

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»  
Всероссийский фестиваль науки  
Областной фестиваль науки



**Сборник докладов**

**Часть 20**

**Фундаментальные и прикладные исследования в области  
естественнонаучных и технических дисциплин**

**Белгород**

**13-14 октября 2022 г.**

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

**XIV Международный молодежный форум  
«Образование. Наука. Производство»: эл. сборник  
докладов** [Электронный ресурс]: Белгород:  
М 43 БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Ч. 20. – 166 с.

ISBN 978-5-361-01063-9

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XIV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01063-9**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

## Оглавление

Блинов С.А., Ершова А.И.

СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОФОРОВ НА  
ОСНОВЕ 2-ХЛОРПИРИДИН-3,4-ДИКАРБОНИТРИЛОВ И  
ДИМЕТИЛАМИНОБЕНЗАЛЬДЕГИДА ..... 8

Брийовская С.В.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
МЕТОДАМИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ В ГОРОДЕ ТЕЙКОВО И  
ТЕЙКОВСКОМ РАЙОНЕ ..... 12

Воробьева В.А.

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВОГРУНТА  
НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА ИВАНОВО ..... 15

Городов С.И., Клепикова М.А.

ФЛОТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И  
ГИПСА ..... 18

Ермолаева Е.В., Абдуллина Д.Х., Шарафутдинова Г.Р.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ АСЕПТИЧЕСКОГО НЕКРОЗА У  
ПАЦИЕНТА, ПЕРЕНЕСШЕГО COVID-19 ..... 22

Жерновой М.Е.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТВЕРДОГО СЫПУЧЕГО КОНСЕРВАНТА ..... 25

Иванова Е.С., Вишневская Д.А.

ОСЛОЖНЕНИЯ В РЕАКЦИИ МЕТИЛИРОВАНИЯ ..... 29

Илларионова М.С.

СИНТЕЗ ПОЛИАЛКИЛЭФИРОВ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ  
КИСЛОТ..... 32

Канунников И.А.

ИСТОРИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ ..... 36

Касьянова А.П.

К ИЗУЧЕНИЮ НАКОПЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЛИШАЙНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА СООБЩЕСТВ И ПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ .....	38
Козиненко Е.А. ГРАФЫ.....	41
Копнина О.В., Мерзