. Порошина², С.С. Рожин²

¹ Санкт-Петербургский горный университет,
г. Санкт-Петербург

² Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск

***Аннотация.** Рассматривается проблема оптимизации освоения правил техники безопасности в рамках курса БЖД студентами геологами при подготовке к полевым маршрутным исследованиям. Показано, что успеху реализации этой важной задачи может способствовать привлечение студентов к самостоятельной научно-исследовательской работе (НИР). Такой методический прием имеет самое непосредственное отношение к современным инновационным образовательным технологиям. Студентам предложена разработка модели (проекта), описывающей природные опасности и риски на участках заложения учебных маршрутов. В качестве модельного участка рассматривается Томпонский геолого-съёмочный полигон Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Участок расположен в верховьях р. Восточная Хандыга (правый приток р. Алдан) на южном склоне хр. Сунтар-Хаята (Южное Верхоянье). Он отличается относительно высоким уровнем опасности. Показано, что самостоятельная работа над моделью способствует пробуждению у студентов исследовательского интереса и, как следствие, более глубокого погружения в суть решаемой проблемы. Последнее и является залогом успеха в повышении уровня подготовки студентов в области БЖД.*

Введение

Подготовка специалистов в области прикладной геологии является сложной и многогранной задачей, особенно для условий Республики Саха (Якутия), обладающей обширной, но все еще малоосвоенной и труднодоступной территорией. Специфика геологических съёмок и инженерно-геологических изысканий осложняется здесь не только большими расстояниями и бездорожьём, но и условиями дикой тайги, заболоченной местностью, горным рельефом с крутыми склонами водоразделов, стремительными водными потоками многочисленных рек и ручьёв, зимней стужей, весенними половодьями, летними паводками... Многие районы Якутии являются местом обитания опасных хищных животных, в частности, бурого медведя и рыси. Все это диктует необходимость усиления подготовки студентов в области БЖД при производстве геологических изысканий в дикой природе, в том числе и во время прохождения полевых учебных практик.

1. Постановка задачи и цель исследования

Подготовка специалистов геологов для работы в сложных и опасных природных условиях Якутии предусматривает углубленное освоение правил техники безопасности, что необходимо при производстве полевых изысканий. Первый этап этой важной и ответственной задачи решается в рамках университетского курса БЖД в преддверии первых полевых учебных практик. Исходя из важности рассматриваемой проблемы, мы обратились к современным инновационным образовательным технологиям, а именно – обучению через

НИР. Такой прием способен породить положительную мотивацию на усвоение учебного материала. Кроме того, культ науки в высоком смысле этого слова является опорной точкой в жизни, интеллектуальным и нравственным ориентиром, определяющим ценностные основы личности [3, 4]

Цель работы состоит в решении проблемы оптимизации освоения правил техники безопасности студентами геологами при подготовке к полевым маршрутным исследованиям в рамках читаемого курса БЖД путем внедрения в учебный процесс современного метода инновационных технологий – обучение через НИР.

Студентам предложена самостоятельная разработка модели (проекта) описывающей природные опасности и риски, существующие на участках заложения учебных маршрутов. В качестве модельного участка принят Томпонский геолого-съёмочный полигон Северо-восточного федерального университета им. М.К Аммосова. Участок расположен в верховьях р. Восточная Хандыга (правый приток р. Алдан) на южном склоне хр. Сунтар-Хаята (Южное Верхоянье) и относится к категории повышенной опасности. В геологическом отношении участок хорошо изучен, о чем свидетельствуют опубликованные работы, включая обобщающие сводки [1, 2, 5] и др.

Реализация модели предполагает сбор и анализ опубликованной и фондовой информации, характеризующей особенности природных условий района исследований, включая географическое и административное положение; орографическое, гидрографическое и геологическое строение и рельеф; климат; поверхностные и подземные воды; многолетнюю мерзлоту и мерзлотные ландшафты; экзогенные геологические процессы и явления. На основе анализа этой информации, подкреплённой картографическими материалами и космическими снимками, осуществляется оценка опасностей и рисков на участках заложения учебных маршрутов, что позволяет разработать региональную инструкцию по ТБ при производстве геолого-съёмочных работ.

Проектное моделирование также предполагает самостоятельную разработку студентами листа материально-технического обеспечения полевых работ, включая приборы и снаряжение; продукты питания; лекарства и средства защиты (в том числе от насекомых); средства связи и подачи условных сигналов; а также расчеты нагрузки и калорийности питания на каждого участника экспедиционного отряда и разработку свода правил действий при возникновении нештатных ситуаций (опираясь на существующие инструкции БЖД с учетом их адаптации к природным условиям полигона).

2. Регламент производства работ

Для реализации задач по разработке проекта группа (курс) должна быть разделена на подгруппы (отряды) по 4-5 студентов. Члены отряда самостоятельно выбирают начальника и главного геолога отряда, которые несут персональную ответственность за организацию, своевременное выполнение и качество работ. Каждый отряд, в лице начальника отряда, получает от преподавателя (начальника партии) отвод участка (в виде площади, выделенной на картосхеме - полигоне) и задание на производство геолого-съёмочных работ.

Начальником отряда формулируются и распределяются задачи на производство работ между членами отряда. При этом необходимо учесть, что по условиям проекта маршрутные исследования должны осуществляться в автономном режиме не менее 7-8 суток (один маршрут). Протяженность дневных пеших переходов – до 5-7 км, в зависимости от рельефа местности, наличия либо отсутствия водных преград, а также трудоемкости учебных задач. Выходы в маршрут должны осуществляться в условиях хорошей видимости и отсутствия атмосферных осадков. Маршруты должны охватывать тальвеги речных долин, подошвы склонов, склоны и гребневую зону водоразделов. Готовность полевого отряда к выходу на маршрут определяется реализацией всего комплекса НИР, предусмотренных в рамках проекта, включая инструкцию по ТБ, адаптированную к условиям района полевых работ.

3. Содержание проекта

Проект должен включать следующие разделы:

Введение (актуальность, цель и задачи исследования, пути и методы реализации);

Раздел 1. Характеристика особенностей природных условий и природных опасностей района исследований;

Раздел 2. Изыскательские маршруты и их регламент: продолжительность маршрутов, азимуты и траектории их заложения (с отображением на картографической основе);

Раздел 3. Перечень приборов и инструментов необходимых и достаточных для производства геологической и инженерно-геологической съемки, а также обеспечения жизни-деятельности сотрудников отряда в автономных полевых условиях (снаряжение, материалы, продовольствие, медикаменты);

Раздел 4. Расчеты нагрузки на каждого участника маршрута и калорийности питания;

Раздел 5. Инструкция по БЖД для производства геолого-съёмочных работ адаптированная применительно к природным условиям района исследований;

Заключение: (главные выводы от реализации проекта)

Объем проекта – 20-25 стр. текста в компьютерном наборе.

На основе материалов проекта исполнителями в составе полевых отрядов готовятся научные доклады, которые обсуждаются и защищаются студентами в группе при участии преподавателей кафедры «Прикладная геология» геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. По итогам защиты распределяются призовые места.

Заключение

Лейтмотивом проекта выступает обсуждение действий студентов при возникновении нестандартных, в том числе и опасных ситуаций на маршруте. При этом уровень их подготовки определяется умением приложить полученные знания в области БЖД к решению практических задач – минимизации или купирования рисков развития опасных ситуаций. Это и является конечной целью или итогом проекта.

Список литературы

1. Коростелев В.И. Геология и тектоника Южного Верхоянья / В.И. Коростелев. – Новосибирск: Наука, 1982. – 216 с.
2. Жижин В.И. Учебная геолого-съёмочная практика на Томпонском полигоне им. В.И. Коростелева: учебное пособие. Ч.2 / В.И. Жижин. – Якутск: Изд. Дом СВФУ, 2012. – 92 с.
3. Михайлов Ю.О. Роль университета в научно-инновационном развитии оборонно-промышленного комплекса / Ю.О. Михайлов // Высшее образование в России. – 2012. – №1. – С. 59 – 65.
4. Ореховский А.В. Научная деятельность на социально-гуманитарном факультете / А.В. Ореховский // Высшее образование в России. – 2011. – №8-9. – С. 46 – 51.
5. Поморцев О.А. Изменение климата и инженерно-геологические проблемы на трассе Якутск-Магадан (Южное Верхоянье) / О.А. Поморцев, А.Ю. Гуков, В.А. Поморцев, М.В. Петрова // Разведка и охрана недр. – 2013. – №12. – С. 70 – 75.

АНАТОМИЧЕСКИЙ ГЛОССАРИЙ КАК ФОРМА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ АНАТОМИЯ

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

Аннотация. В статье рассматривается одна из форм организации самостоятельной работы студентов по дисциплине Анатомия – составление анатомического глоссария. Составление глоссария по анатомии помогает студентам производить сбор и систематизацию понятий и терминов, а также объёмно раскрывать смысл данных терминов.

Анатомия человека в системе высшего медицинского образования является базовым предметом для последующих медико-биологических и клинических дисциплин [1].

Дисциплина анатомия включает в себя такие разделы как: общая анатомия, вариантная анатомия, анатомия детского возраста, клиническая анатомия, топографическая анатомия и т.д.

Студенты медицинского института СурГУ изучают анатомию на I и II курсах обучения. Дисциплина преподается на кафедре морфологии и физиологии. Учебный процесс на кафедре организован в соответствии с требованиями образовательных стандартов.

Значительную роль в учебном процессе занимает внеаудиторная самостоятельная работа студентов, так как она является формой, методом и средством развития познавательной деятельности будущего врача.

В курсе анатомии самостоятельная работа студентов представлена написанием рефератов, составлением ментальных карт и глоссария.

При выборе темы реферата важно учитывать её актуальность, возможность нахождения необходимых источников для изучения данной темы.

Подготовка реферата предполагает хорошее знание студентом материала по избранной теме. Как правило, составление реферата носит поисковый характер.

По дисциплине Анатомия предусмотрены следующие темы рефератов: «Развитие пищеварительной системы»; «Функциональная анатомия желудочно-кишечного тракта. Развитие и пороки развития»; «Морфологические основы динамической локализации функций в коре полушарий»; «Общая анатомия и физиология лимфатической системы. Структурно-функциональная единица лимфатического сосуда – лимфангион. Факторы, обеспечивающие ток лимфы»; «Зоны Захарьина- Геда и их связь с внутренними органами и сегментами спинного мозга»; «Железы внутренней секреции».

Использование рефератов по дисциплине Анатомия является важным средством организации самостоятельной работы студентов, так как учит систематизации и обобщению прочитанного материала.

В целом, такая форма самостоятельной работы, как составление и написание рефератов способствует более глубокому усвоению изучаемого материала соответственно выбранной теме.

Интеллект-карта (ментальная карта, диаграмма связей, карта мыслей, ассоциативная карта, mind map) – это графический способ представить идеи, концепции, информацию в виде карты, состоящей из ключевых и вторичных тем, т.е. это инструмент для структурирования идей [2].

При составлении интеллект-карты студенту предоставляется возможность развить творческий потенциал, проявить креативный подход в решении предлагаемой ситуации, а также активизировать мышление через визуализацию.

Анатомический глоссарий представляет собой толковый словарь понятий и терминов, используемых по дисциплине Анатомия. Для составления глоссария по заданной теме студентам нужно найти информацию из разных источников (анатомические атласы, учебно-методические пособия, специализированная учебная литература и т.д.), изучить ее и составить в рукописном варианте. В структуру глоссария входят титульный лист, толковый словарь терминов и список используемой литературы.

Функциональное предназначение глоссария заключается в сборе и систематизации понятий или терминов, объединенных общей специфической тематикой, по одному либо нескольким источникам. Как правило, в ходе работы над составлением глоссария студенты сначала изучают учебный материал, затем определяют основные анатомические термины и составляют список терминов по общей теме. Термины располагаются в строго алфавитной последовательности, далее даётся точная формулировка терминов в именительном падеже и затем следует содержательная часть.

Например, на первом занятии по анатомии студентам необходимо оформить в глоссарий и выучить термины для обозначения положения тела человека в пространстве, расположения его частей относительно друг друга: дистальный – удаленный от туловища участок конечности, латеральный

(боковой) – если орган расположен дальше от срединной плоскости, медиальный – если орган лежит ближе к срединной плоскости, проксимальный – часть конечности, которая находится ближе к туловищу и т.д.

Таким образом, одной из форм организации самостоятельной работы студентов по дисциплине Анатомия является использование глоссария. Составление глоссария по анатомии позволяет студентам медицинских специальностей производить сбор и систематизацию понятий и терминов, а также развивать творческую активность.

Список литературы

1. Досаев Т.М. Роль анатомии человека в формировании клинического мышления / Т.М. Досаев, Д.Е. Жаныбеков, Л.А. Исакова // Вестник КазНМУ. – №3 (2) – 2014. – С. 42-44.

2. Куварина Е. Интеллект карты - гениальный метод для запоминания информации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://denbriz.ru/Nchnoe-razvitie/mindmap/>

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА С НЕПРЕРЫВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРЕВРАЩЕНИЯ МЕТАНОЛА В НИЗШИЕ ОЛЕФИНЫ В ПРОГРАММЕ ASPEN HYSYS

А.Э. Петрова, Д.А. Сладковский

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

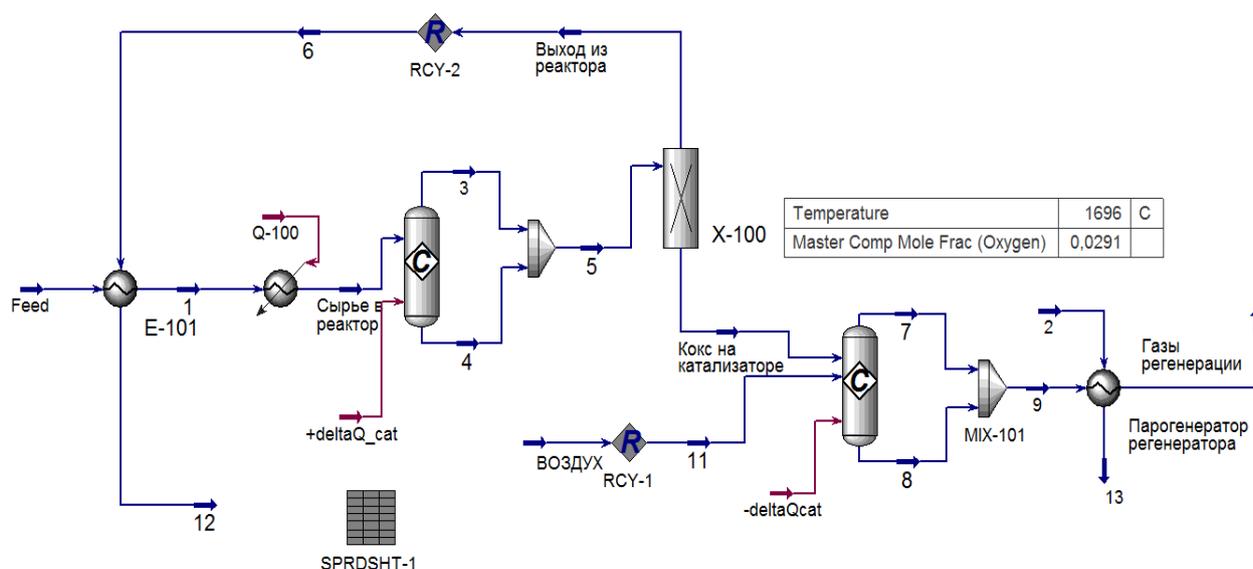
Аннотация. Объектом исследования данной работы являлись синтезированные образцы SAPO-34 для процесса дезактивации в ходе превращения метанола в олефины. Целью являлось проведение экспериментальных исследований дезактивации катализаторов SAPO-34 и построение модели процесса МТО в пакете ASPEN HYSYS. В настоящей работе описана методика моделирования процесса МТО, включающая построение модели в пакете Aspen HYSYS. Также приведены общие энергетические нагрузки смоделированной установки.

Этилен и пропилен являются важными продуктами нефтехимической промышленности для производства пластмасс, синтетических волокон, растворителей и т.д. Получение олефинов из природного газа через метанол позволяет уменьшить зависимость производства легких олефинов от нефтяного сырья и добиться селективности до 90 % и степени конверсии 100 %. Процесс превращения проходит с высоким выходом этилена и пропилена на силикоалюмофосфатном катализаторе.

Целью данной работы являлась разработка модели реактора с непрерывной регенерацией катализатора для процесса превращения метанола в низшие

олефины в программе ASPEN HYSYS на основании результатов лабораторных испытаний, которые проводились в проточном реакторе с неподвижным слоем катализатора при атмосферном давлении, подачи метанола в смеси с водой 10 мл/час с содержанием метанола 30 %масс., температуре 400 °С, с загрузкой катализатора 0.5 г.

На основании экспериментальных данных был произведён расчет (при атмосферном давлении, подачи метанола в смеси с водой 37,5 т/час с содержанием метанола 30 %масс., температуре 500 °С) реакторного блока установки превращения метанола в олефины (МТО) производительностью 300 тыс. тонн в год по метанолу.



Вид модели установки превращения метанола в олефины в программе Aspen HYSYS

В исследовании определены энергозатраты процесса. Выход олефинов C_2 и C_3 был получен 93,3 % на сырье. Расчетная нагрузка нагревателя составила 37,9 ГДж/ч (1,01 ГДж/тонну метанола) при выработке в генераторе дополнительно 6,5 т/ч водяного пара (0,17 тонн пара / тонну сырья) за счет сжигания кокса с поверхности дезактивированного катализатора.

Список литературы

1. Wilson S. *Microporous Mesoporous Mater* / S. Wilson, P. Barger. – 1999, 29, 117–126.
2. Chen D. *Microporous Mesoporous Mater* / D. Chen, K. Moljord, A. Holmen. – 2012, 164, 239–250.
3. Cao, G.; Matu J. S. *U.S. Patent 6,680,278*, Jan. 20, 2004.
4. Гурко Н.С. *Компьютерное моделирование ХТС в среде Aspen Hysys 8.6: учеб. пособие* / Н.С. Гурко, У.Ю. Осипенко, К.В. Семикин, Е.В. Сладковская, Д.А. Сладковский, Д.А. Смирнова, В.И. Федоров. – СПб.: СПбГИ (ТУ), 2019. – 76 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОСМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДИСТИЛЛЯТНОГО И СУДОВОГО МАЛОВЯЗКОГО ТОПЛИВА

Е.С. Губин, Г.С. Юр

Сибирский государственный университет водного транспорта,
г. Новосибирск

***Аннотация.** Представлены результаты численного исследования характеристик распыливания при сравнении с дизельным топливом и судовым маловязким топливом, а также их суммарная характеристика распыливания. Были выполнены расчеты характеристик распыливания дизельного и судового маловязкого топлива дизельными форсунками, с применением современных методик расчета процесса распыливания топлива.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, микросмесеобразование, дизельное топливо, судовое маловязкое топливо, расход топлива, выбросы загрязняющих веществ.*

Показателем энергетической эффективности эксплуатации судовых дизельных энергетических установок являются, прежде всего, стоимость используемого топлива и удельный эффективный расход. Так расходы на топливо на судне составляют более 60 % эксплуатационных затрат.

В связи с этим, настоящее время в мире наблюдается процесс изменения топливного баланса на флоте в направлении сокращения доли дизельных дистиллятных топлив посредством замены их на более дешёвые судовые маловязкие топлива (СМТ, ТСМ, флотский соляр). Эти топлива специально предназначены для использования в судовых высоко- и среднеоборотных дизелях, а также в судовых газотурбинных установках.

Они отличаются от дизельных топлив повышенной вязкостью, содержат высокое количество парафинов, асфальтенов и смол, что в процессе эксплуатации требует дополнительных финансовых вложений для подготовки их к использованию и для дополнительного технического обслуживания механизмов. Наличие примесей затрудняет хранение, транспортировку и применение таких топлив.

Повышенная плотность, вязкость, наличие высокомолекулярных асфальтосмолистых соединений, увеличивает продолжительность и неполноту сгорания. В итоге повышается удельный расход топлива, дымность и концентрация газообразных загрязняющих веществ в отработавших газах.

Для преодоления этих негативных последствий необходимо разработать и использовать различные способы, направленные на разрушение высокомолекулярных асфальто-смолистых веществ, содержащихся в топливе.

Качество микросмесеобразования оценивается двумя показателями – тонкостью и однородностью распыливания. Тонкость распыливания характеризуется размерами большей части капель, а однородность – относительным количеством капель определенного диаметра по отношению к их общему количеству.

Были определены характеристики распыливания топлива в невозмущённой воздушной среде без теплообмена с возмущённым воздушным зарядом.

Дисперсность распыливания зависит от скорости истечения струи топлива из форсунки, диаметра распыливающего отверстия, коэффициента поверхностного натяжения топлива и плотности воздушного заряда.

Для расчета дисперсности капель распыленного топлива воспользуемся формулами, предложенными Розиным и Раммлером, которые нашли наиболее широкое применение на практике [1, 2].

Исходное уравнение для определения относительного объема различных по размеру капель, имеет следующий вид:

$$S = 1 - e^{-\left(\frac{z}{a_m}\right)^n} \quad (1)$$

Где: S – отношение объема капель от минимального до данного диаметра z , к суммарному объему всех капель;

a_m – постоянная размера в уравнении Розина-Раммлера;

z – текущий диаметр капли;

n – показатель неоднородности распыливания.

Численные исследования характеристик распыливания будем проводить на компьютере по методике, разработанной профессором С.А. Калашниковым.

На рис. 1 изображена дифференциальная характеристика распыливания.

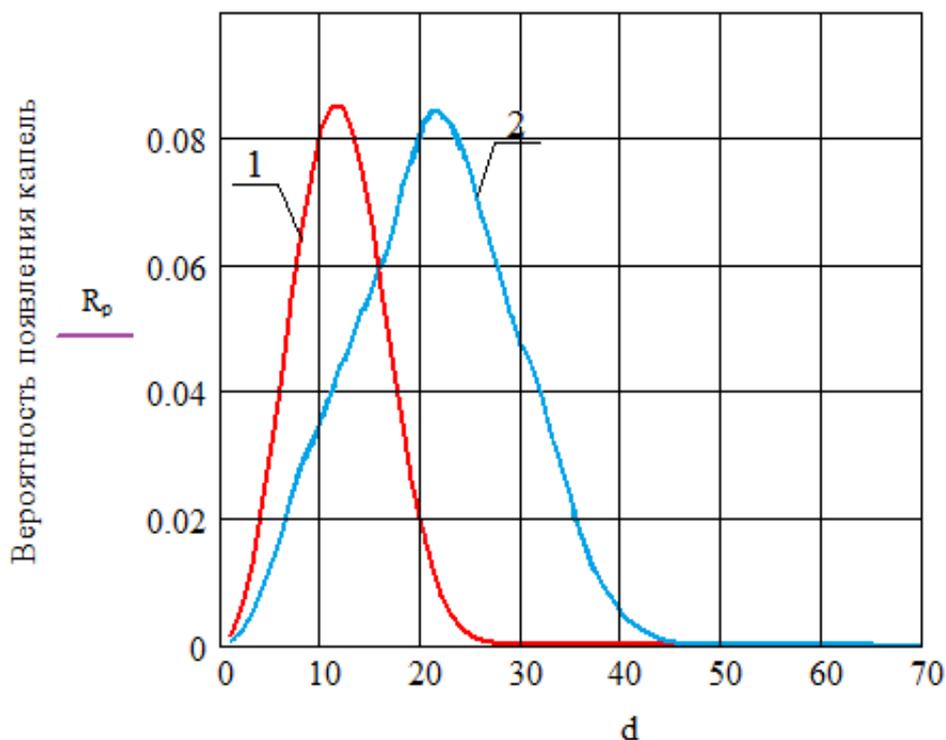


Рис. 1. Дифференциальная характеристика впрыскивания

На рисунке использованы следующие обозначения:

1 – дизельное топливо,

2 – судовое маловязкое топливо,

R_p – отношение объема капель, имеющих диаметры от минимального до данного к суммарному объему капель,

d_k – диаметр капель, мкм.

Из рисунка видно, что чем ближе вершина характеристики распыливания расположена к оси ординат и чем уже диапазон диаметров капель, в котором расположена характеристика, тем более мелкое и однородное распыливание она отображает.

На рис. 2 показана суммарная характеристики распыливания

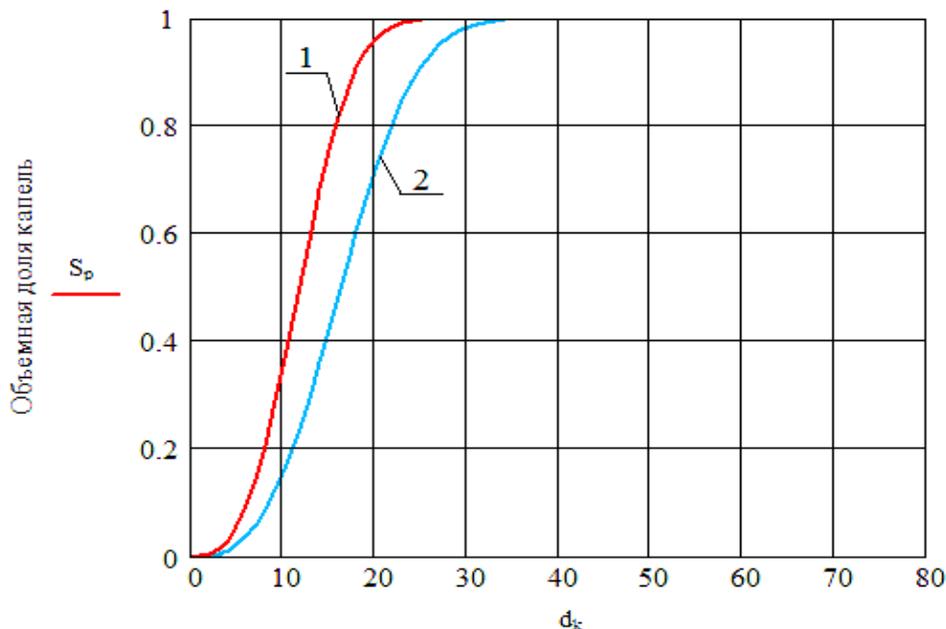


Рис. 2. Суммарная характеристика распыливания

Здесь: S_p — отношение объёма капель, имеющих диаметры от минимального до данного к суммарному объёму всех капель;
 d_k — диаметр капель, мкм.

Расчеты проводились при следующих условиях:

1 Дизельное топливо:

- плотность топлива $\rho_2 = 0,845 \text{ кг/м}^3$;
- кинематическая вязкость топлива $\gamma = 0,00000361 \text{ м}^2/\text{с}$;
- давление воздуха $p_2 = 3,5 \text{ МПа}$.

2 Судовое маловязкое топливо:

- плотность топлива $\rho_2 = 0,860 \text{ кг/м}^3$;
- кинематическая вязкость топлива $\gamma = 0,00000675 \text{ м}^2/\text{с}$;
- давление воздуха $p_2 = 3,5 \text{ МПа}$.

Из приведенных графиков видно, что в сравнении с дизельным топливом, распыливание судового маловязкого топлива получается более грубым.

Область вероятности образования максимального количества размеров капель сместилась с 12 мкм на дизельном топливе до 22 мкм на судовом маловязком топливе.

Это приведёт к тому, что:

- будет увеличено расстояние, пройденное вершиной топливной струи за определённый период времени и часть капель будет оседать на стенках камеры сгорания;

- увеличится время горения крупных капель топлива. Процесс горения сместится на линию расширения.

В результате неполного и несвоевременного сгорания топлива увеличатся удельный расход топлива и выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Сложность, взаимосвязанность и недостаточная изученность физических, химических и других явлений, формирующих рабочий процесс, пока ещё не позволяют аналитически достоверно и однозначно рассчитать экономические и экологические характеристики дизеля при переводе его на различные сорта топлива.

Поэтому окончательные выводы о целесообразности использования предварительно обработанного судового маловязкого топлива можно сделать только после проведения испытаний реального дизеля.

Для улучшения энергетических и экологических характеристик высокооборотных дизелей, при переводе их с дизельного на судовое маловязкое топливо, предлагается проводить предварительную обработку в специальных устройствах с использованием процесса кавитации и высоковольтного электрического заряда.

Список литературы

1. Лышевский А.С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками / А.С. Лышевский. – М.: Машигиз, 1963. – 180 с.

2. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях / А.С. Лышевский. – Л.: Судостроение, 1971. – 245 с.

3. ГОСТ Р 51387–99. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности и энергопотребляемой продукции их нормативным значениям. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/>

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИМПУТАЦИЯ КАТЕГОРИАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Е.Е. Фомина, Е.А. Белянцева

Тверской государственной технической университет,

г. Тверь

Аннотация. В статье рассмотрены результаты применения искусственных нейронных сетей для импутации значений категориальных переменных. В вычислительном эксперименте участвовали выборки с номинальными и порядковыми переменными с различным числом градаций, а также выборки с дихотомическими переменными. Анализ результатов позволил сделать вывод, что использование искусственных нейронных сетей правомерно для импутации категориальных переменных.

Оценка общественного мнения по тем или иным вопросам базируется на данных социологических опросов. После этапа сбора данных исследователь приступает к анализу полученной информации. Реализация этого этапа невозможна без применения статистических методов. Однако, в случае неполноты данных, может возникнуть проблема невозможности применения того или иного метода. В настоящее время разработано достаточно большое количество алгоритмов импутации [1-3], которые применимы, в основном, к массивам интервальных данных. Однако одной из особенностей базы анкетных данных является тот факт, что обрабатываемые переменные представлены в категориальной шкале [4-6].

В статье представлены результаты вычислительных экспериментов по импутации значений категориальных переменных с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС). Для решения этой задачи был выбран многослойный персептрон.

В таблицах 1-3 представлены результаты импутации для трех выборок: S_1 – импутируемая переменная дихотомическая; S_2 – импутируемая переменная номинальная; S_3 – импутируемая переменная порядковая.

Таблица 1
Процент неверно импутированных значений

Выборка	Процент пропущенных значений			
	5 %	20 %	60 %	90 %
S_1	48,10 %	48,10 %	47,92 %	47,91 %
S_2	58,70 %	58,31 %	60,92 %	60,92 %
S_3	82,41 %	81,71 %	81,70 %	81,31 %

Таблица 2
Абсолютная погрешность

Выборка	Процент пропущенных значений			
	5 %	20 %	60 %	90 %
S_1	0,48	0,48	0,48	0,48
S_2	0,70	0,71	0,76	0,75
S_3	2,13	2,17	2,20	2,16

Таблица 3
Коэффициент вариации выборки с импутированными значениями

Выборка	Коэффициент вариации исходной выборки	Процент пропущенных значений			
		5 %	20 %	60 %	90 %
S_1	35 %	34,60 % (-0,4%)	34,90 % (-0,1 %)	36,90 % (+1,9 %)	32,00 % (-3 %)
S_2	38 %	37,60 % (-0,4 %)	37,80 % (-0,2 %)	37,70 % (-0,3 %)	39,70 % (+1,7 %)
S_3	53 %	53,10 % (+0,1 %)	54,40 % (+1,4 %)	56,30 % (+3,3 %)	77,60 % (+24,6 %)

По полученным результатам можно сделать вывод, что применение искусственных нейронных сетей не искажает структуры выборки (за исключением тех случаев, когда процент пропущенных значений велик). Абсолютная погрешность невысока, следовательно, применение ИНС правомерно для импутации значений категориальных признаков.

Список литературы

1. Фабрикан М.С. Практики сбора и анализа формализованных данных / М.С. Фабрикан // *Социология: методология, методы, математическое моделирование*. – 2015. – № 41. – С. 7-29.
2. Мартышенко С.Н. Методы восстановления пропусков в данных, представленных в различных измерительных шкалах / С.Н. Мартышенко // *Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса*. – 2013. – №4 (22). – С. 242-255.
3. Абраменкова И.В. Методы восстановления пропусков в массивах данных / И.В. Абраменкова, В.В. Круглов // *Программные продукты и системы*. – 2005. – №2. – С. 4.
4. Воробьев А.А. Исследование возможностей математических методов по восстановлению пропусков в номинативных социологических данных / А.А. Воробьев, А.А. Воронецкий, А.И. Азрапкин, Е.Д. Белоножко // *Системы управления и информационные технологии*. – 2020. – № 2 (80). С. – 93-97.
5. Кутлалиев А.Х. Метод множественного восстановления данных / А.Х. Кутлалиев // *Социологические методы в современной исследовательской практике: сб.ст., посвященных памяти А. О. Крыштановского*. – М.: НИУ ВШЭ – 2011. – С. 201-207.
6. Татарова Г.Г. Предметно-ориентированный подход к «борьбе» с пропущенными данными в типологическом анализе / Г.Г. Татарова, Г.П. Бессокирная // *Социологические исследования*. – 2017. – № 12 (404). – С. 42-54.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Д.А. Шурыгин

Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассмотрены методы определения настроек автоматического регулятора, реализующего пропорциональный и интегральный законы регулирования, обеспечивающих требуемую точность работы системы. Методы проиллюстрированы конкретным примером технического объекта регулирования температуры.

Одной из основных задач управления техническим объектом является автоматическое регулирование того или иного технологического параметра (температуры, уровня, давления, скорости, влажности и т.д.), обеспечивающее

получение заданных свойств продукции. Важным показателем качества процесса регулирования является точность, характеризуемая отличием фактического значения параметра от заданного в установившемся режиме [1].

Как определить добротность системы (общий коэффициент усиления в ее разомкнутом состоянии), обеспечивающую необходимую точность ее работы при постоянном задании и задании, меняющемся с постоянной скоростью?

Рассмотрим структуру САР, показанную на *рис. 1*, где ОР – объект регулирования, Рег – регулятор, y – регулируемая величина, $y_{зад}$ – ее заданное значение.

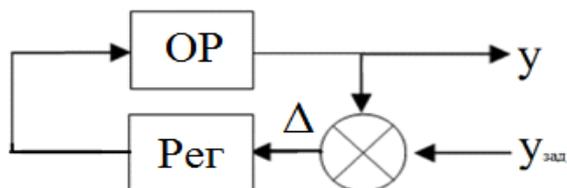


Рис. 1. Структура замкнутой САР с объектом регулирования (ОР) и регулятором (Рег)

$W(p)$ – передаточная функция разомкнутой системы, Δ – ошибка, характеризующая точность работы системы, Φ_{Δ} – передаточная функция замкнутой системы по ошибке.

Рассмотрим два варианта системы.

Вариант 1.

$W(p) = \frac{K}{Q(p)}$ – статическая система, где K – оператор воздействий, характеризующий добротность системы, $Q(p)$ – собственный оператор, полином со свободным членом, равным 1.

Передаточная функция замкнутой системы по ошибке:

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{1}{1+W(p)}$$

Рассмотрим вариант постоянного задающего воздействия $y_{зад}(t) = A$. В изображениях по Карсону-Хэвисайду $y_{зад}(p) = \frac{A}{p}$.

Используем теорему преобразования Лапласа о предельном переходе:

$$\lim_{p \rightarrow 0} \Delta(p) = \lim_{t \rightarrow \infty} \Delta(t)$$

Установившаяся ошибка определяется выражением $\Delta_{уст} = \Phi_{\Delta}(0) \cdot A$

$$\Delta_{уст} = \frac{A}{1+K} \approx \frac{A}{K}, \text{ откуда } K = \frac{A}{\Delta_{уст}}.$$

Это и есть добротность системы, обеспечивающая допустимую установившуюся ошибку $\Delta_{уст}$ при постоянном задающем воздействии A .

Вариант 2.

$W(p) = \frac{K}{p \cdot Q(p)}$ – астатическая система, где K – оператор воздействий, характеризующий добротность системы, $Q(p)$ – полином со свободным членом.

Передачная функция замкнутой системы по ошибке:

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{1}{1+W(p)}$$

Установившаяся ошибка определяется выражением $\Delta_{уст} = \Phi_{\Delta}(0) \cdot A$. В данном случае $\Phi_{\Delta}(0)=0$, значит и $\Delta_{уст} = 0$, что характеризует астатическую систему.

Рассмотрим в случае астатической системы вариант задающего воздействия, меняющегося с постоянной скоростью V $y_{зад}=Vt$. В изображениях по Карсону-Хэвисайду $y_{зад}(p)=V/p$.

Тогда $\Delta_{уст} = \Phi_{\Delta}(0) \cdot V$ $\Delta_{уст} = \frac{V}{K}$, откуда $K = \frac{V}{\Delta_{уст}}$.

Это и есть добротность системы, обеспечивающая допустимую установившуюся ошибку $\Delta_{уст}$ при задающем воздействии, меняющемся с постоянной скоростью V .

В качестве примера рассмотрим систему автоматического регулирования температуры термоэлектропластификатора (ТЭП) ТС-1 [2], используемого в крутильно-вытяжных машинах химических волокон на стадии термовытягивания сформованной синтетической нити. Одной из таких машин, используемых на производстве капроновой нити, является КВ-Ш-250-К. Поперечный разрез ТЭП приведен на *рис.2*.

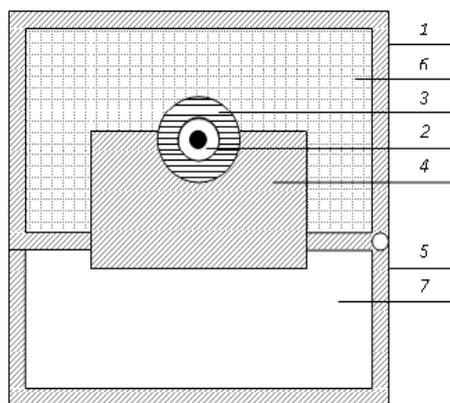


Рис. 2. Поперечный разрез ТЭП

Он состоит из стального корпуса 1, электронагревателя 2 в керамической трубке 3, зеркала 4, крышки 5 и теплоизоляции 6. Нагрев движущейся нити осуществляется посредством ее контакта с рабочей поверхностью зеркала, находящейся в воздушном канале 7.

Экспериментально определены динамические параметры объекта, позволившие описать его передаточной функцией $W_o(p) = \frac{2.8}{1400p+1}$. По технологическим требованиям температура зеркала должна поддерживаться в рабочем диапазоне 180 – 200 °С с точностью 2 %.

Если использовать регулятор, реализующий П-закон: $W_{рег} = K_p$, то система оказывается статической, тогда при $y_{зад} = 180^{\circ}\text{C}$ и $\Delta_{уст} = 3.6^{\circ}\text{C}$ необходимо

обеспечить добротность системы $K = 50$, а значит установить в регуляторе $K_p = 18 \text{ Вм}^0\text{С}$.

Если использовать регулятор, реализующий И-закон: $W_{рег} = K_p/p$, то система оказывается астатической, тогда статическая ошибка отсутствует, но если возникнет необходимость изменять в некотором интервале задание со скоростью 0.1^0С/с , то при $\Delta_{уст} = 3.6^0\text{С}$ необходимо обеспечить добротность системы $K = 0.028$, а значит установить $K_p = 0.01 \text{ Вм}^0\text{С}$.

Список литературы

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2007. – 749 с.

2. Коротеева Л.И. Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокон / Л.И. Коротеева, О.Н. Озерский, А.П. Яскин. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 400с.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ ГЕТЕРОЯДЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВОВ

Н.Б. Березин¹, Ж.В. Межевич¹, К.Г. Дьяконов²

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

² Национальный исследовательский университет ИТМО,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Развитие научных основ электрохимии гетероядерных соединений актуально при получении сплавов. Функциональные покрытия сплавами обладают эффективными эксплуатационными характеристиками, решают экологические проблемы, а также уменьшают материальные и энергетические затраты. Объектами исследования являются системы цинк (II) – хром (III) – глицин – вода и цинк (II) – хром (III) – никель (II) – глицин – вода.

Целью работы является получение данных по комплексообразованию и электрохимическому поведению рассматриваемых систем, анализу гальваностегических характеристик покрытий.

Исходные данные для установления состава образующихся комплексов в электролитах получены рН - метрическим титрованием и методом ядерной магнитной релаксации протонов. Информация по кинетике электрохимических реакций получена методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых. Рабочим электродом служил торец цилиндрического прутка из металла (цинк-ЦО; и сталь 3), запрессованного во фторопластовую обойму. Сравнительные коррозионные испытания образцов покрытий проводили в коррозионной камере и эксикаторе в атмосфере морского тумана.

Установлено, что в системе цинк (II) – хром (III) – глицин – вода при $\text{pH} > 2,3$ доминируют гетероядерные формы $[\text{CrZn}(\text{HGly})_4\text{Gly}_4]^+$ и $[\text{CrZn}(\text{HGly})_2\text{Gly}_6]^-$. В системе цинк(II) -хром(III)-никель(II)- глицин-вода образуются гетероядерные комплексы $\text{CrNiZn}(\text{HGl})_2\text{Gl}_6^+$, $\text{CrNiZn}(\text{HGl})_4\text{Gl}_4^{3+}$.

Определены константы устойчивости, доли накопления гетероядерных соединений в зависимости от рН раствора.

Показано, что образование гетероядерных соединений сближает потенциалы восстановления ионов металлов и позволяет получать коррозионностойкие гальванические покрытия.

Получение данных по электрохимическому поведению гетероядерных комплексных соединений является актуальной задачей в процессах получения сплавов.

Интерес исследователей к получению сплавов связан с возможностью реализации эффективных функциональных свойств материалов [1]. В ряде случаев получение сплава решает экологические проблемы, например, связанные с заменой токсичного кадмия на сплавы цинка. Не менее важной, а может быть и определяющей, является экономия материальных и энергетических ресурсов. Получение сплава с эффективными свойствами позволяет уменьшить толщину функционального покрытия и продлить срок их службы.

Согласно существующим представлениям необходимым условием для совместного восстановления ионов является равенство их потенциалов восстановления, которое в общем виде можно записать следующим образом:

$$E_{0,1} + \frac{RT}{z_1 F} \ln \frac{a_{m_1}^{z_1^+}}{a_{m_1}} - \eta_1 = E_{0,2} + \frac{RT}{z_2 F} \ln \frac{a_{m_2}^{z_2^+}}{a_{m_2}} - \eta_2.$$

Восстановление ионов более электроположительного металла на предельном диффузионном токе, а более электроотрицательного – в условиях кинетических ограничений не всегда приводит к положительному результату при получении сплава из-за порошкообразного осадка. Более эффективным способом при получении сплава является регулирование процессами комплексообразования в объеме раствора и на поверхности электрода.

Обоснованием необходимости исследования роли гетероядерных комплексов, а также возможности получения положительных эффектов при соосаждении разных металлов могут служить следующие представления:

1. В гетероядерном комплексе доноры соосаждаемых металлов находятся в одном химическом соединении и имеют общие молекулярные орбитали. Адсорбция рассматриваемых комплексов на катоде, или образование их непосредственно на поверхности электрода может изменить характеристики потенциального барьера на пути переноса заряда и сближить потенциалы восстановления ионов;

2. Между ионами разных металлов в гетероядерном комплексе существует непосредственная связь или она осуществляется через мостиковую частицу. Если в качестве лигандов использовать поверхностно-активные вещества, способные адсорбироваться на катоде и одновременно выполнять функцию мостика при переносе заряда, то не исключено, что это будет способствовать совместному восстановлению доноров получаемого сплава. Применение лигандов, способных выполнять мостиковую функцию при переносе заряда, может способствовать адсорбции и восстановлению гетероядерных комплексов анионного типа на отрицательно заряженной поверхности катода;

3. Согласно литературным данным, при электроосаждении металлов из

растворов их комплексов следует использовать лиганды, имеющие объемную и разветвленную структуру. Увеличение эффективного радиуса комплексных ионов уменьшает энергию активации их разряда. Эффективные радиусы гетероядерных комплексов несомненно больше соответствующих моноядерных соединений, а, следовательно, можно предположить, что это будет стимулировать их катодное восстановление;

4. На основе квантово-механических расчетов установлено, что в случае, когда два металла соединены между собой мостиковой частицей (медиатором), то в такой системе происходит однонаправленный поток электронов от одного металла к другому.

5. Реакционная способность гетероядерных комплексов согласуется с теорией молекулярных орбиталей. По данным, приведенным в [2], при заполнении электронами молекулярных орбиталей в гетероядерной молекуле в связывающую орбиталь больший вклад вносит орбиталь более электроотрицательного атома, а в разрыхляющую – орбиталь менее отрицательного атома. Исходя из этого, электроны электроотрицательного иона в гетероядерном комплексе должны располагаться на связывающих орбиталях более низких энергий. Данное представление, на наш взгляд согласуется и с распределением Ферми-Дирека [3].

В работе исследовано комплексообразование в системах: цинк(II) – хром(III) – глицин – вода и цинк(II) – хром(III) – никель(II) – глицин – вода. При помощи рН-метрии и методом ядерной магнитной релаксации протонов с дальнейшей математической обработкой экспериментальных результатов установлены составы, доли накопления и устойчивость гетероядерных соединений. Показано, что в системе цинк (II) – хром (III) – глицин – вода при $\text{pH} > 2,3$ доминируют гетероядерные формы $[\text{CrZn}(\text{HGly})_4\text{Gly}_4]^+$ и $[\text{CrZn}(\text{HGly})_2\text{Gly}_6]$. В системе цинк(II) – хром(III) – никель(II) – глицин – вода образуются комплексы $\text{CrNiZn}(\text{HGly})_4\text{Gly}_4^{3+}$, $\text{CrNiZn}(\text{HGly})_2\text{Gly}_6^+$.

Методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых показана возможность сближения потенциалов восстановления ионов металлов, находящихся в гетероядерном комплексе.

Получены сплавы, обладающие повышенной коррозионной стойкостью по сравнению с цинковыми покрытиями.

Список литературы

1. Berezin N.B., Mezhevich Zh. V., *Electrochemical Doping of Zinc Coatings with Chromium and Nickel Coatings with Phosphorus // Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2018. – Vol.54. – No. 3. – P. 247–254.

2. Ахметов Н.С. *Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов*. – М.: Высшая школа, 2001. – 743 с.

3. Дамаскин Б.Б. *Введение в электрохимическую кинетику: учеб. пособие для хим. спец. ун-тов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий*. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 400 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ НАПРАВЛЕНИЙ ОБЗОРА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

А.А. Непряев
НИИ «Центрпрограммсистем»,
г. Тверь

Аннотация. В работе представлены результаты моделирования, процесса динамического определения приоритетов заданий на обзор многофункциональной многоканальной радиолокационной станции с активной фазированной антенной решеткой. Разработанные алгоритмы основаны на методах нечеткой логики и обеспечивают ранжирование заданий на обзор и адаптивное распределение ресурсов.

Ключевые слова: Приоритизация обзора; радиолокационная цель; нечеткая логика; радиолокационная станция; многофункциональный радар; распределение ресурсов.

Многофункциональная многоканальная радиолокационная станция (МРЛС) с активной фазированной антенной решёткой (АФАР) оснащенная электронно-управляемым сканирующим лучом и цифровой обработкой информации, способна в реальном масштабе времени обеспечивать: непрерывный обзор пространства, обнаружение, распознавание, наведение и сопровождение целей с высоким темпом обновления информации. Однако помимо вышеуказанных преимуществ имеет ряд проблем, связанных с оптимальным распределением конечных ресурсов, таких как временные, энергетические и вычислительные.

Данная работа является продолжением цикла статей [1, 2], посвященных созданию когнитивной системы управления МРЛС с АФАР. Основная функция такой системы, оптимизировать процесс управления распределением и перераспределением ограниченных временных, энергетических и вычислительных ресурсов между различными задачами. Далее в отношении временных ресурсов, будет описан метод эффективного их использования за счет динамического формирования приоритетов заданий на обзор пространства с помощью методов нечеткой логики.

Модель приоритизатора. Для модельно-ориентированного проектирования и моделирования работы модуля «Приоритизатор заданий на обзор» использовалась среда графического программирования Simulink на основе MATLAB. На рисунке 1, представлена структурная схема состоящая из следующих компонентов: «In1» выдает вектор значений отметки от цели состоящий из: азимута, угла места, дистанции и скорости цели; «Data preparation» выполняет подготовку данных; «FL Controller» принимая значения азимута, угла места, дистанции и скорости цели – выдает значение текущего приоритета; «Calc priority» выдает значение приоритета, включающие анализ предыдущих значений приоритета для каждого направления обзора; Элементы «Display» отображает сигналы сгенерированные в процессе моделирования.

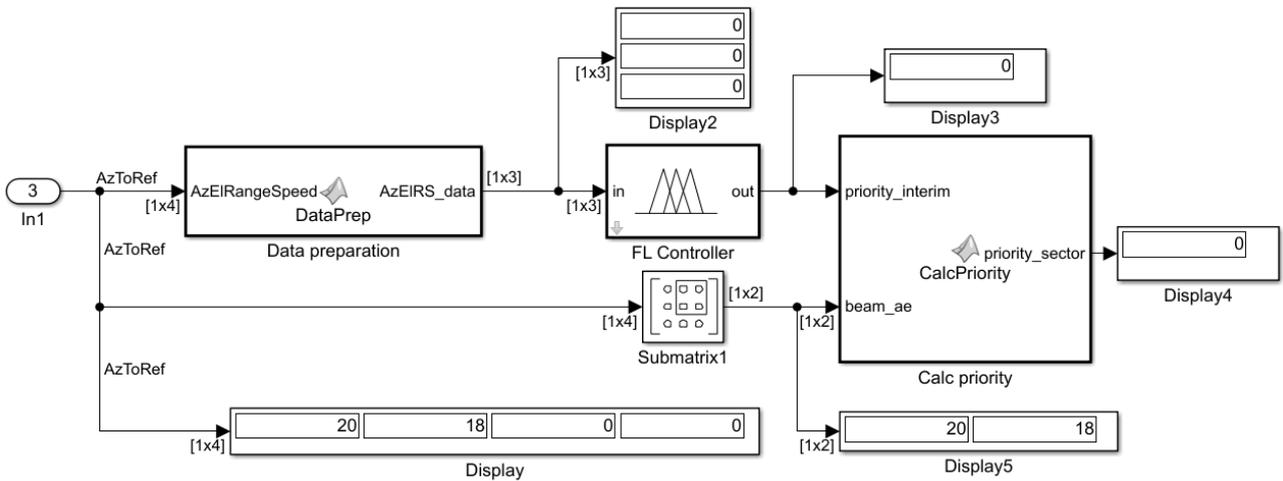


Рис. 1. Модель динамического формирования приоритетов направлений обзора

Нечеткая логика. Модель динамического формирования направлений обзора основана на каскадной продукционной нечеткой системе и нечетком алгоритме логического вывода Мамдани, изображена на рисунке 2.

Входными переменными являются «Зоны по углу места», «Дальность» и «Скорость». Для каждой переменной определены базовые тер-множества, их область определения (универсумы), функции принадлежности на основе Z-образных и S-образные функции принадлежности для входных значений, сигмоидальных для выходного, построены правила нечетких продукций для системы нечеткого вывода о величине приоритета.



Рис. 2. Контроллер нечеткой логики

Графики функций принадлежности для входной и выходных переменных представлены на рисунке 3 и отображают следующую информацию: **а)** Входные функции принадлежности, значений положения цели по углу места. Область определения $[0;80]$; **б)** Входные функции принадлежности, значений расстояния до цели. Область определения $[0;50000]$; **в)** Входная функция принадлежности, значений скорости цели. Область определения $[0;600]$; **г)** Выходная функция принадлежности, значений приоритета цели. Область определения $[0;1]$;

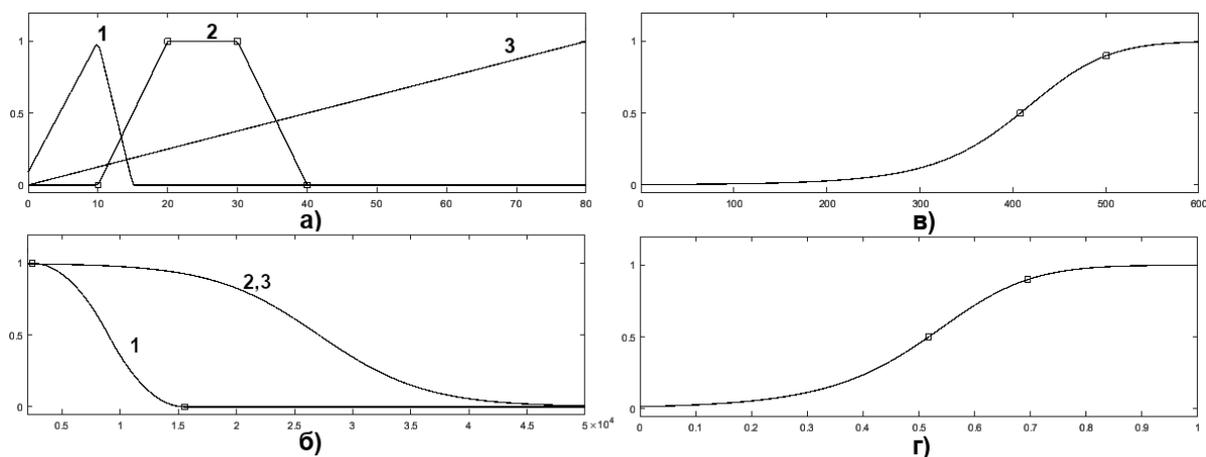


Рис. 3. Функции принадлежности

Выходная переменная ставятся в соответствие входным, согласно базе правил нечетких продукций. Для системы нечеткого вывода качества сопровождения, база правил состоит из 3 правил и представлена на рисунке 4.

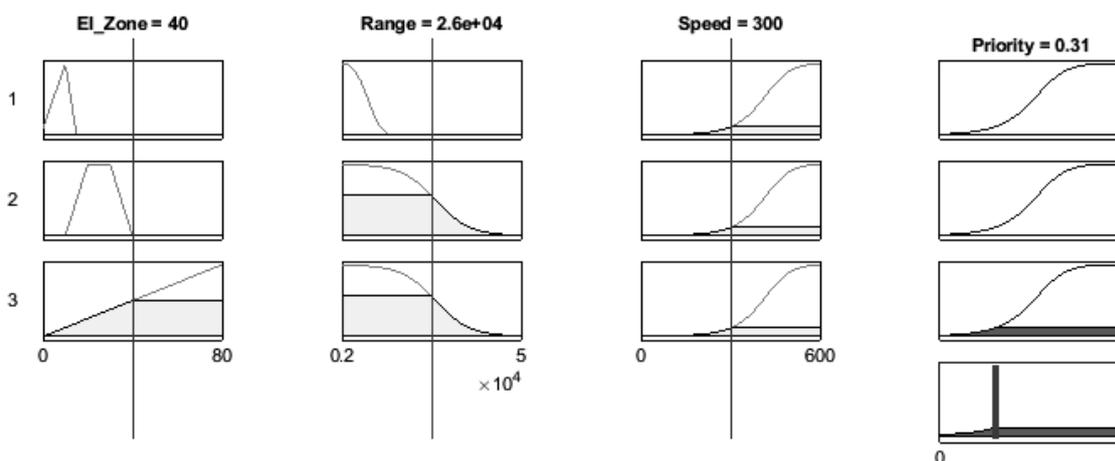


Рис. 4. База правил нечетких продукций

Надо отметить, что в отличии от работ [3, 4] для определения приоритета направлений обзора используются данные, получаемые от модуля обработки первичной радиолокационной информации, что позволяет сократить время вычислений.

Сектора обзора. Для определения приоритета направления обзора помимо характеристик обнаруженной в нем отметки от цели, учитывается к какому из секторов принадлежит полученная отметка. На рисунке 5, показан принцип разбиения зоны обзора на три сектора, в зависимости от дальности в км. и углу места в градусах. Азимутальное направление для вычисления приоритета не учитывается. В контроллере нечеткой логики определение приоритета с учетом сектора обзора достигается за счет добавления двух функций принадлежности для «Зоны по углу места», «Дальность» и соответствующими правилами нечетких продукций. На рисунке 3, у графиков а) и б) цифрами 1, 2, 3 отмечены функций принадлежности обеспечивающие расчет приоритета для соответствующего сектора с рисунка 5.

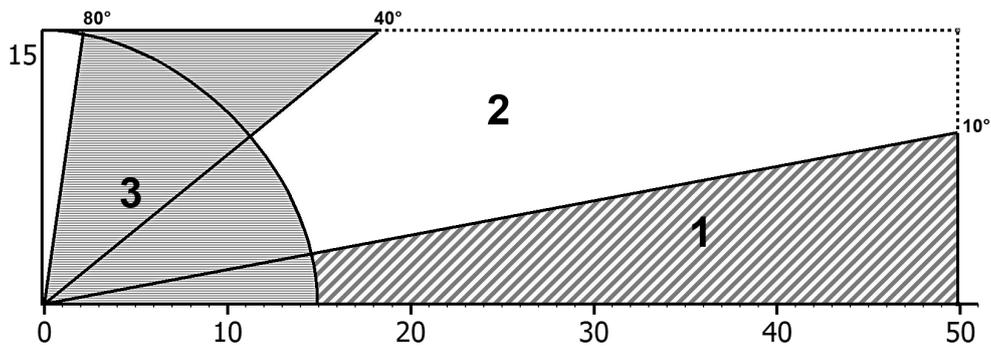


Рис. 5. Разбиение зоны обзора на сектора

Результаты моделирования. На рисунке 6, представлен индикатор кругового обзора (ИКО), на котором изображены: пунктирная линия, соответствующая траектории движения цели, относительно которой вычислялся приоритет направлений обзора; выделенные отметки на пунктирной линии соответствуют обнаруженным отметкам от цели; прямая линия – диаграмма направленности антенны в полярных координатах, в середине которой расположена МРЛС.

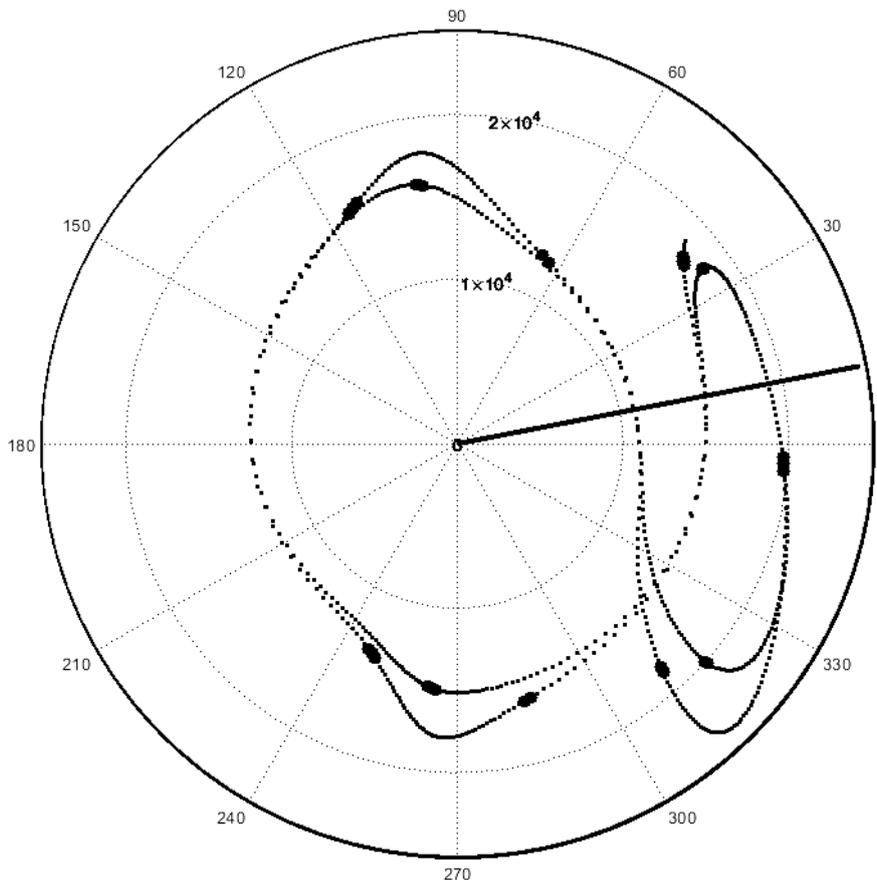


Рис. 5. Индикатор кругового обзора

На рисунке 6, представлена визуализация расчета приоритетов направлений обзора, для траектории цели с рисунка 5. График представляет собой сетку, где каждая ячейка это направление обзора с координатами угла места и азимута. Цвет ячейки отражает приоритет направлений обзора, где белый это 0, а черный

1. Ширина луча диаграммы направленности 6° с 50% перекрытием при треугольном заполнении.

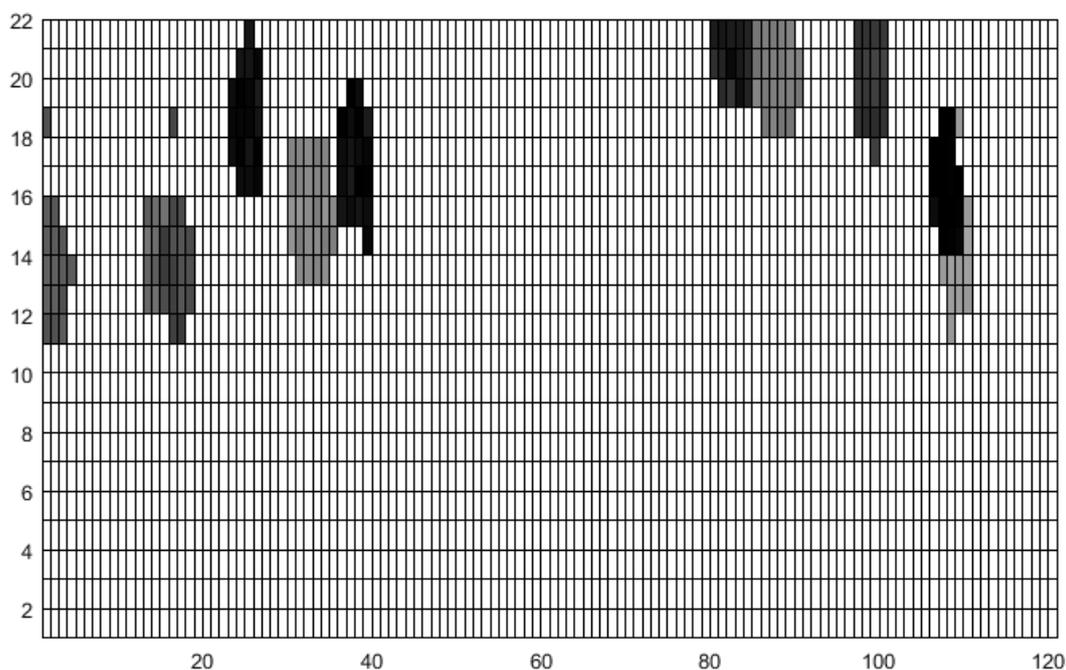


Рис. 6. Визуализация расчета приоритетов направлений обзора

Таким образом в ситуации перегрузки, перераспределение радарного времени между задачами согласно их приоритету, позволяет осуществлять постоянный обзор пространства наиболее опасных секторов и направлениях.

Список литературы

1. Непряев А.А. Концепция когнитивного радара / А.А. Непряев, А.Н. Шпигарь // Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXXVI междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во «МЦНО», 2020. – № 7(36). – С. 4-11.

2. Непряев А.А. Метод управления многофункциональной радиолокационной станцией с учетом временных, вычислительных и энергетических ресурсов / А.А. Непряев // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд-во СибАК, 2020. – № 9(24). – С. 4-11.

3. S.L.C. Miranda et al. Simulation Methods for Prioritizing Tasks and Sectors of Surveillance in Phased Array Radars. *International Journal of Simulation*, 2004, vol. 5, no. – 2, pp. 18–25.

4. Teng L., Guo Q., Gao Y. Target Priority Estimation Based on Convolutional Neural Networks. *IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Chengdu, China, 2019.* – pp. 1967-1971.

МОДЕЛЬ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МОБИЛЬНОГО ОБЪЕКТА НА ПРЕДПРИЯТИЕ-РАЗРАБОТЧИК

В.В. Берхольц, А.М. Вульфин, А.И. Фрид
Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа

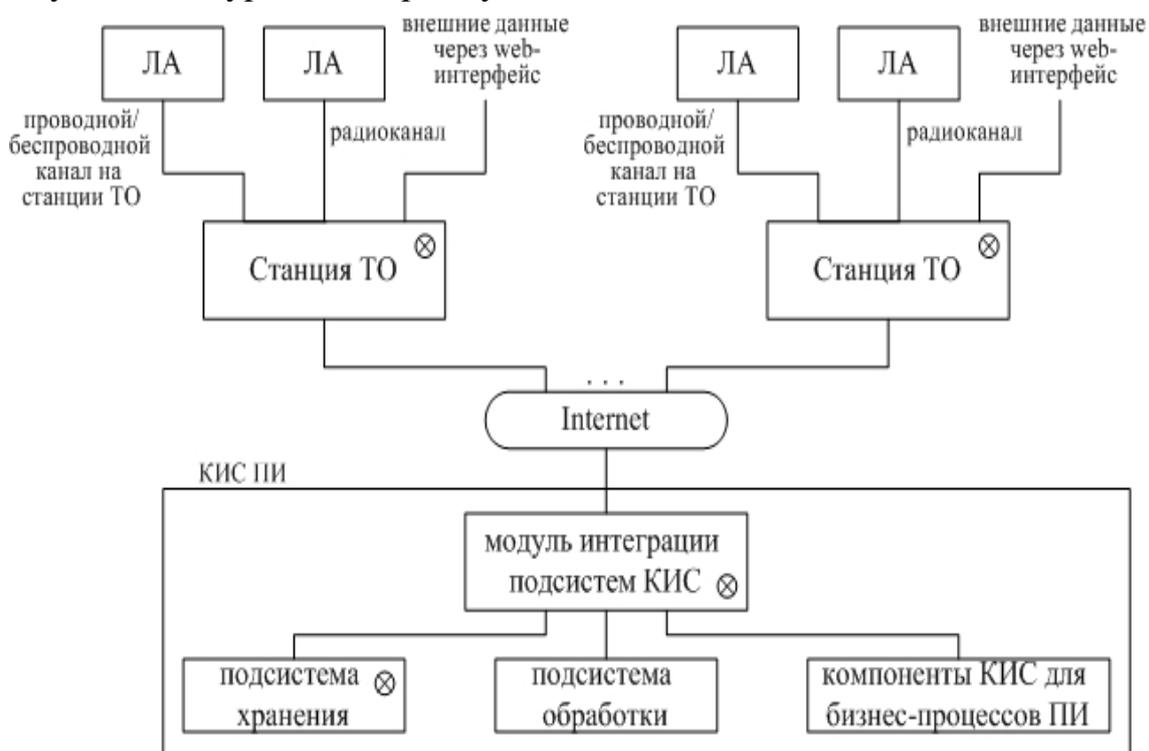
Аннотация. Статья посвящена модели угроз информационной безопасности. В статье рассматривается способ дополнительной классификации злоумышленника при помощи определения типа алгебраической манипуляции, с помощью которой злоумышленник подверг данные несанкционированной модификации.

В статье приведены 4 типа алгебраических манипуляций и предложено разделять потенциал злоумышленника на 3 ранга: высокий, средний и низкий. Подобное разделение будет полезными при расследовании инцидентов, связанных с нарушением информационной безопасности, а именно – с нарушением целостности данных.

Введение

Нынешний этап становления бортовых телеметрических систем (БТМС) характеризуется, большим объемом данных, генерируемых датчиками и иными видами источников информации, необходимостью исключить ошибки, связанные с передачей данных от приборов и всей телеметрической системы в целом и необходимостью автоматизировать обработку большей части информации, в том числе и работу по принятию решений.

Необходимость передачи регистрируемых данных о состоянии мобильного объекта на предприятие-разработчик (ПР) является одним из направлений совершенствования перспективных бортовых систем, и позволяет ПР получить конкурентное преимущество.



Обобщенная структура системы сбора, хранения и обработки ТМИ

Обобщенная структура территориально-распределенной иерархической системы сбора, хранения и обработки ТМИ, поступающей с мобильного объекта (МО), базирующейся на наземных станциях технического обслуживания, представлена на рисунке. В качестве примера МО представлен летательный аппарат (ЛА).

Целью моделирования угроз безопасности информации является выявление совокупности условий и факторов, которые приводят или могут привести к нарушению безопасности обрабатываемой в системах и сетях информации, в том числе привести к нарушению целостности информации.

В соответствии с [1], определен следующий порядок моделирования угроз информации:

1. Определение возможных отрицательных последствий при успешной реализации угрозы;
2. Определение необходимых злоумышленнику условий, при которых возможна успешная реализация угрозы
3. Определение возможных источников для воздействий злоумышленника и проведение оценки этих возможностей
4. определение сценариев атак для реализации угрозы злоумышленником
5. Определение оценки опасности для возможных угроз.

При определении угроз безопасности информации, направленных на нарушение целостности напрямую, а не косвенно, например, УБИ.179 «Угроза несанкционированной модификации защищаемой информации», выявлено, что никак не классифицируются типы модификаций, которые может производить злоумышленник над защищаемой информацией, и соответственно, никак не определяется потенциал злоумышленника в соответствии с типом модификации данных. Типы модификаций, вводимых злоумышленником, можно описывать при помощи модели алгебраических манипуляций [2], а в зависимости от того, использует ли злоумышленник семантику для подделки данных, близких к тем, которые может генерировать МО в процессе эксплуатации или же просто заменяет все хранимые данные на случайные значения, можно говорить о потенциале злоумышленника.

Необходимость определения потенциала злоумышленника возникает при расследовании любых инцидентов нарушения информационной безопасности. По тому, как, например, нарушитель преодолел систему аутентификации, можно говорить о потенциале злоумышленника, что значительно сужает круг его поиска. При инцидентах нарушения целостности данных также необходимо анализировать тип алгебраических манипуляций, проведенных злоумышленником на данные о работе МО, хранимые и обрабатываемые на станциях ТО и ПР. Выявленный тип вмешательства позволит определять потенциал злоумышленника, а значит, и будет полезен при расследовании инцидентов. Таким образом, необходимо включить модель алгебраических манипуляций в разрабатываемую модель угроз информационной безопасности.

Для того, чтобы распознавать алгебраические манипуляции, с помощью которых злоумышленник может вносить модификации в ТМИ, необходимо их

описать. Ниже приведены математические модели алгебраических манипуляций злоумышленником, а также описывается потенциал злоумышленника.

1. Алгебраическая манипуляция. Наложение мультипликативного шума.

1А. Параметр после манипуляций злоумышленника принимает следующее значение:

$$x_i^z = a_i \cdot x_r^i,$$

Где $i, i \in [1, n]$ – это номер итерации во временном окне длиной n , x_r^i – это значение реального параметра в i -ой итерации,

x_i^z – это значение параметра, после манипуляций злоумышленника,

a_i – это коэффициент, представляющий собой случайное число, причем $a_i \in (-\infty; -1,1) \cup (1,1; +\infty)$

Для внесения подобной манипуляции злоумышленник не должен обладать высоким потенциалом, однако, подобную атаку злоумышленник может попытаться скрыть, если подберет такой коэффициент шума, который может быть пропущен системой мониторинга целостности данных. Тогда можно говорить о следующей категоризации потенциала злоумышленника при обнаружении этого типа атаки:

1. Данные явно атакованы, воздействие не пытались скрыть - низкий потенциал злоумышленника

2. Данные атакованы, но воздействие попытались скрыть (данные подверглись слабым модификациям с аккуратно подобранными коэффициентами воздействия): средний или высокий потенциал злоумышленника.

2. Подмена данных, похожих на настоящие.

2А. Параметр после манипуляций злоумышленника принимает следующее значение:

$$x_i^z = a_i \cdot x_r^i \pm b_i,$$

a_i – это коэффициент, представляющий собой случайное число, причем $a_i \in (0.5; 0.9) \cup (1,1; 1.5)$

b_i – это коэффициент, представляющий собой случайное число, причем $|b_i| \geq 0.2 \cdot x_r^i$.

Также наложим запрет на компенсирующие друг друга значения a_i и b_i . Например, следующее событие нельзя воспринимать за атакованный сигнал:

$$a_i = 0,8, x_r^i = 5, b_i = 1,$$

тогда $x_i^z = 5$, что равно исходному x_r^i .

Подобное воздействие на данные требует аккуратно подобранных коэффициентов, знания структуры данных, представления о реальных значениях, которые тот или иной параметр МО мог генерировать в процессе эксплуатации. Такой тип воздействия мог реализовать только злоумышленник с высоким потенциалом.

3. Увеличение или уменьшение сигнала при сохранении характера поведения сигнала (наложение аддитивного шума).

3А. Параметр после манипуляций злоумышленника принимает следующее значение:

$$x_i^z = x_r^i \pm b_i,$$

b_i – это коэффициент, представляющий собой случайное число, причем $|b_i| \geq 0.2 \cdot x_r^i$.

Категорирование потенциала злоумышленника при подобном типе атаки также, как и в типе алгебраических мультипликативных манипуляций, зависит от того, насколько хорошо злоумышленник попытался скрыть воздействие на данные:

1. Данные явно атакованы, воздействие не пытались скрыть – низкий потенциал злоумышленника

2. Данные атакованы, но воздействие попытались скрыть (данные подверглись слабым модификациям с аккуратно подобранными коэффициентами воздействия): средний или высокий потенциал злоумышленника.

4. Подделка управляющих и внешних воздействий.

При подделке управляющих и внешних воздействий модель будет генерировать сигналы МО, не соответствующие действительным значениям параметров. Таким образом, атакованными могут считаться данные, сгенерированные моделью. Также к этому типу манипуляций можно отнести такие воздействия, при которых злоумышленник вводит случайные данные.

4А. Параметр после манипуляций злоумышленника принимает следующее значение:

$$y_i^z = f(x_r^i),$$

где y_i^z – значение параметра, генерируемое моделью по подделанным управляющим воздействиям,

$f(x_r^i)$ – любая функция.

При таком типе воздействий злоумышленник явно не заинтересован в сокрытии атаки, сокрытии поломки или же, наоборот, симуляции отказа. Его целью является подмена данных на ложные. Такой злоумышленник обладает низким потенциалом.

Заключение

При создании модели нарушителя не всегда достаточно провести общую классификацию рассматриваемых нарушителей в зависимости от предоставленных прав доступа с описанием способов реализации угроз. При атаке на нарушение целостности важно провести классификацию типов алгебраических манипуляций, которую произвел злоумышленник.

Таким образом, определение типа атаки с присвоением злоумышленнику соответствующего потенциала позволит учитывать эти факторы при расследовании инцидентов и повысить вероятность принятия обоснованных решений.

Список литературы

1. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах, Методический документ ФСТЭК
2. Ronald Cramer, Yevgeniy Dodis, Serge Fehr, Carles Padr'ò, and Daniel Wichs. Detection of algebraic manipulation with applications to robust secret sharing and fuzzy extractors. In EUROCRYPT, pages 471-488, 2008.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРАТАК НА ОБЪЕКТЫ АСУ ТП С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

В.И. Васильев, А.Д. Кириллова, А.М. Вульфин
Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа

Аннотация. Для анализа возможных сценариев реализации сложной многошаговой кибератаки предлагается использовать методы когнитивного моделирования на основе нечетких когнитивных карт. Предложен вариант оптимизации с помощью генетического алгоритма распределения ресурсов системы защиты информации для оперативного анализа трафика между наиболее значимыми объектами АСУ ТП с целью минимизации итогового суммарного ущерба.

Большинство современных атак на промышленные системы – это многошаговые распределенные атаки со сложным процессом реализации и множеством целей [1, 2]. Традиционные средства безопасности не всегда способны обнаружить новую, еще не описанную атаку. В подобном ландшафте угроз при обеспечении кибербезопасности объектов промышленной инфраструктуры первостепенным является создание интеллектуальных средств защиты, позволяющих обнаружить сложные целевые атаки на их начальных этапах и оценить риски их реализации. С целью выявления подобных атак на промышленные сети автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и последующей оценки рисков целесообразно использовать методы и модели машинного обучения (ML) для автоматизации создания правил, описывающих паттерны штатного сетевого взаимодействия устройств промышленной сети, что существенно облегчает работу специалистов по обеспечению безопасности.

Автоматизация анализа текущих угроз и реагирования на инциденты информационной безопасности с помощью моделей ML требует значительного объема размеченных экспертных данных для обучения, тестирования и валидации. Автоматизированное моделирование векторов атак на компоненты АСУ ТП позволяет извлечь информацию о слабых местах автоматизированной системы, уязвимостях и потенциальных слабостях компонентов системы, определить наиболее успешные сценарии реализации атак и оценить риски их реализации.

Рассмотрим моделирование вектора атак с последующей оценкой рисков на примере АСУ ТП системы водоснабжения, управляющей резервуаром для

хранения воды [3]. Фрагмент базовой архитектуры (рис. 1) включает в себя два датчика уровня воды ($ДУ_1$ и $ДУ_2$), программируемый логический контроллер (ПЛК), водяные насосы ($ВН_1$ и $ВН_2$), клапан ($К$), контролирующий уровень воды в резервуаре, НМІ для мониторинга и управления системой хранения воды в режиме реального времени, сервер History Logs для хранения журналов и событий системы, а также маршрутизатор с интегрированными функциями межсетевого экрана (Firewall). В [3] представлены сценарии кибератак внешнего злоумышленника с целью нарушения целостности исторических данных, хранящихся на сервер History Logs, и нарушения хода технологического процесса (ТП).

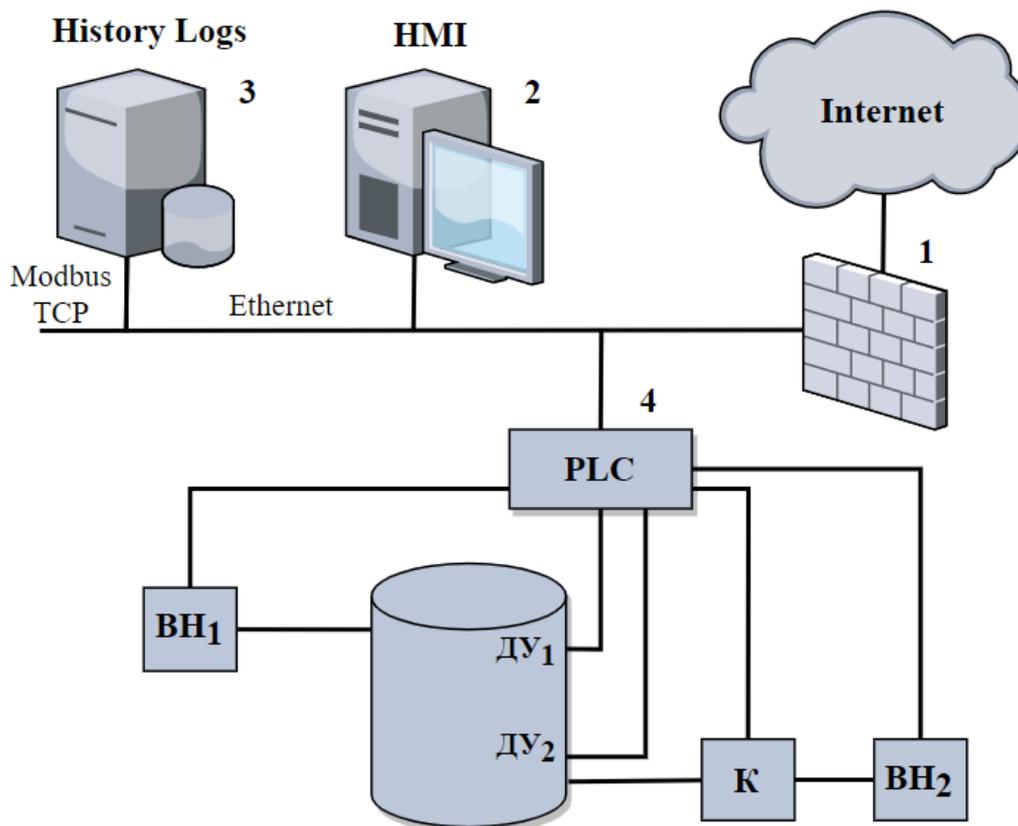


Рис. 1. Фрагмент базовой архитектуры АСУ ТП

Для анализа возможных сценариев реализации сложной многошаговой кибератаки предлагается использовать методы когнитивного моделирования на основе нечетких когнитивных карт (НКК) [4] (рис. 2).

Концепты с 1 по 4 соответствуют номерам компонентов АСУ ТП референсной архитектуры (рис. 1) и на основе шаблонов SARPEC описывают действия злоумышленника в сети [5]. Концепты 5 и 6 характеризуют ущерб в результате нарушения целостности исторических данных и/или нарушения хода ТП соответственно. Концепт 7 соответствует интеллектуальной системе защиты (ИСЗИ) от кибератак на основе анализа сетевого трафика, предложенной в [3]. Концепт 8 – внешний злоумышленник, реализующий кибератаку на компоненты АСУ ТП.

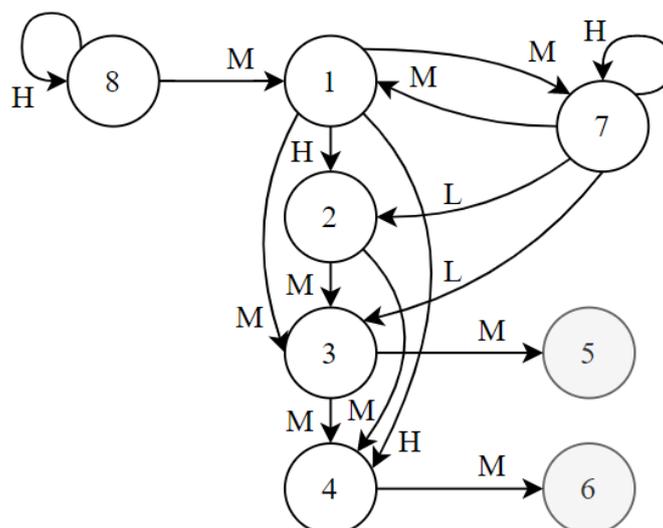


Рис. 2. Нечеткая когнитивная карта атак на элементы АСУ ТП

Значение весов связей для НКК W_{ij} задается с помощью лингвистической шкалы и определяет взаимовлияние описанных концептов. Исходные весовые коэффициенты НКК и коэффициенты, полученные в результате оптимизации, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Весовые коэффициенты НКК до и после оптимизации

Вес, описывающий влияние концепта W_i на W_j	Экспертные оценки весов	Оптимизация весовых коэффициентов
W_{7-7}	0,5	0,938
W_{7-1}	0,5	0,322
W_{7-2}	0,3	0,755
W_{7-3}	0,3	0,183

Целью моделирования является описание сценариев реализации сложной атаки на целевые концепты системы с целью оценки итогового ущерба от действий злоумышленника. Применяемая ИСЗИ обладает ограниченными возможностями по оперативному анализу входящего сетевого трафика и трафика внутри промышленной сети без существенных задержек. Следовательно, необходимо распределение ресурсов ИСЗИ для анализа трафика между наиболее значимыми объектами АСУ ТП, с целью минимизации итогового суммарного ущерба (значения концептов 5 и 6 НКК в установившемся режиме):

$$J = \|X_5\| + \|X_6\| \rightarrow \min.$$

Для оптимизации распределения ресурсов ИСЗИ (оценки весовых коэффициентов W_{7-7} , W_{7-1} , W_{7-2} , W_{7-3}) воспользуемся генетическим алгоритмом [6]. Расчет оценки рисков J проводится за 10 итераций для популяции из 100 особей.

Изменение во времени состояний целевых концептов НКК для экспертной расстановки весов и для оптимизированной расстановки с помощью ГА приведено в таблице 2 и на рис. 3.

В первом случае суммарный относительный риск (ущерб) составил 0,393, во втором – 0,2977, т.е. снизился на 14 %.

Таблица 2
Оценка состояния концептов

X_i	Без генетического алгоритма						С применением генетического алгоритма							
X_5	0	0	-0,0052	...	0,1603	0,1615	0,1622	0	0	-0,0132	...	0,1062	0,1074	0,1082
X_6	0	0	0	...	0,2269	0,2290	0,2303	0	0	0	...	0,1859	0,1881	0,1895

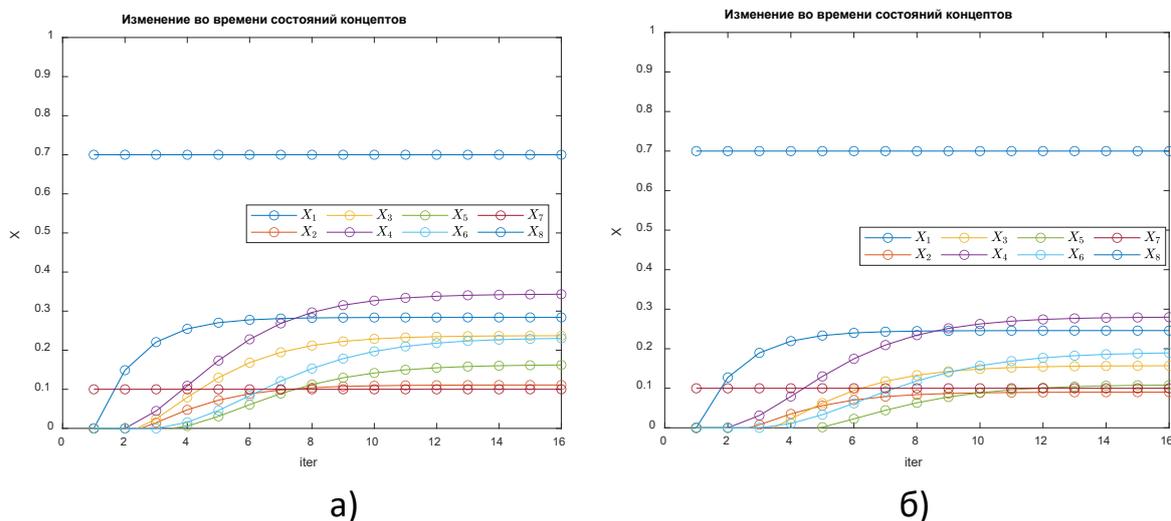


Рис. 3. Изменение во времени состояний концептов НКК для экспертной расстановки весов а) и для оптимизированной расстановки с помощью ГА б)

Таким образом, применение ГА в задаче моделирования оценки рисков кибербезопасности позволяет оптимизировать распределение ресурсов средств и систем защиты информации объектов промышленной инфраструктуры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90078.

Список литературы

1. El Hariri M. et al. A targeted attack for enhancing resiliency of intelligent intrusion detection modules in energy cyber physical systems / M. El Hariri, E. Harmon, H.F. Habib, T. Youssef, O.A. Mohammed / 19th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP). IEEE, 2017. – pp. 1-6.
2. Alshamrani A. et al. A survey on advanced persistent threats: Techniques, solutions, challenges, and research opportunities / A. Alshamrani, S. Myneni, A. Chowdhary, D. Huang / IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2019. Vol. 2 (21). – pp. 1851-1877.
3. Teixeira M. A. et al. SCADA system testbed for cybersecurity research using machine learning approach / M.A. Teixeira, T. Salman, M. Zolanvari, R. Jain, N. Meskin, M. Samaka/ Future Internet, 2018. Vol. 10, no 8. – pp. 76.
4. Васильев В.И. Анализ рисков кибербезопасности с помощью нечетких когнитивных карт / В.И. Васильев, А.М. Вульфин, И.Б. Герасимова, В.М. Картак / Вопросы кибербезопасности. – 2020. – №. 2 (36).

5. Васильев В.И. Когнитивное моделирование вектора кибератак на основе меташаблонов CAPEC / В.И. Васильев, А.Д. Кириллова, А.М. Вульфин // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – №1(41). – С. 30-45.

6. Васильев А.М. Моделирование процессов управления инновационной деятельностью в регионе с применением нечетких когнитивных карт / А.М. Васильев, Л.Р. Черняховская, А.М. Вульфин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2020. – № 3. – С. 15-25. DOI: <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2020-3-15-25>.

ДИСПЕРСИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВСТРАИВАЕМОГО ОПТОВОЛОКОННОГО PEL-ДАТЧИКА СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

А.А. Паньков, П.В. Писарев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

Аннотация. Осуществлены расчет и численный анализ частотных зависимостей для 6-ти управляющих и 36-ти информативных передаточных коэффициентов встраиваемого в полимерный композитный материал оптоволоконного пьезоэлектролюминесцентного (PEL) датчика с учетом максвелл-вагнеровской релаксации электрических полей для диагностирования динамического сложного объемного напряженно-деформированного состояния внутри композита с использованием пакета конечно-элементного анализа ANSYS.

Строение встраиваемого оптоволоконного PEL-датчика сложного объемного напряженно-деформированного состояния дано на рис.1 [1, 2]. Электролюминесцентный и пьезоэлектрический слои датчика разделены радиально-продольными границами на геометрически равные шесть двухслойных секторов «люминофор/пьезоэлектрик». В секторах направления поляризации пьезоэлементов и частоты светоотдач электролюминесцентных фаз различны по всем шести секторам; направления поляризации пьезоэлементов задаются из условия некомпланарности направлений поляризации для произвольных трех секторов. Буферный слой датчика необходим для механической трансляции на пьезоэлементы лишь макроскопической (усредненной) составляющей быстро-осциллирующего поля микронапряжений композита из окрестности датчика. Результирующие электрические напряжения $U_{\text{люм}(j)}$ на электролюминесцентных элементах в каждом j -м круговом секторе в виде $U_{\text{люм}(j)} = a_{\varepsilon(j)mn} \varepsilon_{mn}^* + a_{U(j)} U_{\text{упр}}$, где $U_{\text{упр}}$ - управляющее электрическое напряжение, ε^* - искомый тензор макродеформаций композита в прилегающей к датчику окрестности, $j = \overline{1,6}$. Осуществлен расчет электроупругих полей (рис.2) и дан численный анализ частотных зависимостей управляющих $a_{U(j)}$ и информативных $a_{\varepsilon_{mn}(j)}$ передаточных коэффициентов оптоволоконного PEL-датчика с учетом максвелл-вагнеровской релаксации электрических полей.

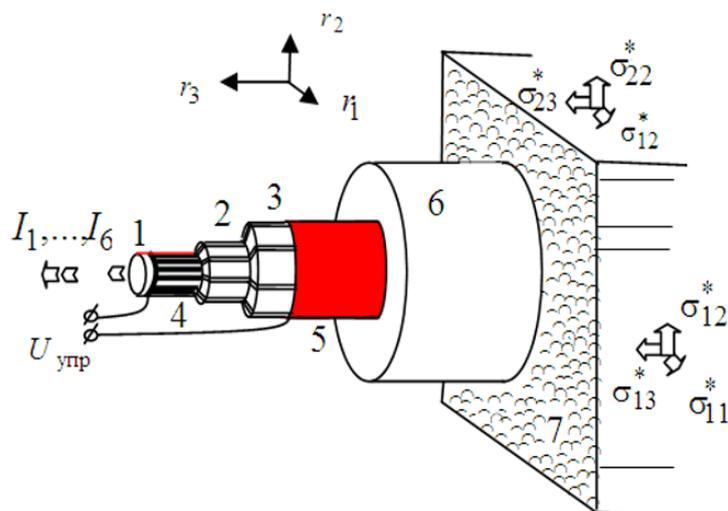


Рис.1. Встраиваемый оптоволоконный PDL-датчик: 1-оптоволокно, 2-электролюминофор, 3-пьезоэлектрик, 4,5 – электроды, 6 – буферный слой, 7 – полимерный композит

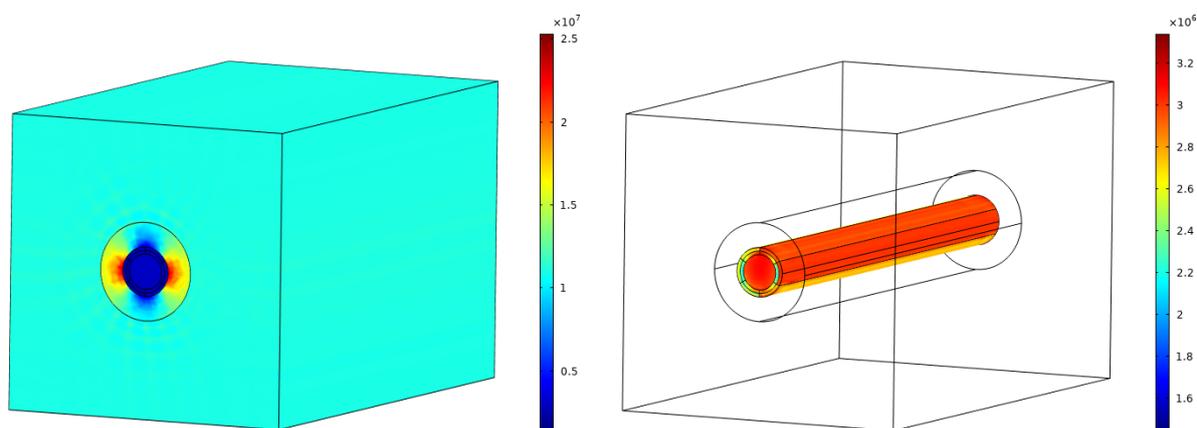


Рис.2. Поле амплитуды микронапряжений σ_{11} при заданной амплитуде макроскопической осевой деформации $\varepsilon_{11}^* = 0.01$ и частоте $\omega = 600$ рад/с

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-41-596010.

Список литературы

1. Патент RU № 2643692. Волоконно-оптический датчик объемного напряженного состояния / Паньков А.А., опубл.: 05.02.2018, Бюл. № 4.
2. Паньков А.А., Писарев П.В. Численное моделирование в ANSYS электроупругих полей в пьезоэлектролюминесцентном оптоволоконном датчике диагностирования объемного деформированного состояния композита // Вестник ПНИПУ. Механика. - 2017. - №3. - С.153-166.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ГЕНЕРАЦИИ ВСЛУХ И МЫСЛЕННО СЕМАНТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ СЛОВ И ПСЕВДОСЛОВ

В.Н. Кирой, Е.М. Кривко, О.М. Бахтин, Д.Г. Шапошников, Д.М. Лазуренко
Научно-исследовательский технологический центр нейротехнологий
Южного Федерального университета (НИТЦ НТ ЮФУ),
г. Ростов-на-Дону

***Аннотация.** В исследованиях принимали участие 10 юношей. В качестве вербального материала использовались слова, обозначающие направление движения и двусложные псевдослова, сформированные из заданных слов специальной программой. Цель исследования - изучение нейрофизиологических коррелятов генерации вслух и мысленно семантически значимых слов и псевдослов, составленных из одних и тех же фонемных единиц. Мы обнаружили, что формирование когерентных отношений в каждом полушарии и генерация псевдослов по сравнению с произношением вслух и мысленно реальных слов имеет свои особенности.*

Введение

Для использования биоэлектрических сигналов, возникающих при генерации речи, в разрабатываемых системах ВСІ имеет значение информация о том какую роль в сублексической фонологической обработке, такой как слоговая логика, или в фонетическом кодировании и генерации артикуляционных кодов играют структуры левого и правого полушарий. С этой целью целесообразно исследовать паттерны мозговой активности, вызванные с одной стороны словами с различной лексической частотностью, а с другой стороны, псевдословами с частотными компонентами высокой или низкой сублексии. Предполагается, что это позволит выявить области, связанные с генерацией артикуляционных кодов и области, связанные с фонологическим код

Эффект псевдослова, явление, при котором неслова, орфографически схожие с реальными, вызывают большую путаницу или «совпадения и ложные срабатывания», чем другие реальные слова, которые также похожи по орфографии [1]. Стратегии идентификации псевдослов, функционирующие на разных уровнях его осознания при непосредственном взаимодействии, обусловлены рядом идентификационных опор, приоритетный выбор которых зависит как от характера самого псевдослова, так и от особенностей взаимодействия перцептивного, когнитивного и аффективного опыта индивида и наличия/отсутствия вербального контекста [2]. Обоснование этого сосредоточено на семантическом значении. Семантика помогает нам быстрее различать слова, которые выглядят одинаково, что приводит к выводу, что эффект псевдослова вызван процессом, основанным на знакомстве.

В исследованиях, связанных с афазией и другими когнитивными нарушениями, пациенты с повреждением левого полушария, испытывают значительно большие трудности при написании псевдослов, чем пациенты с повреждением правого полушария. Это происходит при наличии перисильвиевых, а не экстрасильвиевых повреждений в левом полушарии. Этот

специфический недостаток известен как эффект лексичности. Наиболее вероятными причинами эффекта лексичности являются различия между двумя типами стимулов с точки зрения знакомства с ними (псевдослова незнакомы) и семантической ценности (псевдослова бессмысленны) [3].

Наше исследование было направлено на изучение нейрофизиологических коррелятов генерации вслух и мысленно семантически значимых слов и псевдослов, составленных из одних и тех же фонемных единиц.

Методика

В исследованиях принимали участие 10 юношей ($24,8 \pm 0,4$ года). В качестве вербального материала использовался набор слов, обозначающих направление движения: вверх, вниз, влево, вправо, вперед, назад. Эти слова разделялись на составные фрагменты: ве, ерх, вн, из; впра, во, вле, во, ред, зад. Из этих фрагментов с помощью специальной программы формировались в случайном порядке заданное количество (в данном случае, 6) двухсложных псевдослов: «Вовн», «Воиз», «Ерхна», «Наво», «Наред», «Редво».

ЭЭГ регистрировалась монополярно от 24 отведений с использованием электроэнцефалографа-анализатора «ЭНЦЕФАЛАН 131». В качестве нейрофизиологических коррелятов вербальной деятельности использовались показатели дистантной синхронизации: рассчитывались внутриполушарные коэффициенты когерентности каждого отведения с каждым

Параллельно, в каждом эксперименте осуществлялась акустическая запись фонограммы голосовых реализаций. Для фонограммы использовался анализатор речи «Speech Analyzer» (version 3.0.1. 1996-2007 SIL International / All Rights Reserved).

Для вычисления уровня соответствия акустических свойств семантически значимых слов и псевдослов использовался алгоритм динамической трансформации временных рядов (Dynamic Time Warping, DTW посредством программных средств системы Praat 5.1, адаптированной для русского языка.

Результаты и обсуждение

DTW [4] -анализ акустических характеристик используемых речевых сигналов, слов и псевдослов, показал высокий уровень их стабильности на протяжении всего эксперимента, что позволило использовать усредненные по всем произношениям фрагменты соответствующих слов и псевдослов.

Мы обнаружили, что генерация псевдослов сопровождается достоверным увеличением времени произношения и ростом латентного периода начала произношения, а также более нейронной низкой активностью левого полушария и высокой активностью правого полушария по сравнению с произношением реальных слов. Эти особенности могут быть обусловлены тем, что незнакомые вербальные конструкции, в отсутствие словесных семантических ассоциаций, могут активировать нейронную сеть сильнее, чем знакомые слова, у которых доступ к ассоциациям более успешен [5].

Формирование когерентных отношений в каждом полушарии при генерации слов и псевдослов вслух и мысленно имело свои особенности. Так

между голосовой и мысленной генерацией в правом полушарии при реализации псевдослов наблюдался высокий уровень достоверных различий ($F=2.1$, $p<0.002$), а при использовании слов – различия отсутствуют. В левом полушарии при аналогичном сравнении разных типов произношения достоверные различия характерны и для слов ($F=39.1$, $p<0.00$) и для псевдослов ($F=6.8$, $p<0.00$).

Полученные результаты рассматриваются в рамках представлений о наличии т.н. «умственного слога», хранилища артикуляционных фонетических программ [6,7], которое способствует эффективному производству речи для знакомых слов лексический тип) и формированию новой матрицы артикуляционных действий в случае генерации псевдослов (сублексический тип).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями»

Список литературы

1. Озубко, Ю.Д.; Joordens, S. (2011). «Сходство (и знакомство) псевдослов и чрезвычайно часто встречающихся слов: изучение основанного на знакомстве объяснения эффекта псевдослова». *Журнал экспериментальной психологии: обучение, память и познание*. 123: 37 (1).
2. Ткаченко Н.М. Исследование стратегий индентификации значения псевдослова: автореф. дис. ... канд. фил. наук: 10.02.19. Ижевск, 2007.
3. https://ru.hmoob.press/wiki/Non-word#cite_ref-8
4. Myers C., Rabiner L. Roseneberg A. Performance tradeoffs in dynamic time warping algorithms for isolated word recognition. *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*1980. Vol. ASSP-28, 623-635
5. J.S.H.Taylor, Kathleen Rastle, Matthew H. Davis Interpreting response time effects in functional imaging studies // *NeuroImage, Volume 99, 1 October 2014, Pages 419-433*.
6. Levelt, W. J. (2001). Spoken word production: A theory of lexical access. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(23), 13464-13471.
7. Hanley, J. R., Dell, G. A., Kay, J., & Baron, R. (2004). Evidence for the involvement of a nonlexical route in the repetition of familiar words; a comparison of single and dual route models of auditory repetition. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 147-158.

ПОСРЕДНИКИ ФИНАНСОВОГО РЫНКА И НЕОБХОДИМОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОКАЗЫВАЕМЫХ ИМИ УСЛУГ

Б.А. Демильханова
Чеченский государственный университет,
г. Грозный

Аннотация. В статье установлено, что результат от внедрения цифровых технологий в кредитных и некредитных организациях, такие как: повышение прозрачности финансового рынка, мониторинг финансовой стабильности профессиональных участников, создание новых бизнес-моделей, пополнения биржевого рынка частными инвесторами, оказывает влияние на положительные сдвиги в структуре и динамике численности клиентов, активов организаций учетной инфраструктуры.

В рамках концептуальных предложений по сектору оказываемых ими услуг, выделены основные направления деятельности Банка России по преобразованию деятельности организаций учетной инфраструктуры, регистраторов и депозитариев, в систему распределенного реестра.

Цифровизация экономики затрагивает все экономические процессы, становится неотъемлемой частью происходящих перемен в финансовой сфере в целом, и на фондовом рынке, в частности. Положительной стороной внедрения и использования цифровых технологий является обеспечение прозрачности биржевых и внебиржевых операций с ценными бумагами, защиты прав и интересов российских и зарубежных инвесторов, создание условий для расширения возможностей эффективного управления портфельными инвестициями и т.д.

«Благодаря развитию цифровых каналов, появлению сервисов, мобильных платформ, позволяющих работать с индивидуальными инвестиционными счетами, фондовый рынок пополняется рекордным количеством новых частных инвесторов, желающих вложить свободные денежные средства в ценные бумаги» [1, С.90]. В 2019 году фондовый рынок пополнился почти на 2 млн. лиц – частных инвесторов. Кроме того, поведение частного инвестора на фондовом рынке во многом определяет и стратегию корпоративных клиентов биржевого рынка, что, в свою очередь, влияет на устойчивость и стабильность финансового рынка в целом [2], [4].

На основе изучения особенностей и разновидностей портфельных инвестиций [3], [5], [6], [7], [8] и систематизации рисков, присущих операциям с ценными бумагами, выясняется, что наиболее характерными портфельным инвестициям рисками являются системные и несистемные риски. При этом, к выделенным в отдельную группу несистемным рискам отнесены риски, причинами возникновения которых, прежде всего, являются посредники биржевого рынка. Именно эта группа рисков оказывает непосредственное влияние на активность частного инвестора. В связи с этим, отметим, что уровень развития посреднической (профессиональной) деятельности на рынке ценных бумаг, оснащенность ее новыми цифровыми технологиями во многом определяют степень реализации финансового потенциала частного инвестора на этом рынке.

Профессиональная деятельность на рынке ценных бумаг, сегодня, осуществляется в условиях возросших требований к уровню технологичности предоставляемых ими услуг, что оказывает существенное влияние на состав профессиональных участников и результаты их деятельности на финансовом рынке в целом. Процессы внедрения и использования цифровых технологий обеспечивают, с одной стороны, углубление процессов консолидации между профессиональными участниками финансового рынка, с другой – массовый приток частного инвестора на рынок ценных бумаг, у которого доступ к услугам финансовых посредников за счет цифровых технологий возрастает.

В условиях возросших требований Банка России к уровню технологичности оказываемых профессиональными участниками рынка ценных бумаг услуг, считается необходимым выявить особенности развития профессиональной деятельности на фондовом рынке посредством распределения их на кредитные и некредитные организации, анализа структуры их активов и пассивов, клиентской базы, видов ценных бумаг, степени концентрации клиентов в разрезе видов профессиональной деятельности;

Деятельность профессиональных участников рынка ценных бумаг в условиях цифровизации финансового рынка, ужесточения требований Банка России к уровню технологичности оказываемых ими услуг по купле-продаже, хранению, управлению ценными бумагами, характеризуется тем, что:

- 1) численность их на рынке сокращается, как по числу кредитных организаций, так и – некредитных финансовых организаций;
- 2) растет численность клиентов – физических лиц, которые занимают основную долю в общей численности клиентов в разрезе всех видов профессиональной деятельности;
- 3) растет доля активных клиентов профессиональных участников;
- 4) растет доля иностранных ценных бумаг в общей сумме ценных бумаг, учитываемых в депозитариях;
- 5) основное количество клиентов профессиональных участников рынка сконцентрировано в 4-6 российских компаниях.

Особое место среди видов профессиональной деятельности занимает деятельность организаций учетной инфраструктуры фондового рынка – регистраторов и депозитариев. В рамках концептуальных предложений по сектору оказываемых ими услуг, выделим основные направления деятельности Банка России по преобразованию данных видов профессиональной деятельности в систему распределенного реестра:

- регулирование маркетплейсов – платформ электронной торговли, обеспечивающих взаимодействие участников системы с распределенными базами данных;
- обеспечение безопасности цифровых платежных сервисов и прав доступа к ним;
- создание биометрической платформы.

В условиях роста активности клиентов профессиональных участников рынка ценных бумаг, повышения привлекательности ценных бумаг российских эмитентов для иностранных инвесторов необходимо дальнейшее внедрение и

использование цифровых технологий и в депозитарной деятельности, которые обеспечат, прежде всего:

- осуществление всех услуг депозитарного обслуживания с использованием корреспондентских счетов депо в международных расчетно-клиринговых центрах (Clearstream Banking, Euroclear Bank и др.).
- внедрение дистанционного обслуживания для клиентов крупных банков, осуществляющих депозитарную деятельность, в том числе и в регионах России;
- безопасность всех видов депозитарных услуг.

Таким образом, на пути к реализации целей развития российского фондового рынка, в условиях сокращения числа профессиональных участников рынка ценных бумаг, с одной стороны, и повышения интереса к операциям с ценными бумагами для частного инвестора – с другой, необходимо дальнейшее оснащение посреднической деятельности цифровыми технологиями, приводящие к стиранию границ между фондовыми рынками, обеспечивающие безопасное получение качественных финансовых услуг отечественными и иностранными клиентами.

Список литературы

1. Демильханова Б.А. Индивидуальные инвестиционные счета в формировании доходов частных инвесторов. Экономика и управление: проблемы, решения / Б.А. Демильханова, Ф.М. Садаева, З.Р. Сахрудинова. – 2020. – Т. 1, №11 (107). – С. 86-92.

2. Звонова Е.А. Особенности аккумуляции сбережений населения на российском фондовом рынке. Экономика. Налоги. Право / Е.А. Звонова. – 2017. № 2. – С. 40-48.

3. Кудрин А.М. Формирование инвестиционной стратегии частного инвестора на фондовом рынке. International Scientific Review / А.М. Кудрин. – 2016. – № 12. – С. 50-55.

4. Митрофанов В.И. Роль частных инвесторов в развитии российского рынка акций. Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд / В.И. Митрофанов. – 2016. – № 38. – С. 22-27.

5. Подгорная Ю.Б. Модели принятия инвестиционных решений российскими частными инвесторами / Ю.Б. Подгорная // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9-2. – С. 366-369.

6. Решетникова Л.Г. Инвестиционный профиль частного инвестора на российском фондовом рынке. Экономика и предпринимательство / Л.Г. Решетникова, Т.В. Буркова. – 2019. – № 2. – С. 769-773.

7. Соломенцев А.С. Краткосрочные стратегии портфельного инвестирования частных инвесторов на российском фондовом рынке / А.С. Соломенцев // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 1. – С. 1097-1100.

8. Соколовский М.В. Управление рисками частных инвесторов на рынке ценных бумаг при использовании систем интернет-трейдинга / М.В. Соколовский, И.В. Целихина // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19, № 12. – С. 4133-4142.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ TEXT MINING ПРИ ОЦЕНКЕ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ И УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В.И. Васильев, А.М. Вульфин, Н.В. Кучкарова
Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа

***Аннотация.** Проведен краткий обзор существующих классификаторов, баз данных угроз и уязвимостей программного обеспечения (ПО) АСУ ТП, а также систем оценки степени критичности этих уязвимостей. Рассмотрен опыт применения средств обработки текстовых данных с использованием технологии Text Mining при решении задачи оценки актуальных угроз и уязвимостей. Предложена структурная схема построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР), позволяющей сопоставить перечень актуальных угроз с выявленными уязвимостями ПО на основе анализа их текстовых описаний в Банке данных угроз безопасности информации ФСТЭК России. Приведен пример практического применения этой системы.*

Введение

Безопасное функционирование промышленных предприятий и учреждений, относящихся к различным сферам деятельности, существенно зависит от стабильности работы информационно-управляющих систем. Согласно статистических данных последних лет [1], наметилась определенная тенденция к снижению количества атакуемых компьютеров АСУ ТП, корпоративных и персональных компьютеров как в России, так и за рубежом – соответственно 32,2 % и 32,6 % в первом полугодии 2020 году против 44,8 % и 41,2 % за тот же период 2019 года. Вместе с тем, количество направленных целевых атак одновременно увеличилось на 7 %, атаки становятся все более сложными и изощренными [2]. По данным [3], только за 2019 год было выявлено более 22300 новых уязвимостей. Таким образом, задача обеспечения кибербезопасности информационных систем различного назначения остается актуальной.

Решение данной проблемы связано со сбором, классификацией, хранением информации об угрозах и уязвимостях ПО, возможностях их реализации, обнаружения и устранения, адекватной оценкой степени их критичности и др. В настоящее время существует большое количество классификаторов, баз данных угроз и уязвимостей, из которых наиболее известны такие, как CVE, NDV, CWE, Банк данных угроз безопасности информации (БДУ) ФСТЭК России. Для оценки степени опасности (критичности) уязвимостей используются такие системы, как SANC, nCircle, CWSS, CVSS. Широкое распространение получила база шаблонов типовых атак CAPEC. Объем информации в перечисленных базах данных постоянно увеличивается. Так, на момент написания данной статьи Банк данных угроз ФСТЭК России содержал более 220 записей об угрозах и свыше 31000 записей об уязвимостях. Проводить обработку такого количества данных «ручным» способом представляется малоэффективным. Решение данной проблемы возможно только путем автоматизации процесса анализа содержащихся в этих базах текстовых описаний уязвимостей ПО и

соответствующих им угроз. В [4-6] приведены примеры решения подобной задачи с применением технологии интеллектуального анализа текстов (Text Mining). В представленной ниже публикации, в отличие от упомянутых выше статей, предложена архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР), позволяющая не только оценить уровень критичности уязвимостей, но и сопоставить их с релевантными, т.е. наиболее подходящими по их описаниям угрозами из БДУ ФСТЭК.

1. Структурная схема организации СППР

В предложенной СППР процесс оценки критичности уязвимостей ПО и их сопоставления соответствующим угрозам безопасности информации начинается с предварительной обработки (нормализации) текстовых описаний угроз и уязвимостей. Далее, для построения векторного представления слов используется модель Word2Vec, предложенная в 2013г. группой ученых из Google во главе с Т. Миколовым. В данной модели реализованы два основных алгоритма обучения: CBoW (Continuous Bag of Words, «непрерывный мешок слов») и Skip-gram. CBoW – архитектура, которая предсказывает текущее слово, исходя из окружающего его контекста. Архитектура типа Skip-gram действует наоборот: она использует текущее слово, чтобы предугадывать окружающие его слова, т.е. его контекст. Алгоритм построения модели в целом Word2Vec состоит из следующих этапов:

- составляется словарь терминов, встретившихся во всех документах (описания угроз и уязвимостей из Банка данных угроз ФСТЭК России);
- каждому термину в словаре сопоставляется частота его встречаемости во всех документах;
- строится дерево Хаффмана, позволяющее снизить вычислительную сложность алгоритма;
- проводится процесс изъятия наиболее частотных слов из анализа, что позволяет ускорить процесс обучения алгоритма и улучшить качество модели;
- для отобранных слов применяется один из алгоритмов CBoW или Skip-gram;
- применяется нейронная сеть прямого распространения.

Система поддержки принятия решений (ППР) состоит из следующих основных подсистем (рис.1):

- подсистема локального хранения актуальной копии БДУ ФСТЭК;
- подсистема сопоставления угроз и уязвимостей на основе их текстового описания;
- подсистема оценки актуальных угроз и уязвимостей ПО корпоративной информационной системы (КИС).

Подсистема локального хранения актуальной копии БДУ ФСТЭК предназначена для построения СУБД с объектно-ориентированным проектированием (ORM) хранимых сущностей, характеризующих угрозы и уязвимости в формате открытого языка описания и оценки уязвимостей (OVAL) [7], на отдельные файлы в соответствии с выбранной XML-схемой. В данную подсистему входят модуль синхронизации с внешней БД и модуль выгрузки

XML-описаний угроз и уязвимостей из внешней базы. Модуль синхронизации с внешней БД сопоставляет временные метки изменений данных внешнего хранилища БДУ ФСТЭК и метки в локальном хранилище. По результатам такого сопоставления принимается решение о запуске механизма синхронизации. Модуль выгрузки XML-описаний угроз и уязвимостей из внешней базы подключается к серверу БДУ и выполняет импорт данных в локальную СУБД в требуемом формате.



Рис.1. Структурная схема СППР

Подсистема сопоставления угроз и уязвимостей на основе их текстового описания предназначена для построения базы знаний, осуществляющей сопоставление множества уязвимостей ПО на множество релевантных угроз. Принцип действия данной подсистемы основан на использовании технологии Natural Language Processing (обработка естественного языка) [8]. При этом производится обработка текстовых описаний угроз и уязвимостей, включающая в себя следующие этапы:

1. Загрузка данных из базы данных – преобразование текстовых полей каждой записи в единое текстовое описание для последующей обработки.
2. Нормализация текстовых описаний угроз и уязвимостей – включает в себя такие подэтапы, как: символьная фильтрация, токенизация, фильтрация по стоп-словарю, леммизация.
3. Экспертная разметка для выделения семантических особенностей – выделение семантических особенностей текстовых описаний (ключевые слова, ключевые словосочетания, отношения между сущностями), уточнение состава специализированного стоп-словаря.
4. Построение формализованного вектора признаков текстовых описаний-происходит с использованием моделей Word2Vec и Doc2Vec с помощью алгоритма Continuous Bag-of-Words, (CBOW) или skip-gram, в результате чего слова в семантическом пространстве признаков оказываются рядом со схожими словами, в зависимости от их контекста.

5. Отбор наиболее значимых признаков – необходим для группирования семантически близких сущностей в отдельные кластеры.

6. Оценка семантической близости текстов описаний.

Подсистема оценки актуальных угроз и уязвимостей для корпоративной информационной системы – с помощью клиент-серверного сканера (CVE-manager) обеспечивается сбор данных об уязвимостях программного обеспечения рабочих станций и серверов КИС. Применяется связка ПО CVE-manager и ScanOVAL для ОС Linux и Windows, управляемая серверной компонентой, и взаимодействующая с локальной БД. Результаты поиска уязвимостей с помощью сканеров безопасности представляются в виде XML документов с разметкой на языке OVAL. С помощью специальной консоли, руководствуясь рекомендациями модуля СППР по ранжированию и сопоставлению угроз и актуальных уязвимостей, полученных в результате предварительного сканирования ПО ИС, а также механизмами интеллектуальной фильтрации на основе извлекаемых из базы знаний, специалист по информационной безопасности выполняет оценку актуальных угроз и уязвимостей для отдельных узлов КИС.

2. Пример использования предложенной СППР.

В качестве примера использования СППР рассмотрим задачу оценки уровня опасности уязвимости BDU:2015-00285 «Уязвимость программного обеспечения Flash Player, позволяющая удаленному злоумышленнику нарушить конфиденциальность, целостность и доступность защищаемой информации». Данной уязвимости эксперт в «ручном» режиме сопоставил угрозу УБИ.192.



Рис. 2. Релевантные угрозы, отсортированные в порядке убывания нормированной метрики семантической близости к уязвимости BDU:2015-00285

Используя семантическое описание уязвимости, с помощью разработанного модуля СППР осуществим выбор релевантных (семантически близких по описанию) угроз из БДУ ФСТЭК. На рисунке 2 показан результат подбора 10 таких угроз, отсортированных в порядке убывания коэффициента семантической близости. Как видно из рисунка, угроза УБИ.192 попадает в данный перечень, что совпадает с результатом предварительного экспертного оценивания. Аналогичным образом, для выбранных в процессе экспертного анализа и сбора данных сканерами безопасности (поиск установленных версий ПО с имеющимися в БДУ уязвимостями) производится подбор соответствующих угроз. Финальная стадия анализа позволяет упростить работу эксперта, значительно сократив время на поиск и сопоставление уязвимостей ПО и соответствующих им потенциальных угроз безопасности информации.

Заключение

В статье рассмотрен подход к оценке актуальных уязвимостей ПО и угроз безопасности информации с использованием технологии интеллектуального анализа текста (Text Mining). Предложена архитектура системы поддержки принятия решений (СППР), применение которой позволяет не только оценить степень критичности выявленных с помощью сканеров безопасности уязвимостей, но и сопоставить эти уязвимости с соответствующими по описанию потенциальными угрозами из Банка данных угроз ФСТЭК. Предложенная технология позволяет упростить работу эксперта, значительно сократив время на поиск и сопоставление уязвимостей ПО и угроз, способствуя в конечном итоге формированию адекватного и эффективного набора контрмер по противодействию этим угрозам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00668 А.

Список литературы

1. Ландшафт угроз для систем промышленной автоматизации. Kaspersky ICS CERT. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://ics-cert.kaspersky.ru/reports/2020/09/15/threat-landscape-for-industrial-automation-systems-h1-2020/#_Toc49436674 (дата обращения 25.02.2021).
2. Актуальные киберугрозы: итоги 2019 года [Positive Technologies Research]. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2020-q3/> (дата обращения 15.02.2021).
3. Risk Based Security. Обзор уязвимостей: отчет за 2019 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ict.moscow/research/obzor-uzvzimostei-otchet-za-2019-god/> (дата обращения 15.02.2021).
4. Tao Wen, Yuqing Zhang, Gang Yang. A Novel Automatic Severity Vulnerability Assessment Framework // *Journal of Communications*, Vol. 10, №5, May 2015. – P. 320-329.
5. Spanos G., Angeis L., Toloudis D. Assessment of Vulnerability Severity using Text Mining // *Proceedings of the 21st Pan-Hellenic Conference*, Sept.2017, Larissa,

Greece. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3139367.313930?download=true> (дата обращения 05.02.2021).

6. Lee Y., Shin S. *Toward Semantic Assessment of Vulnerability Severity: A Text Mining Approach // Proceedings of ACM CIKM Workshop (EYRE' 18), 2018.* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.CEUR-WS.org/Vol1-2482/papers.pdf> (дата обращения 15.02.2021).

7. Gupta S., Gupta B. B. *Detection, avoidance, and attack pattern mechanisms in modern web application vulnerabilities: present and future challenges // International Journal of Cloud Applications and Computing (IJCAC). 2017. Vol. 7. №. 3. pp. 1-43.*

8. Vordanov V. *Introduction to Natural Language Processing for Text* [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-natural-language-processing-for-text-df845750fb63> (дата обращения 15.02.2021).

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ И ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

С.П. Смирнов

Российский технологический университет МИРЭА,
г. Москва

***Аннотация.** В докладе рассмотрена проблема изменения потребности и структуры потребления телекоммуникационных сервисов в России и в мире. Проанализированы основные факторы, оказывающие влияние на изменении мировоззрения потребителя и структуры потребления телекоммуникационных услуг, в том числе, описанные в литературе. Рассмотрены примеры конкретной реализации факторов влияния в контексте каждого конкретного типа. Рассмотрены гуманитарные проблемы, порождаемые и определяемые широким распространением инфокоммуникационных и телекоммуникационных технологий как следствием и одним из ключевых элементов реализации концепции Индустрии 4.0.*

Телекоммуникации существуют столько же времени, сколько существует человечество. В современном понимании средства коммуникации начали формироваться менее 300 лет назад с появлением первого телеграфа и, далее, телефона, и до последнего времени они выполняли роль обеспечения связи между конкретными людьми или группами людей для целей передачи коротких осмысленных сообщений. Взрывной рост телекоммуникаций относится к концу XX века и началу 2000-х годов: появление массового интернета и мобильной сотовой связи полностью преобразили облик современного мира.

В настоящей работе рассматривается современное состояние телекоммуникационной отрасли в контексте технических и гуманитарных факторов, оказывающих влияние и, одновременно, являющихся следствием развития современной телекоммуникационной отрасли как инструмента реализации, с одной стороны, и неотъемлемой составной части, с другой, Индустрии 4.0.

1. Современное состояние телекоммуникаций в России

В работе [1], в курсе [2] и докладе [3] указаны следующие ключевые факторы, оказывающие существенное влияние на развитие телекоммуникационной отрасли в России и в мире.

- Существенный, практически экспоненциальный, рост сложности изделий. Количество элементов в продукте массового использования, например, умном телевизоре или смартфоне, исчисляется десятками миллиардов – телефон, который еще 50 лет назад состоял из десятка механических деталей, сейчас представляет собой полноценный компьютер с функцией голосового вызова;
- Высокая скорость изменения требований к целевому изделию, малый срок жизни требований, следование требованиям моде. Это касается как пользовательских устройств, так и услуг связи и тарифов. Действительно, давление маркетинга обуславливает то, что мы ежегодно видим выход на рынок новых процессоров или новых телефонов, хотя принципиально новых, принципиально более производительных изделий не появляется – новая модель смартфона Samsung S20 мало чем отличается от предыдущего поколения Samsung S10 по своим возможностям, более того, они недалеко ушли и от Samsung Galaxy S6, S7, S8, S9, но давление стремления приобретения выручки и прибыли заставляет компанию выпустить новую модель, несмотря на то, что она не принесет пользователю ничего нового кроме ощущения «я купил абсолютно новый телефон последней модели». То же самое мы наблюдаем во всех областях обслуживания человеческого потребления: персональные компьютеры, бытовая электроника, автомобили, услуги связи;
- Массовость производства изделий и вытекающие из этого массовость требований к изделию, что порождает большую вариативность требований. Здесь мы говорим о влиянии количества потребителей, которые уже не приобретают «что дают», а выбирают наиболее подходящие для них изделия из многообразия представленного на рынке. В результате, наиболее успешные модели задают тренды, фактически, устанавливая требования к изделиям. Отдельного упоминания заслуживает возрастающая потребность потребителя к персонализации приобретаемого – если, допустим, в 70-80-х годах в СССР владение личным автомобилем само по себе являлось фактором отличия от других граждан и парк личных автомобилей в СССР на конец 1970 года был менее полутора миллионов единиц на 241.7 млн граждан (проникновение чуть более 0.5 %), то на 2020 год автопарк России составляет более 58.7 миллионов единиц на 146.7 млн человек (проникновение чуть более 40 %), что, де факто, означает наличие автомобиля у подавляющего большинства семей (или домохозяйств) – все стали равнее, показать свою уникальность стало сложнее. Разница между владельцем Мерседеса последней модели и ВАЗ 2105 по возможностям перемещения себя, пассажиров и груза из точки А в точку Б неизмеримо меньше разницы между владельцем ВАЗ 2105 и человеком, передвигающимся на общественном транспорте.

- Преобразование финансовой модели – от владельца к инвестору, давление финансового рынка, сокращение срока жизни поколения изделия с десятилетий до полугода-года. Существенное увеличение влияния цены изделия; повышенные требования к технологичности производства. Здесь мы говорим о причине регулярного выпуска на рынок моделей только потому, что «пора» – это описано выше на примере смартфонов Samsung. Первичной же причиной этого является изменение отношения к бизнесу. Концепция «владельца» или «хозяина» предполагает наличие заинтересованной стороны, инвестирующей свое собственное время и ресурсы, в том числе деньги, рассчитывающей на долголетие бизнеса. Классический пример – это бизнесы, передаваемые из поколения в поколение. Одним из ключевых факторов такого бизнеса является социальная ответственность бизнеса перед своими сотрудниками и многолетняя, в ряде случаев всю активную жизнь, работа сотрудников. Хозяйский бизнес редко перерастает из небольшого (пекарня, сеть пекарен) в средний (национальная компания) или крупный (транснациональная корпорация). Концепция «инвестора» или «акционера» опирается на отношения деньги-деньги. Инвестор не заинтересован в деталях бизнеса, он ориентирован на возврат инвестиций с определенной нормой прибыли в установленное время. По факту, инвестор не интересуется тем, выживет ли бизнес после окончания периода финансирования. Поскольку инвесторы не заинтересованы в непосредственном ведении дел, нанимаются специальные менеджеры для управления активами инвестора. В отличие от хозяина, который смотрит на перспективу 10-20-50 лет, горизонт интереса наемного менеджера ограничен его контрактом и редко превышает пару лет;
- Обучаемые системы и системы систем, принятие машиной не алгоритмизированных решений на основании анализа и статистики возмущений-реакций, критическое влияние качества и объемов проводимого обучения. Здесь мы говорим о сверхсовременных технологиях машинного обучения для принятия решения (или выработки решений) на основании принципов нечеткой логики с нечеткими исходными данными. Нечеткая логика, например, это вывод «хорошо» или «плохо» на основании алгоритмов, описанных не строго математически, а с учетом определенных пределов вариативности исходных данных. Жесткие алгоритмы достаточно плохо работают в этих условиях, тогда как нейросети, эмулирующие в том или ином смысле работу мозга, справляются с задачей гораздо лучше, но, как и мозг, их надо учить. Качество получающегося результата в первую очередь зависит от качества проводимого обучения – объема обучающей выборки, вариативности выборки, насколько полно выборка покрывает многообразие возможных ситуаций и т.п.;
- Этические нормы, поддержка выбора и принятия машиной решений в критических ситуациях, когда любой выбор приводит к нанесению того или иного объема ущерба. Существенный рост влияния качества

программного обеспечения. Здесь мы говорим об этически сложных задачах, когда, например, переддвигающимся беспилотным автомобилем с пассажирами на борту возникает человек и требуется принятие решения о наилучшем поведении робота: сбить внезапно появившегося человека и не нанести травмы пассажирам или выполнить маневр и спасти внезапно появившегося человека, поставив под угрозу жизнь пассажиров. И многообразие вариантов велико. Например, появившийся человек – пожилой, а в салоне машины дети. Или появившийся человек – мама с младенцем, а в салоне машины люди с ограниченными возможностями. И десятки и сотни других вариантов, сочетающие в себя как участников движения, так и элементы окружающей инфраструктуры – например, маневр, который закончится торможением в специализированное ограждение дороги или столб светофора гораздо менее опасен для всех, чем маневр с торможением в мачту городского освещения, вековой сруб или припаркованный на обочине тяжелый грузовик с песком;

- Технологический тупик, недостаточность неисследованных возможностей в существующих технологиях, потребность в новых технологиях. Как пример здесь можно привести прекращение взрывного роста тактовой частоты процессоров – если у процессоров 1990-х годов тактовая частота измерялась десятками мегагерц и постоянно возрастала от поколения к поколению, то начиная с начала 2000-х годов достигнуты физические ограничения частоты процессоров. То же можно сказать об энергопотреблении – построение в бытовом компьютере системы охлаждения, позволяющей рассеять более 150 Вт тепловой мощности процессора весьма и весьма нетривиальная задача.
- Экологичность. Ограниченность (конечность) ресурсов для производства, недостаточность и неэффективность мер по утилизации и обеспечению оборота редких и дорогостоящих ресурсов. Последнее, казалось бы, мало применимо для телекоммуникаций, но, если подумать, то в области связи существует точно такие же ограниченные ресурсы, за который идет борьба – это частоты, доступные для организации передвижной или стационарной радиосвязи, в том числе сотовой связи; это физические каналы, которые в условиях плотной городской застройки и крайне ограниченных возможностей их прокладки требуют крайне бережного и эффективного их переиспользования; это телекоммуникационная инфраструктура, требующая больше оборудования, больше электропитания, больше охлаждения. Уже на данный момент суммарная энергопотребность мировых датацентров измеряется несколькими сотнями тераватт.

2. Технические аспекты реализации концепции Индустрии 4.0 в области Телекоммуникаций

Технические аспекты реализации концепции Индустрии 4.0 в сфере телекоммуникаций разработаны автором в ранее опубликованной работе [1] и включают в себя:

- Требование гибкости продукта для клиента;
- Требование быстрого Time to Market (ТТМ) для продукта;

- Требование быстрого Time to Customer (ТТС) для экземпляра продукта;
- Требование оптимальности затрат на создание продукта и вывод его на рынок (стоимости ТТМ);
- Требование оптимизации затрат на предоставление экземпляра продукта (стоимость ТТС);
- Требование непрерывности сервиса для клиента;
- Требование непрерывность бизнеса при внедрении нового продукта.

3. Гуманитарные аспекты реализации концепции Индустрии 4.0 в области Телекоммуникаций

Гуманитарные аспекты Индустрии 4.0, в целом, гораздо шире, чем их частное множество, которое может быть рассмотрено в контексте взаимодействия Телекоммуникаций и Индустрии 4.0. Так в работе [4] указаны следующие вопросы, требующие адекватного отражения в новых социальных теориях:

- Технические объекты, гаджеты все в большем объеме заменяют людей во взаимодействии (пример – голосовые помощники Siri, Google, Yandex), происходит объектуализация гаджетов [5];
- Возникновение существенной психоэмоциональной привязанности человека к техническому объекту [6];
- Изменение профиля использования интеллектуального потенциала: среднестатистический россиянин живет около 70 лет, из которых на сон уходит чуть больше 20 лет, а «из оставшегося времени на просмотр ТВ он тратит 7 лет и 1 месяц, на работу – около 10 лет, на социальные сети – 10 месяцев и 3 недели, а на секс и ласки – 1 месяц и 3 недели. Секс интересует современного человека в 10 раз меньше, чем социальные сети!» [6]. Необходимо отметить, что степень виртуализации жизни с каждым днем увеличивается за счет снижения доли ТВ и увеличения доли социальных сетей, компьютерных игр и т.п.;
- Вместо мрачной атмосферы тотального контроля (например, показанной в антиутопии 1984 или осуждаемой как образ жизни СССР) – мягкая, приятная среда общего коммуникационного взаимодействия, собирающая информацию о фактах и действиях, активно мотивирующая пользователя к раскрытию всей возможной информации гораздо эффективнее любого следователя и даже пытки [7];
- Все большее количество рутинных операций и операций, требующих ограниченное количество мыслительных функций, перекладывается на компьютеры. По разным оценкам, в течение ближайших двадцати лет от трети до половины рабочих мест в промышленно развитых странах будут заменены роботами, компьютерными программами и другими автоматическими решениями. Так, например, глава Сбербанка Герман Греф еще в 2017 году заявил о переводе задачи по составлению исковых заявлений на решение, основанное на нейронных сетях, и сокращении 450 юристов в СБ РФ [8];
- Усиление расслоения общества за счет вымывания источников дохода в космополитичном обществе: все большее количество работ передается

гастарбайтерам или переводится на аутсорсинг в слаборазвитые страны с существенно меньшим уровнем оплаты (как пример, перевод международных центров обслуживания клиентов или центров разработки программного обеспечения в Индию, перевод тяжелого производства, в том числе наукоемкого, в Китай и т.п.). Сторонники инноваций видят перспективы Индустрии 4.0 в освобождении от рутинной работы и победе творчества во всех сферах производства, так как именно способность к нестандартному мышлению будет главным признаком человека в стремительно кибернетизирующемся мире. В то же время, необходимо понимать, что способность к нестандартному мышлению – это нечто близкое к гениальности, встречающейся не столь часто, как этого бы хотелось. Даже натаскивание на методы нестандартного мышления требует от обучаемого существенной образованности и кругозора, поскольку работает это только на стыке дисциплин. В то же время, сложившиеся системы образования во многих странах не отвечают требованиям даже третьей промышленной революции (компьютеризации), да и сама социальная система в целом меняется гораздо медленнее технологической, и разрыв будет только увеличиваться в условиях, когда новые технологии и их внедрение происходят все быстрее и быстрее. Известный российский социолог О.И. Шкаратан констатирует, что «новый фактор неравенства стал заключаться в самих людях и их способностях, а именно способности усваивать информацию и применять полученные навыки и умения в своей деятельности» [9];

- Снижение ценности человека. Авторы книги «Интеллектуальный инсульт. Как в мире роботов остаться человеком и не потерять себя» [6] обращают внимание читателей не только на проблему безработицы и отмирания профессий: «Роботы не просто отнимают работу – они снижают ценность человека. «Благодаря» им он рискует потерять память, лишиться способности планировать, логически мыслить и принимать решения. Значит, найти новую работу будет гораздо сложнее: продать то, ценность чего постоянно снижается, довольно трудно. А уж сбить дорого практически невозможно.»
- Этические проблемы, частично рассмотренные в разделах выше, в том числе проблема принятия и исполнения машиной, роботом, решения, действия, которое в той или иной степени навредит или даже уничтожит человека или какое-то определенное множество людей.

Перечисленные проблемы требуют подробного и скрупулезного научного исследования, поскольку, на данный момент, не существует четкой научной социологической теории, которая бы позволила адресовать упомянутые выше проблемы и найти пути их системного решения, не допустив гуманитарной катастрофы.

Выводы

В работе рассмотрены современное состояние телекоммуникационной отрасли в контексте технических и гуманитарных факторов, оказывающих

влияние и, одновременно, являющихся следствием развития современной телекоммуникационной отрасли как инструмента реализации, с одной стороны, и неотъемлемой составной части, с другой, Индустрии 4.0.

По литературным данным и на основании личного опыта автора, сформулированы основные факторы, оказывающие влияние на Телекоммуникационную индустрию.

По литературным данным и на основании личного опыта автора сформулированы основные возможные гуманитарные последствия для телекоммуникационной отрасли, и общества в целом, реализации концепции Индустрии 4.0.

Сформулированы задачи научных исследований в технической и гуманитарной (в первую очередь, социологической) сферах, решение которых необходимо для улучшения качества жизни человека.

Список литературы

1. Смирнов С.П. *Современные телекоммуникации на острие Индустрии 4.0 – влияние изменения структуры и потребления услуг на ИТ-проекты и эксплуатацию экосистемы клиента оператора связи // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки, 2020. – №12. – С. 126-131.*

2. Smirnov S.P. (2020), *Telecom Stories from Russia: being on razor of Industry 4.0 // PMI Course // URL: <https://ccrs.pmi.org/search/course/471606> (Дата обращения 14.10.2020).*

3. Smirnov S.P. (2020), *Telecom Stories from Russia: being on razor of Industry 4.0 // ADVISORS Webinar record [Электронный ресурс] // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ODZFsKC9vvo>. (Дата обращения 18.10.2020).*

4. Yudina, Maria. (2017). *Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества // Государственное управление, №60, 197-215. [Электронный ресурс]. // URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2017/vipusk_60_fevral_2017_g./problemi_upravlenija_teorija_i_praktika/yudina.pdf (Дата обращения 29.11.2020).*

5. Кнорр-Цетина К. *Социальность и объекты. Социальные отношения в постсоциальных обществах знания // Социология вещей: Сб. статей / Под ред. В.Вахштайна. – М.: ИД «Территория будущего», 2006. – С. 268.*

6. Николаев К. *Интеллектуальный инсульт. Как в мире роботов остаться человеком и не потерять себя / К. Николаев, Ш. Абдуллаева. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016.*

7. Фукуяма Ф. *Наше постчеловеческое будущее. Последствия биотехнологической революции / Ф. Фукуяма. – М.: АСТ, Люкс, 2004.*

8. Герман Греф посоветовал юристам «забыть профессию» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.rbc.ru/business/23/07/2017/5974b7a69a79477896b6708d> (Дата обращения 29.11.2020).

9. Шкаратан О.И. *Социология неравенства. Теория и реальность. – М.: ИД ВШЭ, 2012. – С. 117.*

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОПТОВОЛОКОННОМ PEL-ДАТЧИКЕ

А.А. Паньков, П.В. Писарев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь

Аннотация. Разработана численная модель и осуществлен анализ динамических характеристик оптоволоконного пьезоэлектролюминесцентного (PEL) датчика вибродавления с учетом дисперсии и энергетических потерь в элементах структуры датчика, обусловленных максвелл-вагнеровской релаксацией электрических полей, с использованием пакета конечно-элементного анализа ANSYS.

Рассмотрены вынужденные электро-механические колебания оптоволоконного PEL-датчика (рис.1) [1] под действием когерентных возмущений: механического напряжения $\sigma(t)$ на внешней поверхности и управляющего электрического напряжения на электродах $U_{упр}(t)$ датчика, t - время. В пакете конечно-элементного анализа ANSYS осуществлен численный расчет тангенса угла механических потерь $tg\delta_{уг} = s''/s'$ (рис.2), где s'' , s' - мнимая и действительная части коэффициента упругой податливости датчика, и осуществлен расчет комплексных амплитуд передаточных коэффициентов $a_{1,2}(t)$ датчика от начала нагружения ($t = 0$) до выхода на стационарный режим, например, информативного коэффициента $a_2(t)$ (рис.3) при $\omega = 70$ рад/с. Выявлено, что инерционные силы элементов датчика практически не влияют на электро-механические процессы внутри датчика.

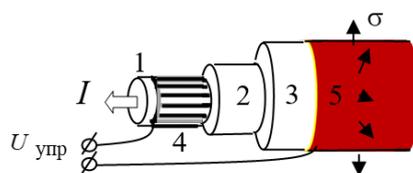


Рис.1. Оптоволоконный PEL-датчик: 1-оптоволоконно-люминесцентный элемент, 2-электролюминофор, 3-пьезоэлектрик, 4,5 - электроды

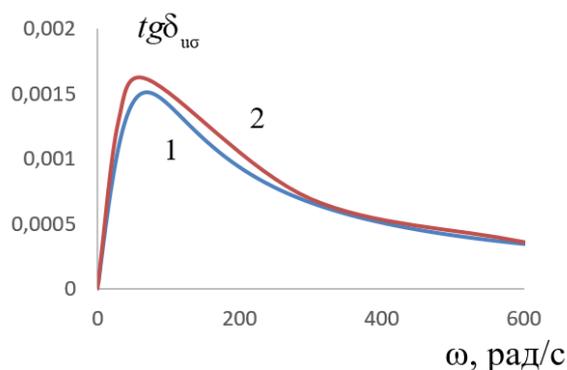


Рис.2. Частотные зависимости тангенса угла механических потерь $tg\delta_{уг}$ датчика: 1 – численное решение ANSYS, 2 - аналитическое решение [2]

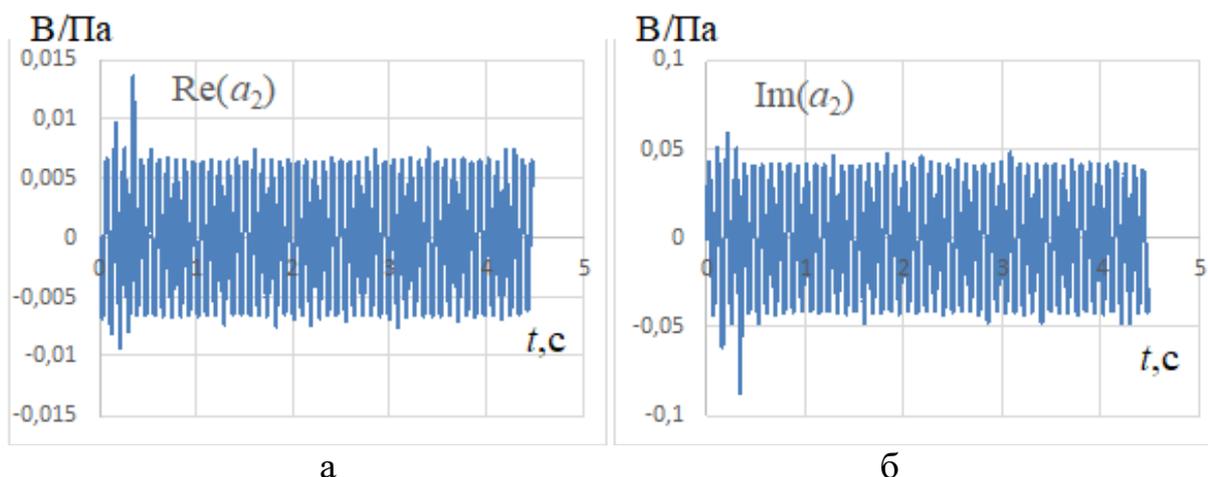


Рис.3. Зависимости действительной (а) и мнимой (б) частей амплитуды информативного передаточного коэффициента a_2 датчика от времени t

Результаты получены при выполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на выполнение фундаментальных научных исследований (проект № FSNM-2020-0026).

Список литературы

1. Патент RU № 2630537. Волоконно-оптический датчик давления / Паньков А.А., опубли.: 11.09.2017, Бюл. № 26.
2. Паньков А.А. Динамическая модель управления режимом демпфирования вибраций оптоволоконным PEL-датчиком с фазовым сдвигом управляющего электрического напряжения // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2020. №10. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.10.3>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНЫХ КАУЧУКОВ

В.Н. Черных, И.Н. Пугачева, Л.В. Молоканова
 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
 инженерных технологий»,
 г. Воронеж

Аннотация. В работе проведена сравнительная оценка применения в качестве коагулирующих агентов хлоридов щелочных металлов (натрия, калия, лития) в технологии получения эмульсионных каучуков. Эффективность коагулирующего действия данных солей изучали на выпускаемом в промышленности каучуковом латексе СКС-30 АРК. Выявлено, что повышение радиуса катиона металла от лития до калия способствует заметному снижению расхода коагулянта. В то же время изменение температурного режима процесса выделения каучука из латекса с 20 до 60 °С практически не влияет на способность хлоридов щелочных металлов к выделению каучука из латекса.

В настоящее время синтетические каучуки являются нефтехимической продукцией, которая имеет большое значение для нашей страны. И хотя на фоне пандемии коронавирусной инфекции наблюдается общемировая тенденция спада производства промышленности синтетических каучуков, отечественная продукция пользуется устойчивым спросом на экспортных рынках. По итогам прошлого года за рубеж ушло почти 75 % от всего выпуска синтетического каучука в стране, там из них выпускают большое количество шин известных автомобильных брендов. Особое внимание отводится производству каучуков, получаемых эмульсионной полимеризацией, которые обладают комплексом положительных свойств и находят широкое применение в композиционных составах различного назначения [1,2].

В то же время производство данных каучуков не лишено недостатков. Поскольку технология получения синтетических каучуков является многостадийным процессом, то на некоторых стадиях могут возникать проблемы различного плана, например, технологические, экологические и т.д. Одной из таких стадий в производстве эмульсионных каучуков является стадия их выделения из латекса. Данной стадии присуща такая проблема как высокий расход коагулирующих агентов. Эта проблема носит экологический характер и связана, прежде всего, с загрязнением окружающей среды сточными водами производства, которые содержат в себе остатки коагулирующего агента, подкисляющего агента, компонентов эмульсионной системы и т.д. Одним из путей повышения экологичности производства эмульсионных каучуков, в разрезе стадии их выделения из латекса, является снижение расхода коагулирующих агентов, как за счет поиска новых технических решений, так и за счет перспективных коагулянтов [3,4].

В качестве объекта исследования использовали латекс бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК.

Для проведения процесса коагуляции латекса СКС-30 АРК использовали стандартную методику [5], основанную на применении коагулирующего и подкисляющего агентов. В качестве коагулирующего агента использовали водные растворы следующих солей: хлорид натрия (24 % мас.), хлорид калия (10 % мас.), хлорид лития (10 % мас.). В качестве подкисляющего агента – широко используемый в промышленности водный раствор серной кислоты (2,0 % мас.). Установка, в которой проводился процесс коагуляции, представляла собой емкость с устройством, обеспечивающим перемешивание, и для поддержания необходимой температуры помещенную в термостат. Температура процесса при проведении эксперимента составляла: 20, 40, 60 °С. Важными показателями процесса коагуляции, позволяющими оценить полноту его протекания, являются: прозрачность серума и масса получаемой крошки каучука. Крошку каучука, которая образовалась после завершения процесса коагуляции, отделяли от серума и промывали теплой водой. Полученную таким способом крошку каучука предварительно частично обезвоживали, а затем досушивали в сушильном аппарате при температуре 82 ± 2 °С.

Теоретически применяемый в качестве коагулянта хлорид лития, должен проявлять схожесть по своей коагулирующей способности с хлоридом магния,

расход которого составляет 18-25 кг/т каучука. Поскольку исходя из расположения лития в периодической таблице Д.И. Менделеева радиус его ионов равен 68 пм, и он сходен с магнием у которого радиус иона составляет 66 пм, это так называемая диагональная периодичность.

Радиус ионов, пм:

Na⁺ (98) K⁺ (132) Li⁺ (68)
Mg⁺² (66) Al⁺³ (51) H⁻ (54) Sn⁺⁴ (71) Ca⁺² (99)

Однако реальный расход хлорида лития составил 125-150 кг/т каучука.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что увеличение радиуса катиона металла от 68 для Li⁺ до 132 пм - иона K⁺ способствует заметному снижению расхода коагулянта. Так, при 20 °С и расходе хлоридов 80 кг/т каучука коагулирующая способность возрастает от 65 до 90 % при переходе от LiCl к KCl. Это связано с тем, что одним из определяющих факторов процесса коагуляции латекса СКС-30 АРК при использовании в качестве коагулянтов неорганических солей щелочных металлов можно считать сжатие диффузной части двойного электрического слоя на поверхности латексных глобул, что приводит к падению устойчивости системы. Поэтому наилучшее вхождение в двойной электрический слой будет наблюдаться у наименее гидратированного иона калия, который вызовет самое большое сжатие диффузной его части. В тоже время, наибольшая поляризуемость иона в этом ряду у калия, приводит к дополнительному усилению сжатия двойного электрического слоя.

Выявлено, что с увеличением расхода хлоридов во всех случаях повышается масса крошки каучука, выделяемой из латекса. Экспериментальные данные (таблица) свидетельствуют о том, что при повышении температуры коагуляции с 20 до 60 °С эффективность коагулирующего действия электролитов практически не меняется.

Влияние расхода, природы коагулянта и температуры на завершенность выделения крошки каучука

Расход коагулянта, кг/т каучука	Выход крошки каучука, %					
	20 °С			60 °С		
	LiCl	NaCl	KCl	LiCl	NaCl	KCl
10	12,2	12,7	11,4	10,7	9,6	6,7
25	14,4	15,5	18,6	19,1	11,0	8,8
50	33,8	51,2	58,2	32,2	49,9	61,6
75	58,9	74,7	82,3	44,1	77,9	79,7
100	82,6	92,5	92,9	83,1	91,4	92,2
125	86,8	93,9	93,7	95,5	92,9	95,8
150	92,8	94,6	95,7	97,9	95,2	97,7

Таким образом, на основе проведенных исследований выдвинутая на основе теоретических сведений гипотеза о сопоставимости коагулирующей способности хлорида лития с коагулирующей способностью хлорида магния не

подтвердилась. Выявлено, что увеличение радиуса катиона металла от иона лития до иона калия способствует заметному снижению расхода коагулянта. Однако повышение температуры коагуляции с 20 до 60 °С практически не влияет на способность хлоридов щелочных металлов к выделению каучука из латекса.

Список литературы

1. Корнев А.Е. *Технология эластомерных материалов* / А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. – М.: НППА «Истек», 2009. – 504 с.
2. Папков В.Н. *Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства* / В.Н. Папков, Э.М. Ривин, Е.В. Блинов. – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – 315 с.
3. Вережников В.Н. *Применение азотсодержащих соединений для выделения синтетических каучуков из латексов* / В.Н. Вережников, С.С. Никулин // *Химическая промышленность сегодня*. – 2004. – № 11. – С. 26-37.
4. Пугачева И., Никулин С. *Композиционные материалы на основе эмульсионных каучуков*. Deutschland. LAP LAMBERT Academic Publishing: 2017. – 219 с.
5. Пояркова Т.Н. *Практикум по коллоидной химии латексов* / Т.Н. Пояркова, С.С. Никулин, И.Н. Пугачева, Г.В. Кудрина, О.Н. Филимонова. – М.: Изд. дом «Академия Естествознания», 2011. – 124 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ЗИГЗАГООБРАЗНОГО ПНЕВМОКЛАССИФИКАТОРА

А.Н. Гольцов, О.М. Флисюк

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается технология получения органических и органоминеральных гранул. Было обнаружено, что гранулированный продукт должен отвечать определенным требованиям к размеру частиц. Поэтому в разработанной технологической схеме разделительный блок (классификация) играет очень важную роль при извлечении материала. Предметом исследования является процесс классификации крупнодисперсного материала в зигзагообразном гравитационном пневмоклассификаторе. Целью исследования было определение оптимальных параметров режима работы пневмоклассификатора. Для этого была исследована физическая модель процесса диспергированных частиц (гранул) в зигзагообразном аппарате, объясняющая условия разделения полидисперсной смеси на более узкие фракции и образования слоя взвешенного материала. Помимо обеспечения качественного разделения продукта, устройство также должно иметь низкое гидравлическое сопротивление и низкую энергоемкость. Для физического моделирования использовался лабораторный стенд пневматического зигзагообразного аппарата, на котором была проведена серия экспериментов по выбору оптимального режима разделения продукта. Рациональное использование рабочего пространства и эффективные методы воздействия на поток материала позволяют получить необходимые параметры разделения внутри корпуса. Выполняя процесс классификации в зигзагообразном пневмоклассификаторе, вы можете эффективно удалить до 97% частиц размером менее 3 мм из гранулированного продукта. На выходе из аппарата

получаем товарный продукт с размером частиц 3-6 мм в количестве 97%, что соответствует нормативным требованиям к качественному гранулированному составу. Такое эффективное разделение в данном устройстве осуществляется за счет его формы (закругленные полки, расположенные в шахматном порядке), которая способствует вращению потока материала ведет к дополнительному «отбиванию» продукта на каждой полке.

Ключевые слова: процесс пневмоклассификации дисперсных частиц, зигзагообразный аппарат, гидравлический сопротивление, гранулированный состав.

Введение

В работе [1] представлена технология производства удобрений из ячменя на органической основе. Среди стандартных требований для гранулированных удобрений соотношение 1-4 мм составляет не менее 85-90 % и менее 1 мм не более 3-5 %. Распыляя суспензию в псевдооживленном слое частиц, метод гранулирования характеризуется разным временем пребывания для возврата как растущего гранулята, так и небольших остаточных частиц [2]. Это приводит к неравномерному покрытию поверхности частиц суспензией, так что продукт после гранулятора оказывается неравномерным с точки зрения гранулометрического состава. Из-за наличия мелких нагретых частиц размером менее 1 мм использование механических экранов нецелесообразно из-за блокировки сетевых ячеек, что приводит к частой остановке ремонтного оборудования [3]. Поэтому производственная линия, разработанная для производства гранул органических и органических минералов, должна быть оборудована пневматическим классификатором для фильтрации тонких фракций из полидисперсной смеси гранулированного продукта. Поскольку классификатор играет очень важную роль при извлечении зерен сырья, он должен соответствовать требованиям по его эффективности [4].

После анализа известных конструкций сепараторов [5,6] можно сделать вывод, что ни одна из структур в рамках предлагаемой технической системы не дает желаемой чистоты продукта. Помимо обеспечения чистоты продукта, агрегат должен иметь низкое гидравлическое сопротивление и низкое энергопотребление. Это приводит к актуальности исследования. Таким образом, темой исследования является процесс классификации гранулированных органических удобрений в пневматическом классификаторе по зигзагообразной гравитации. Цель исследования – изучить процесс классификации гранулированных органических удобрений в зигзагообразном пневматическом гравитационном классификаторе и определить оптимальные рабочие и технологические параметры устройств.

Методы исследования

Использованы методы физического моделирования процессов пневматической классификации газодисперсных систем. При проведении экспериментальных исследований используются методы многомерного экспериментального планирования. Для обобщения полученных экспериментальных данных использовано несколько методов математического анализа и комплексного расчета, которые выполнялись с помощью компьютерного оборудования и прикладного программного обеспечения, а именно: MathCad, MS Office Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Для исследования использовался лабораторный эталон пневматического классификатора «зигзаг», в котором была проведена серия экспериментов по выбору оптимального режима разделения и чистоты продукта.

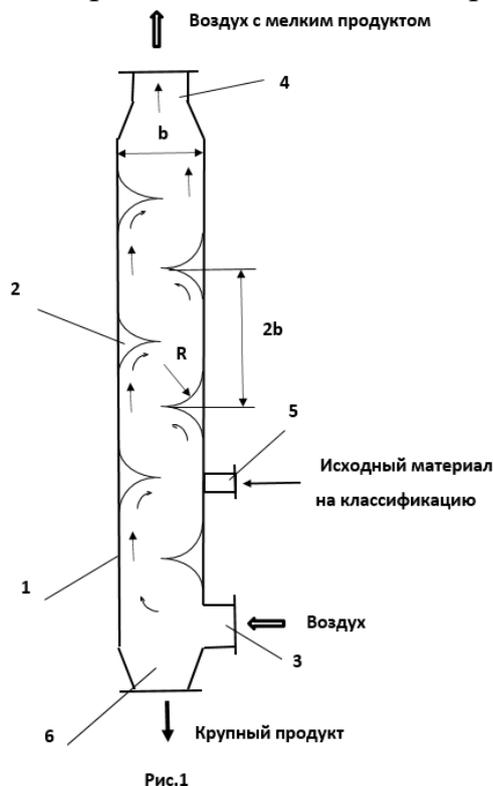


Рис.1. Зигзагообразный пневмоклассификатор

- 1 – корпус; 2- направляющее устройство; 3 –штуцер для ввода воздуха с мелкой фракцией;
4 штуцер для выхода воздуха; 5 – штуцер для ввода исходного дисперсного материала;
6 – штуцер для выхода крупной фракции.

Рациональное использование рабочей зоны и использование эффективных методов воздействия на материальный поток позволяют получить необходимые параметры разделения в аппарате. Работа классификатора осуществляется следующим образом. Исходный материал загружают в рабочее пространство корпуса 1 через патрубок 5. Через патрубок 3 подается воздух, для классификации материала. Внутри устройства формируется восходящее движение двухфазного потока, при этом движение осуществляется по сложной траектории вследствие наличия направляющих устройств 2. Поток, поступающий на направляющее устройство изменяет свою траекторию, двигаясь вдоль криволинейной поверхности дуги желоба R и закручивается. При этом твердая фаза, как более тяжелая, за счет центробежной силы прижимается к поверхности направляющего устройства и образует контур циркуляции материала, в котором на каждую частицу действует, помимо силы тяжести, не только сила гидродинамического воздействия воздушного потока, направленная вверх, но и центробежная сила, поэтому крупные частицы сильнее прижимаются к поверхности направляющего устройства и образуют более устойчивый контур циркуляции, чем мелкие частицы. Учитывая, что таких контуров по высоте

аппарата несколько, крупным частицам сложнее перемещаться от контура к контуру и они легче отделяются от мелкой фракции. Таким образом, достигается более высокая степень разделения частиц на крупную и мелкую фракцию. Крупная фракция выводится из аппарата через нижний патрубок 6, а мелкая фракция вместе с воздушным потоком через патрубок 4 и далее поступает на разделение в циклон или рукавный фильтр (на схеме не показан). Из проведенного опыта следует, что чистота фракции сырья составляет 95-97 %, 3-5 % – отходы. Это означает, что эффективность устройства очень высока, а степень разделения соответствует требованиям, установленным для этого типа устройства. Неразделенная часть материала продолжает вращаться. Кроме того, в комплекте с устройством идут новые гранулы. В аппарате возникают условия, при которых слой материала может вращаться от одной стены к другой.

Образец	Масса, гр	Фракция 0,8-3 мм, гр	Фракция 3-6 мм, гр
Сырье	3547,8	1791,3	1756,5
%	100	48,7	51,3
Выход материала к повторному процессу	1829,9	1767,7	62,2
%	100	96,6	3,4
Выход товарных фракций	1717,9	23,6	1694,3
%	100	3,4	96,6

Вывод

В статье показано, что, выполняя процесс пневматической классификации в зигзагообразном пневматическом классификаторе, частицы размером менее 3 мм могут быть эффективно удалены из гранулированного продукта. В конце устройства у нас есть получаемый продукт с размером частиц 3-6 мм, который соответствует стандартным требованиям для качественного гранулометрического состава. Эффективное разделение в этом устройстве зависит от формы зигзага, которая способствует вращению потока материала и приводит к дополнительному высеву. Циклическая загрузка вещества в устройство также влияет на движение частиц и предотвращает их накопление в агломератах.

Список литературы

1. *Technology of producing granular fertilizers on the organic basis / Ostroha R., Yukhymenko M., Mikhajlovskiy Y., Lit-vinenko A. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 1, Issue 6 (79). – P. 19-26. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60314>*
2. *Ostroha R., Yukhymenko M., Yakushko S., Artyukhov A. Investigation of the kinetic laws affecting the organic suspension granulation in the fluidized bed // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4, Issue 1 (88). – P. 4-10. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107169>*

3. Дзюзер В.Я. Выбор оптимальной границы разделения при колебаниях гранулометрического состава исходного материала / В.Я. Дзюзер, В.Б. Пономарев, С.Ф. Шишкин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова: научно – теоретический журнал. – Белгород, 2010, – № 4. – С. 12-15.

4. Швыдский В.С. Методы численного решения инженерных задач: уч. пособие / В.С. Швыдский, В.Я. Дзюзер; под ред. В.Я. Дзюзера. – Екатеринбург: из-во АБМ, 2010 – 400 с.

5. Кирсанов В.А. Научные основы и принципы совершенствования процессов и аппаратов каскадной пневмоклассификации сыпучих материалов / В.А. Кирсанов: автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д-р а техн. наук. – Тамбов: Южно-Российский гос. техн. университет, 2005. – 34 с.

6. Семенов Е.В. К вопросу о разделении взвеси в вертикальном воздушном потоке / Е.В. Семенов // Теоретические основы химической технологии. Том 43. – № 2, Март-Апрель – 2009. – С. 208-217.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

А.Р. Шахмаева, Э. Казалиева

Дагестанский государственный технический университет,
г. Махачкала

Аннотация. В работе описывается технология применения припоя при посадке кристалла полупроводникового прибора на основание корпуса. Рассмотрен вопрос использования свинцовых припоев для пайки кремниевых кристаллов. Проведены испытания проволоки из полученного припойного сплава ПОС-5 и определено качество посадки кристалла силового транзистора. Показана перспективность использования полученного припоя в производстве полупроводниковых приборов, применяемых в радиоэлектронных устройствах.

Способ монтажа кристаллов оказывает существенное влияние на качество паяного соединения, величину теплового сопротивления кристалл – корпус и на параметры приборов силовой электроники, что определяет их быстродействие и надежность эксплуатации в экстремальных условиях.

Надежность мощных транзисторов определяется их теплоэлектрическим состоянием, которое формируется на стадии присоединения кристалла к корпусу. При образовании скрытых дефектов (пустот, микротрещин, сколов) под кристаллом образуются участки с аномально высоким тепловым сопротивлением. Если площадь дефектов невелика по сравнению с площадью кристалла и не затрагивает активной структуры транзистора, то основная часть изделий имеет низкий уровень теплового сопротивления. Однако в процессе длительной эксплуатации в условиях экстремальных термоциклических воздействий такие изделия могут оказаться потенциально ненадежными из-за развития микротрещин до активной структуры. Уровень остаточных термических напряжений во многом зависит от качества присоединения кристаллов на припой.

В электронной промышленности наибольшее распространение получили следующие способы монтажа кристаллов: пайка припоями, пайка эвтектическими сплавами [1].

Способ монтажа кристалла должен обеспечивать: максимальный отвод тепла, высокую механическую прочность соединения, малое сопротивление контакта.

В производстве силовых полупроводниковых приборов широко используется карбид кремния (SiC) в качестве материала кристалла. Высокая температура эксплуатации SiC-приборов требует обеспечения надежного электрического контакта. Известно, что при температуре свыше 500 °С надежность контактов существенно снижается из-за взаимной диффузии между слоями окисления контактов, а также микроструктурных изменений на границе раздела металл – полупроводник. Все эти факторы способствуют выходу прибора из строя. При этом необходимо обеспечивать технологичность операций посадки кристаллов в корпус приборов и формирования соединений между контактными площадками кристалла и травверсами корпуса.

Из всех перечисленных способов пайка считается единственным способом, обеспечивающим электрические и тепловые характеристики силовых полупроводниковых приборов, так как припой обладает лучшей теплопроводностью и электропроводностью. Качество пайки кристалла во многом зависит от месторасположения припоя перед пайкой.

Известный способ пайки кристаллов SiC [2], при котором с целью повышения теплоотвода на паяемые поверхности кристалла и корпуса наносят порошок алмаза с размером зерен 25-30 мкм. Между кристаллом и корпусом размещают фольгу припоя, содержащего адгезионно-активные металлы (хром, цирконий, молибден, тантал, ванадий и др.) по отношению к алмазу. Толщину фольги припоя выбирают из условия полного заполнения зазоров между алмазными зернами. При кристаллизации припоя алмазные зерна располагаются внутри паяного шва, тем самым улучшая теплоотвод от кристалла к корпусу (коэффициент теплопроводности алмаза около 2000 Вт/м·К).

Нами разработана технология монтажа кристаллов с использованием припоя ПОС-5 (припой оловянно-свинцовый), содержащий олово и свинец в определенном соотношении. Свинец обладает высокой пластичностью в интервале температур (-200 – +250 °С), малой химической активностью к полупроводникам и металлам, химической стойкостью к окислительным средам, относительно высокой температурой плавления (327 °С). Пайка припоями на основе свинца используется путем приложения вибрации и давления к паяемым изделиям, как это принято при использовании в качестве припоя золота. Такой процесс легко поддается автоматизации и время пайки сокращается до 0,1-1 сек, в то время как печная пайка требует времени контакта с жидким припоем от 1-3 мин до 10-20 мин.

Для проведения исследования использовалась импортная линия по производству мощных транзисторов, в состав которой входит автомат фирмы ЭСЭК по пайке кремниевых кристаллов сплавом на основе свинца с добавкой 5 % олова. Припой использовался в виде проволоки диаметром 0,8 мм. Целью

настоящей работы является освоение проволоки из сплава ПОС-5 для применения её в технологии монтажа кристаллов полупроводниковых приборов. При испытании опытно-промышленной партии были применены те же методика испытаний и оборудование. Смачиваемость поверхности контактной площадки припоем ПОС-5 хорошая, качество посадки удовлетворительное и сопоставимо с качеством посадки импортным припоем. При проведении испытаний механизм подачи проволоки автомата работал устойчиво, проволока не загрязняет деталей механизма подачи, налипания проволоки не наблюдалось.

Были проведены контрольные испытания надежности опытно-промышленной партии. Испытуемые образцы показали удовлетворительный уровень отказоустойчивости, сдвиг порогового напряжения не превысил 0,4 В.

Список литературы

1. Ланин В. Сравнительная характеристика способа монтажа кристаллов MOSFET силовых транзисторов / В. Ланин, Л. Ануфриев // Силовая электроника. – 2008. – № 18. – С. 90-95.

2. Землянский А.И. Новые технологии монтажа кристаллов и внутренних выводов в силовых полупроводниковых приборах на основе карбида кремния / А.И. Землянский, В.В. Зенин, А.В. Кочергин // В сборнике: Материалы конференций ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ». Июль 2017. Сборник избранных статей. – 2017. – С. 41-45.

О СООТНОШЕНИИ ПАРАМЕТРОВ БРЕВНОПИЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ С ОБЪЕМОМ МАТЕРИАЛА СРЕЗАЕМОГО ОДНИМ ЗУБОМ

А.И. Максименков, О.П. Багно

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж

Аннотация. Пиление древесины на ленточнопильных станках, в подавляющем большинстве случаев, характеризуется торцовым резанием. Из 3-х форм стружкообразования при резании в торец, для ленточных пил наиболее характерно образование элемента стружки путем ее скалывания с расслоением древесины по дну пропила. На качество поверхности, с точки зрения ее шероховатости, помимо процесса образования элемента стружки, влияет ее расположение в межзубовом пространстве, наличие и степень прессования и транспортировки элемента стружки.

Узкие ленточные пилы начали применять для распиловки бревен после длительного традиционного использования рамных и широких ленточных пил. До настоящего времени не достаточно исследовано влияние на условия работы ленточной пилы уменьшение ее параметров, в то время как рациональное соотношение параметров тела ленточной пилы к параметрам пиления обеспечивает необходимую жесткость пилы и ее устойчивость в пропиле, а значит качество пиления и долговечность инструмента.

Пиление древесины на ленточнопильных станках, в подавляющем большинстве случаев, характеризуется торцовым резанием. Стандартами на ленточные пилы предусмотрено изменение угла резания в пределах $65-75^\circ$. Средняя, наиболее распространенная величина угла резания, равна 65° . За счет угла наклона траектории перемещения зуба пилы в древесине по отношению к вектору скорости резания, в какой-то мере изменяется угол резания. Добавочный угол резания, определяется из соотношения скоростей резания и подачи: $\lambda = \text{arctg } U / v$.

Для определения влияния параметров ленточной пилы на условие ее работы необходимо проанализировать их величины по отношению к величинам параметров, определяющих объем материала срезаемого одним зубом.

Этот объем определяют по площади поперечного сечения срезаемого слоя f (рис. 1).

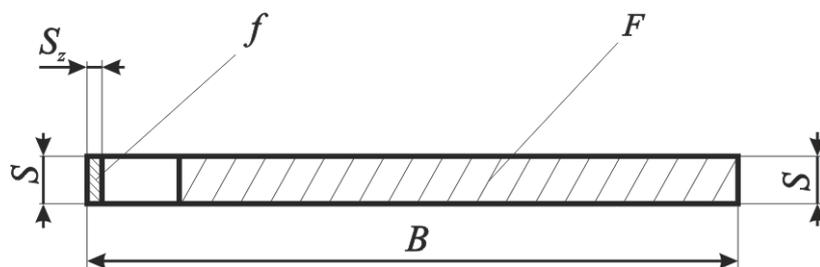


Рис. 1. Площади поперечных сечений пилы и срезаемого слоя

Устойчивость зуба пилы в пропиле зависит от того, как соотносятся с площадью поперечного сечения слой древесины, срезаемый лезвием одного зуба f , площадь поперечного сечения пилы F (рис. 1) и ее объем V , приходящийся на один зуб (рис. 2).

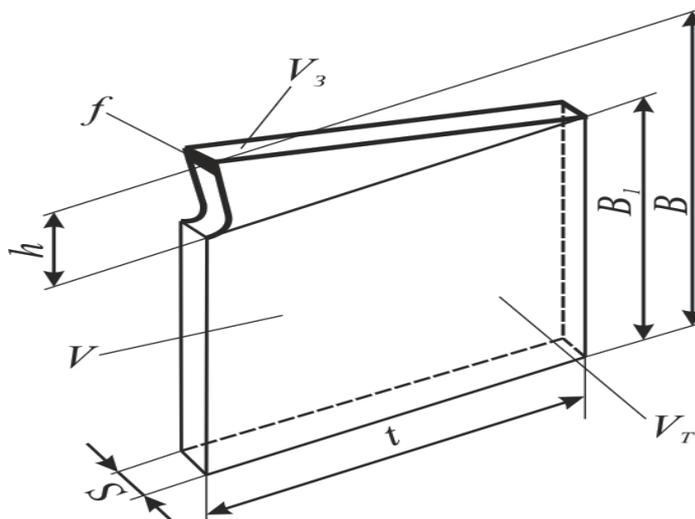


Рис. 2. Параметры участка тела пилы с зубом

Поперечное сечение слоя древесины, которое срезается лезвием одного зуба, является самым маленьким в узких ленточных пилах. Однако на единицу поперечного сечения такого слоя приходятся наименьшие величины параметров тела в узких ленточных пилах. Площади поперечных сечений всех типов пил, приходящиеся на единицу f , гораздо больше, чем у узких ленточных пил, для

широких бревнопильных ленточных пил – в 1,32 раза; для рамных – в 1,5 раза; для ленточных делительных – в 2,12 раза [1].

Если сравнивать ленточные пилы для распиловки бревен, то у широких пил суммарный объем тела и зуба, приходящийся на единицу, в 3,01 раза больше, чем у узких.

Таким образом, можно сделать вывод, что в узких бревнопильных ленточных пилах крайне затруднено обеспечение их стойкости в пропилах в случае несимметричного действия боковых сил. Такое уменьшение соотношения параметров пилы к объему, который срезается лезвием одного зуба, существенно увеличивает требования по эксплуатации узкой бревнопильной ленточной пилы, в частности относительно обеспечения рационального размещения лезвий зубьев относительно волокон древесины в пропилах, рациональной геометрии лезвий зубьев и симметрии зубчатого венца пилы в поперечном сечении во время её подготовки к работе.

Список литературы

1. Лобанова И.С. Расчет оптимального радиуса изгиба полосовой ленточной пилы при оценке начального напряженного состояния / И.С. Лобанова, Г.Ф. Прокофьев // Лесной журнал. – 2004. – №2. – С.74 – 79.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА ДЛЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ

Е.В. Филиппова, И.Б. Красина, А.Н. Куракина, А.В. Лысенко, С.С. Крицкая
Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар

Аннотация. Важным направлением пищевой промышленности является разработка технологий производства и рецептур продуктов специализированного назначения, в том числе и для больных целиакией. Так как пшеничная мука является важным структурообразующим компонентом теста, возникает целесообразность исследования реологических характеристик теста при полной замене ее на безглютеновые виды сырья. В работе изучено влияние различных соотношений гречневой и рисовой муки на реологические свойства теста для сдобного печенья.

Важными проблемами, стоящими перед кондитерской промышленностью на современном этапе, являются экономия дорогостоящих и дефицитных видов сырья, расширение и совершенствование ассортимента. Необходимо предложить потребителю качественно новые изделия с высокими потребительскими характеристиками и невысокой стоимостью специальной направленности [1].

В настоящее время актуальной является разработка продуктов специализированного назначения, в том числе для питания людей, страдающих целиакией. Целиакия (глютеновая энтеропатия) – мультифакториальное заболевание, вызванное повреждением ворсинок тонкой кишки пищевыми продуктами, содержащими глютен [2].

Под термином «глютен» подразумевается белковая фракция таких злаков, как пшеница, рожь, ячмень, овес или их гибридов, и производные этой белковой фракции, нерастворимые в воде и 0,5 Н растворе хлорида натрия. Единственным методом лечения заболевания и профилактики осложнений при целиакии является пожизненная безглютеновая диета [3].

В качестве полноценной замены глютенсодержащих продуктов можно использовать нетоксичные при целиакии злаковые: рис, гречиху, кукурузу, пшено, сою, амарант и др.

Пшеничная мука сегодня является основополагающим сырьем, которое используется для производства различных продуктов питания. Она обладает универсальными свойствами, именно поэтому ее можно использовать в кондитерских изделиях без каких-либо ограничений. В последние годы увеличился интерес российских и зарубежных ученых к гречневой и рисовой муке. Были тщательно исследованы химический состав и другие характеристики [6]. По результатам этих исследований были сделаны выводы о высокой биологической ценности гречневой и рисовой муки и о возможности ее использования в функциональном питании [4]. Гречневая мука в промышленности, как правило, не используется в чистом виде, а применяется в виде смесей муки. Эти смеси могут содержать пшеничную, льняную, кукурузную, рисовую, овсяную, нуттовую, соевую муку и различные разрыхлители [5].

Вышесказанное свидетельствует о необходимости обеспечения больных целиакией качественными и недорогими специализированными продуктами российского производства, следовательно, разработка рецептур и технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий отечественного производства является актуальной задачей.

Цель исследования заключалась в оценке влияния смеси гречневой и рисовой муки на реологические характеристики теста для выявления целесообразности ее использования в производстве печенья специального назначения.

Исследования проводились с использованием общепринятых и специальных методов оценки качества сырья и полуфабрикатов.

На первом этапе исследования была проведена работа по оценке качества используемого сырья. По результатам анализа выявлено, что по органолептическим и физико-химическим показателям гречневая и рисовая мука соответствует ГОСТ [11].

На следующем этапе работы исследовались следующие параметры приготовленных образцов теста:

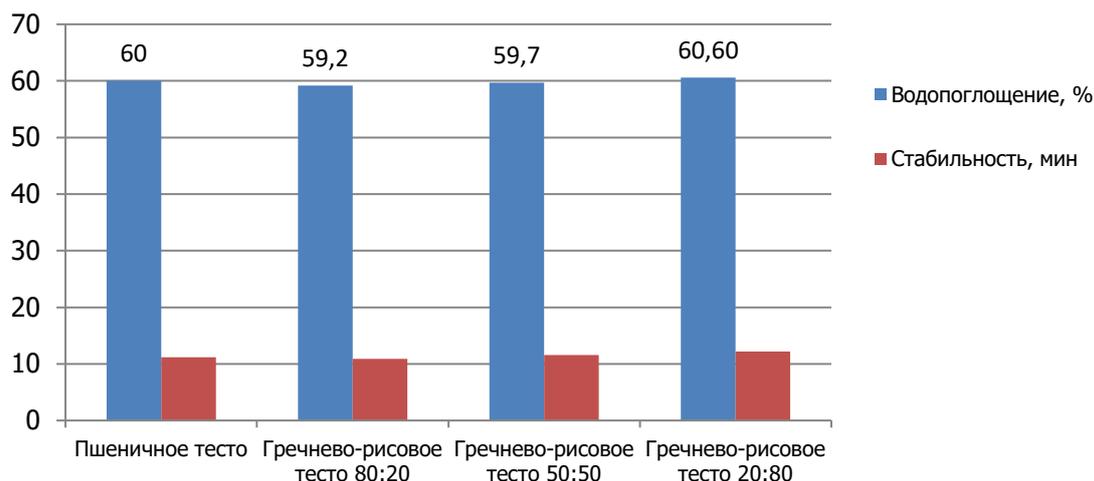
– водопоглощение – процентное содержание воды, необходимое тесту для получения крутящего момента в 1,1 Нм, %;

– стабильность – время до потери вязкости полученной консистенции, мин.

Поглощение воды мукой зависит от химического состава частиц муки, а также от их гидрофильных свойств. На величину гидратации компонентов муки влияют: количество механически поврежденных крахмальных зерен; водорастворимые вещества муки; органически набухающие пентоназы.

Исследуемые параметры теста определялись во время замеса теста при температуре 30 °С.

Во время замеса происходит гидратация соединений, которая вызывает растяжение и выравнивание белков, что в итоге приводит к образованию трехмерной структуры вязкоупругого теста. Пшеничное тесто характеризуется высокой стабильностью и высокой устойчивостью к механическому воздействию. Эти свойства пшеничного теста связаны с уникальной структурой белка пшеничной муки (совокупности глиадина и глютенина). Основные параметры, полученные из эксперимента, отражены на рисунке.



Водопоглощение и стабильность теста при различных соотношениях рисовой и гречневой муки

Как видно из диаграммы смесь гречневой и рисовой муки в соотношении 50:50 имеет самые близкие значения поглощения воды по отношению к пшеничной муке. Кроме того, тесто из такого соотношения муки напоминает пшеничное тесто по устойчивости к механическому воздействию.

Предложенное соотношение смеси гречневой и рисовой муки в рецептуре приготовления печенья, обеспечивает формирование вязкого пластичного теста из безглютенового сырья. Данная рецептура сдобного печенья позволяет получать изделия для специализированного питания, обогащенные ценными функциональными компонентами.

Список литературы

1. Филиппова Е.В. Разработка технологии функциональных вафельных изделий с использованием порошка топинамбура и палатинозы: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2013. – 140 с.
2. Филиппова Е.В. Научно-практические основы производства специализированных мучных кондитерских изделий / Е.В. Филиппова, И.Б. Красина, А.Н. Куракина, Е.В. Красина. – Краснодар: Кубгту, 2018. – 128 с.
3. Филиппова Е.В. Порошок топинамбура - функциональный ингредиент для создания новых продуктов питания // Хранение и переработка сельхозсырья / Е.В. Филиппова, Н.А. Тарасенко, А.Н. Куракина. – 2014. – № 10. – С. 52-54.

4. Маюрникова Л.А. Целиакия. Проблемы и решения / Л.А. Маюрникова, Н.Н. Аширова // Пищевая промышленность. – 2011. – № 6. – С. 60-63.

5. Гардинер Д. Депрессия и целиакия / Д. Гардинер // Жизнь без глютена. – 2006. – № 4. – С. 26.

ИНУЛИН В РЕЦЕПТУРНОМ СОСТАВЕ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО МАРМЕЛАДА

А.В. Лысенко, С.С. Крицкая, А.Н. Куракина, И.Б. Красина,
Е.В. Филиппова, Н.И. Шпынев
Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по совершенствованию технологии и оценка качества мармелада, обогащенного инулином. Инулин характеризуется множеством полезных свойств. Исследования показывают, что инулин полезен для людей в преддиабетном состоянии. Он способствует снижению веса и улучшает липидные уровни в крови. Помимо источника клетчатки, инулин повышает всасываемость кальция и магния.

В работе были представлены органолептические свойства мармеладной массы с внесением инулина в различных дозировках. Доказано его положительное влияние на органолептические и физико-химические свойства готового мармелада.

В настоящее время все более актуальными становятся вопросы качества питания населения. Как и во всем мире, в России активно повышается спрос на продукты функционального назначения.

Под функциональными продуктами питания понимают продукты питания, содержащие пищевые ингредиенты, которые приносят пользу здоровью человека: повышают сопротивляемость к заболеваниям, улучшают течение многих физиологических процессов в организме, позволяют ему долгое время сохранять активность [1]. Важное место среди данных продуктов занимают пребиотики.

Пребиотики – это вещества, которые не перевариваются в верхних отделах желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и в толстом кишечнике, избирательно стимулируют рост и/или метаболическую активность полезной микрофлоры [2].

Отсутствие пищевых волокон в диете может приводить к ряду патологических состояний. Наиболее очевидна связь дефицита пищевых волокон с развитием запоров.

С дефицитом пищевых волокон в пище связывают развитие ряда заболеваний, таких как рак толстой кишки, синдром раздраженного кишечника, желчнокаменная болезнь, сахарный диабет, ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, варикозное расширение и тромбоз вен нижних конечностей. Однако в большинстве случаев эта связь не доказана [3].

Одним из наиболее широко распространенных в природе пребиотиков является инулин.

Инулин – это уникальный природный полисахарид, состоящий на 95 % из фруктозы. Инулин содержится более, чем в 36000 видов растений, многие из которых с незапамятных времен являются частью повседневного рациона человека. Основными источниками инулина являются корень цикория и топинамбур. Содержание инулина в них различается незначительно и составляет в среднем 14-18 %.

Инулин обладает уникальными физиологическими свойствами: улучшает работу пищеварительной системы человека, способствует росту полезной микрофлоры кишечника, а также повышению иммунитета, улучшает усвоение кальция, магния, снижает уровень холестерина [4].

Калорийность инулина всего 1-1,5 ккал/г, благодаря чему он используется в качестве заменителя высококалорийных продуктов.

Таким образом, пищевую добавку в виде инулина можно рекомендовать для использования в пищевой промышленности с целью производства новых видов функциональных кондитерских изделий.

С целью снижения сахароемкости и увеличения пищевой ценности жележного мармелада нами была исследована возможность полной замены сахара на инулин.

В работе были изучены органолептические свойства мармеладной массы с внесением инулина в дозировках 20 %, 30 %, 50 %.

Органолептическая оценка мармелада по ГОСТ 6442 показала, что основные показатели качества мармелада изменяются по сравнению с контрольным образцом незначительно. Результаты органолептической оценки приведены в таблице.

Органолептические показатели мармелада с использованием инулина

Показатели	Дозировка инулина, %			
	0	20	30	50
Цвет	Прозрачный, светлый	Прозрачный		
Вкус	свойственный жележному мармеладу	Сладко-кислый, приятный		
Запах	отсутствует	отсутствует		
Консистенция	студнеобразная, незатяжестая			
Вид в изломе	прозрачный слой, стекловидный излом			
Форма и внешний вид	правильная с четким рисунком			

Из таблицы следует, что цвет мармелада остается прозрачным. Вкус приобретает немного сладко-кислый привкус. Запах не изменяется.

Список литературы

1. Надежкина М.С. Инулин: свойства, применение. Мировой рынок инулина / М.С. Надежкина, О.А. Сагина. – *Modern Science*, 2020. – № 1-2. – С. 76-80.
2. Филиппова Е.В. Разработка жировой начинки для мучных кондитерских изделий с использованием пребиотиков / Е.В. Филиппова, Н.А. Тарасенко,

А.Н. Куракина. – *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1-2. – С. 82.

3. Куракина А.Н. Разработка технологии функциональных жевательных конфет / А.Н. Куракина, И.Б. Красина. – В книге: *Медицинская наука и здравоохранение: материалы XII научно-практической конференции молодых ученых и студентов юга России*. под редакцией В.П. Крылова. – 2014. – С. 68-70.

4. Куракина А.Н. Формирование рецептуры функциональных жевательных конфет / А.Н. Куракина, Е.В. Филиппова, И.Б. Красина. – В сборнике: *Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Материалы VI Международной научно-технической конференции*. Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 2017. – С. 460-465.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ КРАХМАЛА ИНУЛИНОМ В РЕЦЕПТУРЕ ЖЕВАТЕЛЬНОГО МАРМЕЛАДА

И.Б. Красина, Д.Б. Галтелов, А.Н. Куракина, А.В. Лысенко
Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар

Аннотация. В этой статье рассматривается возможность замены модифицированного кислотой кукурузного крахмала на инулин цикория в качестве гелеобразующих соагентов в жевательном мармеладе, приготовленном с желатином. Установлено, что замена крахмала инулином обеспечивала немного более мягкую, упругую и липкую консистенцию, усиление кисло-сладкого вкуса и почти не влияло на окраску мармелада. Инулин не разлагался до свободных сахаров в мармеладе после обработки. Таким образом, инулин цикория может использоваться в качестве соагента для гелеобразования при получении жевательного мармелада, обогащенного пищевыми волокнами с потенциальной пребиотической активностью.

Использование гелей на основе желатина и модифицированного крахмала широко распространено в промышленности и обеспечивает продукты, характеризующиеся твердой структурой, в то же время мягкие и жевательные [1].

Крахмал является не дорогим ингредиентом с хорошими желирующими свойствами, но также является источником усваиваемых сахаров, и по этой причине нами рассмотрена возможность использования некрахмалистых гелеобразующих полисахаридов для удовлетворения спроса на менее калорийные конфеты, содержащие пищевые волокна [2].

Инулин – это не перевариваемый полисахарид, принадлежащий к группе фруктана, который обладает способностью образовывать гель и может использоваться в качестве гелеобразующего агента в пищевых продуктах. Гелеобразная структура с белым кремообразным внешним видом и растекающейся текстурой образуется при тщательном смешивании инулина с водой.

При проведении исследования нами было определено влияние замены модифицированного крахмала на инулин на текстуру, цвет и вкус жевательного

мармелада. Модифицированный крахмал был полностью заменен инулином цикория в рецептуре жевательного мармелада, и гидролиз инулина до свободных сахаров был оценен в конечном продукте.

Физико-химические показатели жевательного мармелада приведены в таблице.

Физико-химические показатели контрольного и опытного образцов массы для жевательного мармелада

Показатели	Контроль		Опыт	
	среднее	стандартная ошибка среднего	среднее	стандартная ошибка среднего
Влажность, %	17,7	1,6	18,0	2,3
Растворимые твердые вещества, Вх	80,1	0,06	80,7	0,12
<i>pH</i>	3,46	0,01	3,22	0,01

Как видно из данных, приведенных в таблице окончательные значения общего содержания растворимых твердых веществ в мармеладной массе для жевательного мармелада, уваренной до 78,0 % сухих веществ, были выше 80 Вх. Общее количество растворимых твердых веществ в мармеладной массе с инулином было немного выше, чем в контрольном образце, в то время как содержание влаги было одинаковым в желе, полученном с использованием инулина и крахмала. Это может быть объяснено различными свойствами желатинизированного крахмала и инулина. Сравнивая изотермы сорбции влаги можно увидеть, что желатинизированный модифицированный крахмал имеет более низкую водную активность, чем предварительно солибилизованный инулин, что указывает на различия в их способности связывать воду, что может объяснить, почему опытный образец с инулином имеет более высокие значения содержания растворимых твердых веществ, чем контрольный образец.

Как контрольный, так и опытный образцы жевательного мармелада имели кислый pH из-за наличия в рецептуре лимонной кислоты, pH был немного ниже в опытном образце по сравнению с контрольным. Тот факт, что значения pH дисперсий крахмала и инулина были одинаковыми (pH=6), позволяет предположить, что есть некоторые различия в количестве и/или типе деструкционных соединений, образующихся из инулина и крахмала. Часть добавленных кислот могла вступить в реакцию с глюкозными цепями, высвобождаемыми из желатинизированного крахмала, в то время как инулин был менее подвержен термической деградации. Несмотря на кислотостойкость, инулин может гидролизироваться до олигосахаридов и сахаров при pH около 3,5. По этой причине снижение pH с 5 до 3 уменьшило DP гелеобразного инулина (приготовленного при 200 г/кг, 80 °C в течение 30 мин, а затем выдержанного при 5 °C в течение 21 ч) от 165 г /кг (2787 г/ моль) до 45 г/кг (731 г/моль), с

получением мягкого кремообразного геля. В любом случае, гидролиз инулина будет более интенсивным в водных средах с более высокой активностью воды, чем в средах с высокой концентрацией сахаров, таких как мармеладная масса. С другой стороны, прочность геля увеличивается при значениях рН ниже, чем изоэлектрическая точка желатина (рН от 6,0 до 9,5), что делает желатин более подходящим студнеобразователем для кислых мармеладных масс.

Таким образом можно сделать вывод, что различия в физико-химических свойствах, наблюдаемые между контрольным и опытным образцами, могут рассматриваться как незначительные или несущественные, и любое возможное различие в текстуре, вкусе или цвете, наблюдаемое между этими образцами жевательного мармелада, вероятно, может быть связано с различными свойствами, обеспечиваемыми инулином и модифицированным крахмалом.

Список литературы

1. Красина И.Б. Оптимизация соотношений компонентов базовой рецептуры жевательного мармелада / И.Б. Красина, Д.Б. Галтелов, А.Н. Куракина, Е.В. Красина // Известия высших учебных заведений. – Пищевая технология. – 2020. – № 4. – С. 77-80.

2. Куракина А.Н. Влияние изомальта и желатина на формирование структуры жевательных конфет / А.Н. Куракина, И.Б. Красина, Д.Б. Галтелов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 1 (349). – С. 58-61.

РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАТОНЧИКОВ

Е.В. Красина, С.А. Калманович, И.Б. Красина, С.С. Крицкая
Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар

Аннотация. Представлены результаты разработки и оценки физико-химических, сенсорных параметров, а также оценки срока годности многокомпонентных батончиков на основе псевдозлаковых культур и мякоти кокоса или вяленой клюквы. Зерновые энергетические батончики имели активность воды ниже 0,6, что свидетельствует об их микробиологической стабильности. Согласно результатам, наблюдалось значительное увеличение активности воды при хранении. Для оценки срока годности использовалась только активность воды, который был определен как 6 месяцев как для батончиков со вкусом кокоса, так и с вяленой клюквой. Таким образом, батончики могут быть рекомендованы для спортсменов, а также людей с глютеновой болезнью, поскольку они не содержат глютен.

В последние десятилетия растет интерес к продуктам, которые, помимо основного питания, приносят пользу для здоровья. Зерновые батончики были выпущены на рынок как альтернатива для людей, предпочитающих здоровое питание. Эти батончики изначально предназначались для спортсменов, а со временем аудитория потребителей растет и привлекает производителей [1]. Зерновые батончики популярны в качестве портативных продуктов, и их можно

употреблять между приемами пищи или вместе с обедом или ужином. Это питательная пища, состоящая из нескольких ингредиентов, включая злаки, фрукты, орехи и углеводы. Некоторые коммерчески доступные зерновые батончики бывают хрустящими, пикантными, с фруктовым и шоколадным вкусом, с начинкой, функциональными, легкими и диетическими.

Многокомпонентные продукты – это продукты, которые по своему составу очень сложны и должны быть правильно объединены, чтобы гарантировать, что ингредиенты дополняют друг друга в отношении вкуса, текстуры и физических свойств, особенно в отношении равновесия активности воды, что в свою очередь влияет на их сохраняемость. Зерновые батончики являются примером таких многокомпонентных продуктов.

В настоящее время в разных странах растет интерес к внедрению киноа. Киноа – это псевдозлак с высоким содержанием белка, липидов, клетчатки, витаминов и минералов, который можно использовать в качестве замены зерновых продуктов в батончиках для спортсменов. Эта культура имеет хороший баланс незаменимых жирных кислот и аминокислот. Киноа также содержит многочисленные фитохимические вещества: фитостеролы, фенольные соединения и биологически активные пептиды.

Амарант классифицируется как злак, выращенный из-за его съедобных крахмалистых семян, но он не из того же семейства, что злаки, такие как пшеница и рис, поэтому он также, как и киноа относится к псевдозлаковым культурам. Сырое зерно амаранта несъедобно для человека и не может быть переварено, потому что оно блокирует усвоение питательных веществ. Таким образом, он должен быть подготовлен соответствующим образом к использованию в пищевых продуктах. Амарант является хорошим источником ряда витаминов и минералов, необходимых для хорошего здоровья, включая витамины группы В, кальций, железо и цинк.

Использование связующих веществ при производстве энергетических батончиков не производных сахар, например, таких как камедь акации (гуммиарабик) и изомальт становятся альтернативой сахару при производстве батончиков для спортивного питания.

Применение гуммиарабика в пищевой промышленности имеет технологические, пищевые и функциональные свойства. Использование гуммиарабика для зерновых батончиков исключает использование лецитина в их составе благодаря его природным эмульгирующим свойствам.

Растворы изомальта обладают практически такими же свойствами, как и растворы сахара [2], однако они не увеличивают гликемический индекс готового продукта.

В качестве добавок при разработке рецептуры зерновых энергетических батончиков использовали измельченную мякоть кокоса и вяленую клюкву.

Для изучения влияния варьируемых ингредиентов на физико-химические свойства готовых энергетических батончиков для спортсменов использовали методологию поверхностного отклика [3].

Результаты физико-химической характеристики многокомпонентных батончиков со вкусом клюквы и кокоса представлены в таблице.

Физико-химические характеристики многокомпонентных батончиков со вкусом клюквы и кокоса на влажной основе

Показатели	Образец	
	кокос	клюква
Влажность, %	11,23	11,38
Активность воды	0,43	0,58
Зола, %	0,92	0,99
Липиды, %	19,22	17,02
Белки, %	3,02	3,03
Волокна, %	1,06	1,69
Углеводы, %	65,61	67,59
Энергетическая ценность (ккал / 100 г)	447,50	435,66

Средние наблюдаемые значения влажности составляли 11,2 % для батончика со вкусом кокоса и 11,4 % для батончика со вкусом клюквы, без статистической разницы между ними. Первоначальный контроль влажности и миграции влаги важен для гарантии качества и безопасности пищевых продуктов. Активность воды (a_w) является эталонным параметром для производства и хранения пищевых продуктов. Многие пищевые продукты в целом готовятся таким образом, чтобы поддерживать промежуточные значения a_w , от 0,4 до 0,6, и контроль этого параметра важен для предотвращения роста микроорганизмов. Значения активности воды в многокомпонентных батончиках со вкусом кокоса и клюквы составляли 0,43 и 0,58 соответственно. Эти значения ниже 0,6, что указывает на низкий риск размножения микробов или патогенной порчи и длительный срок хранения.

Общее содержание липидов значительно отличалось между образцами и было более высоким в батончиках со вкусом кокоса. Это может быть связано с использованием мякоти кокоса в качестве ингредиента, которая содержит около 4 % липидов (влажная основа), тогда как клюква имеет среднее содержание липидов менее 1 % (влажная основа).

Многокомпонентные батончики обоих вкусов имели одинаковое содержание белка без статистической разницы ($p > 0,05$), что связано с использованием ореха в одинаковых пропорциях для обеих рецептур.

Зерновые батончики со вкусом кокоса и клюквы имели разную энергетическую ценность, причем первые были выше, чем вторые. Это можно объяснить более высоким содержанием липидов в мякоти кокоса по сравнению с клюквой. В результате многокомпонентные батончики, разработанные в настоящем исследовании, можно классифицировать как энергетические, учитывая высокое содержание липидов и углеводов. Таким образом, их можно рекомендовать физически активным людям и спортсменам, чтобы удовлетворить их потребности в калориях после тренировки.

Срок годности был определен как функция активности воды, поскольку этот параметр первым достиг критического порога качества во время хранения, что значительно повлияло на сенсорное восприятие дегустаторами текстуры.

Результаты сенсорной оценки (внешний вид, цвет, аромат и текстура) и общему восприятию в процессе хранения имели гедонистические частоты между уровнем 5 и 8 («ни нравится, ни не нравится» и «очень нравится»). За исключением внешнего вида и вкусовых характеристик батончика со вкусом кокоса, средняя приемлемость всех характеристик, оцененных для батончиков с обоими вкусами, значительно снизилась за 6 месяцев хранения, однако уровни не достигли порога отклонения (<5).

Также было отмечено, что текстура была одним из наиболее важных параметров с точки зрения дегустаторов, поскольку это был атрибут, который первым достиг самых низких приемлемых значений для обоих батончиков. Потеря текстуры в этом случае может быть связана с увеличением активности воды. Несмотря на то, что значения напряжения сдвига значительно различались, это изменение имело случайный характер и не показывало четкой тенденции. Такие колебания можно отнести к неоднородности многокомпонентных батончиков, поскольку сила сдвига не всегда прикладывается к одной и той же области анализируемого образца. Зерновые батончики имеют неоднородную структуру из-за формы и размеров всех ингредиентов, а также из-за различий в толщине по длине.

Список литературы

1. Красина Е.В. Энергетические батончики для людей, занимающихся спортом / Е.В. Красина, И.Б. Красина, А.Н. Куракина // В сборнике: Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2020. С. 36-39.

2. Красина И.Б. Функционально-технологические свойства растворов изомальта / И.Б. Красина, Н.Ф. Тесленко, А.Н. Есина, Н.А. Тарасенко, А.В. Головнева // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2013. – № 2-3. – С. 79-81.

3. Красина И.Б. Статистические методы обработки экспериментальных данных / И.Б. Красина, Л.М. Данович. – Краснодар: КубГТУ, 2017. – 236 с.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧЕНЬЯ ИЗ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ МУКИ

Н.К. Стрелкова, И.Б. Красина, Е.В. Филиппова, С.С. Крицкая
Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар

Аннотация. В этом исследовании функциональные, реологические и физико-химические характеристики были выполнены для комбинированной безглютеновой муки, теста и печенья, соответственно обогащенных инулином. Добавление инулина в тесто для печенья улучшило его функциональные свойства, а также привело к значительному увеличению реологических модулей и коэффициента демпфирования. Сделан вывод, что инулин может широко применяться при разработке различных функциональных пищевых продуктов на основе безглютеновой муки для пациентов с целиакией.

Значение безглютеновых продуктов в пищевой промышленности ежегодно возрастает с учетом увеличения числа пациентов с глютеновой болезнью (целиакией) и диагностированных случаев аллергии на пшеницу и чувствительности к глютену. Целиакия – воспалительное заболевание верхнего отдела тонкой кишки, вызванное употреблением глютена, белка, содержащегося в пшенице (глиадин), ржи (секалин) и ячмене (гордеин). Это распространено во всем мире и болеет примерно 1 из 100 – 1 из 300 населения. В настоящее время люди начинают осознавать зависимость здоровья от продуктов и питания. Они ищут удобные продукты с хорошим вкусом, дешевой ценой и питательными веществами. Печенье – одно из самых популярных кондитерских изделий в рационе человека, удобные, вкусные, готовые к употреблению, с высокими питательными качествами и недорогие.

Технология производства безглютеновых кондитерских изделий основана в основном на использовании крахмалов различного растительного происхождения, а также кукурузной, рисовой, соевой и гречневой муки [1]. Однако введение пищевых или диетических добавок затруднено из-за хрупкой структуры таких изделий, которая может быть легко перегружена применяемыми добавками.

Из-за ухудшения характеристик безглютеновой муки в процессе выпечки [2] крайне необходимо использование гидроколлоидов, таких как ксантановая камедь, для улучшения ее функциональных, пастообразных и реологических свойств.

Три смеси были приготовлены следующим образом: кукурузная мука была смешана в определенном соотношении с гречневой мукой, а затем эта смесь была обогащена различным количеством инулина. Из этих смесей готовились опытные образцы печенья, контрольный образец готовился только из смеси кукурузной и гречневой муки. Во все образцы, как в опытные, так и в контрольный была добавлена ксантановая камедь в количестве 0,5 % от общей массы.

Функциональные свойства – это важные физико-химические характеристики пищевых материалов, которые отражают сложное взаимодействие между структурой, составом и другими аналитическими свойствами питательных веществ. Нами определены функциональные свойства смесей для печенья. Существенных различий в объемной плотности контрольного и опытных образцов не выявлено. Водосвязывающая и жиросвязывающая способности опытных смесей варьировались от 1,88 до 2,69 г/г и от 1,85 до 2,49 г/г соответственно в зависимости от дозировки инулина. Мука с наибольшей дозировкой инулина имела самые высокие показатели ВСС и ЖСС, тогда как контрольный образец имел самые низкие показатели. Это может быть связано с увеличением гидрофильных питательных веществ – пищевых волокон [3].

Добавление инулина в мучную смесь увеличило пиковую вязкость, минимальную вязкость, степень деструкции, конечную вязкость и температуру клейстеризации, а также уменьшило степень увеличения вязкости клейстера вследствие его охлаждения по сравнению с контролем. Увеличение указанных

параметров может быть связано с взаимодействием между пищевыми волокнами инулина и молекулами крахмала мучной смеси.

Для исследования реологических характеристик теста для печенья из безглютеновой муки были выполнены тесты развертки частоты как для контрольного, так и для опытных образцов. В нашем исследовании модуль упругости был выше модуля вязкости во всем протестированном диапазоне частот; это показывает твердое состояние всех образцов теста для безглютенового печенья, и означает, что упругие характеристики преобладают над вязкими характеристиками. Это согласуется с предыдущими выводами относительно реологических свойств безглютенового теста для печенья [4]. По сравнению с контрольным образцом теста, как модуль упругости, так и модуль вязкости для всех опытных рецептов теста для безглютенового печенья увеличились при внесении инулина. Это, вероятнее всего, связано с повышением вязкости теста при внесении инулина. Увеличение содержания пищевых волокон при внесении инулина приводит к увеличению степени структуры теста, что в свою очередь приводит к увеличению модуля упругости. Внесение инулина также снизило коэффициент демпфирования в опытных образцах. Кроме того, на более низких частотах (1-9 рад / с) коэффициент демпфирования всех образцов теста снижался при увеличении частоты, а на более высоких частотах (10-100 рад / с) увеличивался. Эти различия указывают на то, что тесто кажется более твердым и эластичным, когда оно подвергается медленной нагрузке, но очень быстрые изменения нагрузки приводят к тому, что тесто становится более жидким и вязким.

Исследование физических характеристик опытных и контрольных образцов печенья показало, что внесение инулина приводит к увеличению массы одного печенья по сравнению с контрольным образцом, причем чем выше дозировка инулина, тем больше вес. Это увеличение может быть связано с тем, что пищевые волокна, добавленные с инулином, обладают способностью связываться с молекулами воды, что предотвращает потерю влаги в процессе выпечки. Значения диаметра и коэффициента расплываемости составляли от 60,43 до 67,00 мм и от 5,70 до 6,56, соответственно. Наименьший диаметр и коэффициент расплываемости были получены для контрольного образца.

При внесении инулина также изменяется и цвет поверхности печенья. Значения светоотражения уменьшаются с увеличением уровня инулина в рецептурах безглютенового печенья, это означает, что контрольное печенье имело самые высокие значения светоотражения, покраснения и желтизны по сравнению с опытными образцами, в отличие от общей цветовой разницы (ΔE) значения, которой увеличивались за счет инулина. Снижение значения светоотражения может быть связано с увеличением количества пищевых волокон, белка и некоторых цветных пигментов, присутствующих в инулине, а также карамелизации сахаров в процессе выпечки.

В общем, добавление в безглютеновое печенье инулина, снижает прочность на излом и значения твердости готового печенья из-за снижения содержания углеводов и увеличения пищевых волокон. Внесение инулина в безглютеновое печенье привело к увеличению показателей ломкости, что

свидетельствует о более рыхлом матриксе в тесте, которое содержит меньшее количество белков.

Таким образом, внесение инулина оказало положительное влияние на функциональные и реологические свойства комбинированной безглютеновой муки и теста для печенья. Безглютеновое печенье, обогащенное инулином, показало интересные физические характеристики, с более мягкой текстурой, но с меньшей ломкостью по сравнению с контролем. Следовательно, инулин, который представляет собой новый альтернативный пищевой ингредиент, может широко применяться при разработке различных функциональных пищевых продуктов на основе безглютеновой муки для пациентов с целиакией.

Список литературы

1. Карачанская Т.А. *Научно-теоретическое обоснование производства мучных кондитерских изделий специального назначения* / Т.А. Карачанская, И.Б. Красина, Н.К. Данович. – Краснодар: КубГТУ, 2013. – 142 с.

2. Красина И.Б. *Безглютеновые хлебцы с использованием нетрадиционных видов сырья* / И.Б. Красина, Н.К. Данович, О.И. Казьмина // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2-8. – С. 1626 – 1631.

3. Коновалова Е.В. *Особенности функционально-технологических свойств пищевых волокон в мучных кондитерских изделиях* / Е.В. Коновалова, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко, А.Б. Бузунар, Ю.Н. Никонович // *Изв. вузов. Пищевая технология*. – 2012. – № 5-6. – С. 35-37.

4. Красина И.Б. *Разработка рецептуры безглютеновых вафельных хлебцев из смеси гречневой муки и пищевой добавки «Кофейная»* / И.Б. Красина, Б.О. Хашпакянц, Е.В. Филиппова, Е.В. Красина // *Изв. вузов. Пищевая технология*. – 2020. – № 2-3. – С. 42-45.

Содержание

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Овчинников Н.Л., Кочкина Н.Е., Жур П.К., Сурнин Н.А., Бутман М.Ф. Фотокаталитические свойства волокнистого TiO_2 , полученного по растворной технологии.....	3
Савинова Л.Н., Туляков С.П., Векшина В.А. Исследование обратимого характера фитотоксичности ряда тяжелых металлов на рост и биопродуктивность растений в присутствии минеральных и органических добавок.....	8
Савинова Л.Н., Туляков С.П., Векшина В.А. Биодиагностика почв, загрязненных продуктами переработки нефти.....	9
Ивлиева М.С., Волков А.В. Применение зелёных технологий в решении проблемы утилизации отходов на примере крупных промышленных предприятиях Тульской области.....	11
Никитина К.В. Основные принципы экологического строительства.....	14
Пушилина Ю.Н. К вопросу о социально-экологическом мониторинге.....	16
Пушилина Ю.Н., Анисимова П.Г. Экологические требования к архитектурно-планировочным решениям жилых зданий.....	20

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Панарин В.М., Маслова А.А., Савинкова С.А. Анализ существующих систем контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий.....	23
Волков А.В. Возможная причина текущего усиления рисков экологического и социально-экономического развития систем биосферы.....	26
Заровняев Б.Н., Кузьмин А.А. Льдопородная рекультивация выработанного пространства (на примере Кировского разреза).....	36
Паньков А.А. Резонансное диагностирование химических веществ оптоволоконным РЕЛ-датчиком.....	41
Нигматуллина Л.Я., Рахматуллин В.Р. Способы утилизации буровых отходов на морском шельфе.....	43
Сафаров А.Х., Бурханова И.В., Кудашева О.А. Повышение эффективности нефтесорбентов.....	45
Фатхиева Р.Р., Зайнутдинова Э.М., Мигранова И.Г. Экологический мониторинг качества воды реки Дема.....	47
Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Элементы в окружающей среде.....	50
Юркина Е.В., Романов Г.Г., Гришина А.В., Русяева Д.М. Внедрение растений-интродуцентов в зеленые насаждения городов русского севера.....	52

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Небесный К.А., Мотов А.С., Иванова Е.А., Шеин Д.А., Коробова Е.В., Амжаев Т.Э., Ершов М.В. Применение комплекса разветвленного олигогексаметиленгуанидина и пара-аминосалициловой кислоты для получения мембран с биоцидными свойствами.....	57
Живов И.В., Касаткин Е.Н., Веджижева М.Д., Кириченко Н.Е., Полишко А.И. Организация и тактика педиатрической помощи в чрезвычайных ситуациях в Кировской области.....	59
Светлакова А.В., Тучина Е.С. Сравнение фотокаталитической активности нанокompозитов γ - и θ -модификаций Al_2O_3	65
Ермакова Н.Н., Девяткин А.А. Изменение жирнокислотного состава и упорядоченности жирных кислот периферического нерва методом спектроскопии комбинационного рассеяния при регенерации.....	68

Дубинин А.Э. Клиническая реабилитация пациентов с двигательными нарушениями в контуре нейроинтерфейсов.....	72
Лазуренко Д.М., Шапошников П.Д., Шепелев Д.И. Произвольные мысленные эквиваленты реальных движений: спектральный анализ ЭЭГ.....	80
Бахтин О.М., Щербань И.В., Кириленко Н.Е., Щербань О.Г. Метод детекции ЭЭГ-паттернов мозга человека в условиях мысленной вербализации.....	88
Саевский А.И., Шепелев И.Е., Шапошников Д.Г., Лазуренко Д.М. Поиск информативных частотных диапазонов и временных границ ЭЭГ для решения задачи классификация паттернов мысленных движений.....	93
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Аммосова М.Н., Собакина М.П., Будикина М.Е. Формирование творческих компетенций студентов.....	98
Радионова М.А., Трубникова Е.В., Белоус А.С. Проектная деятельность школьников по направлению «Генетика».....	102
Поморцева А.А., Поморцев О.А., Порошина И.Д., Рожин С.С. К проблеме оптимизации освоения правил техники безопасности студентами геологами при подготовке к полевым учебным практикам.....	105
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. Глоссарий как форма самостоятельной работы студентов в процессе изучения дисциплины анатомия.....	108
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Петрова А.Э., Сладковский Д.А. Моделирование реактора с непрерывной регенерацией катализатора для процесса превращения метанола в низшие олефины в программе Aspen HYSYS.....	110
Губин Е.С., Юр Г.С. Численное исследование процессов микросмесеобразования дизельного дистиллятного и судового маловязкого топлива.....	112
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Фомина Е.Е., Белянцева Е.А. Импутация категориальных переменных с использованием нейронных сетей в социально-экономических исследованиях.....	115
Шурыгин Д.А. Обеспечение точности автоматического регулирования.....	117
Березин Н.Б., Межевич Ж.В., Дьяконов К.Г. Электрохимия гетероядерных соединений в процессах получения сплавов.....	120
Непряев А.А. Применение методов нечеткой логики для определения приоритетов направлений обзора радиолокационной станции.....	123
Берхольц В.В., Вульфин А.М., Фрид А.И. Модель угроз информационной безопасности при передаче телеметрической информации о состоянии мобильного объекта на предприятие-разработчик.....	128
Васильев В.И., Кириллова А.Д., Вульфин А.М. Моделирование кибератак на объекты АСУ ТП с помощью нечетких когнитивных карт.....	132
Паньков А.А., Писарев П.В. Дисперсия передаточных коэффициентов встраиваемого оптоволоконного РЕТ-датчика сложного напряженного состояния.....	136
Кирой В.Н., Кривко Е.М., Бахтин О.М., Шапошников Д.Г., Лазуренко Д.М. Нейрофизиологические корреляты генерации вслух и мысленно семантически значимых слов и псевдослов.....	138
Демильханова Б.А. Посредники финансового рынка и необходимость повышения технологичности оказываемых ими услуг.....	141
Васильев В.И., Вульфин А.М., Кучкарова Н.В. Использование технологии text Mining при оценке актуальных угроз и уязвимостей программного обеспечения.....	144
Смирнов С.П. Телекоммуникации как составная часть и инструмент реализации индустрии 4.0: технические и гуманитарные аспекты.....	149

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Паньков А.А., Писарев П.В. Численная модель релаксационных электро-механических процессов в оптоволоконном PЕL-датчике.....	156
Черных В.Н., Пугачева И.Н., Молоканова Л.В. Совершенствование технологии получения бутадиен-стирольных каучуков.....	157
Гольцов А.Н., Флисюк О.М. Исследование эксплуатации гравитационного зигзагообразного пневмокласификатора.....	160
Шахмаева А.Р., Казалиева Э. Технология монтажа кристаллов полупроводниковых приборов.....	164
Максименков А.И., Багно О.П. О соотношении параметров бревнопильных ленточных пил с объемом материала срезаемого одним зубом.....	166
Филиппова Е.В., Красина И.Б., Куракина А.Н., Лысенко А.В., Крицкая С.С. Исследование реологических свойств теста для безглютенового печенья.....	168
Лысенко А.В., Крицкая С.С., Куракина А.Н., Красина И.Б., Филиппова Е.В., Шпынев Н.И. Инулин в рецептурном составе низкокалорийного мармелада.....	171
Красина И.Б., Галтелов Д.Б., Куракина А.Н., Лысенко А.В. Исследование возможности замены крахмала инулином в рецептуре жевательного мармелада.....	173
Красина Е.В., Калманович С.А., Красина И.Б., Крицкая С.С. Разработка многокомпонентных энергетических батончиков.....	175
Стрелкова Н.К., Красина И.Б., Филиппова Е.В., Крицкая С.С. Реологические характеристики и возможности изготовления печенья из безглютеновой муки.....	178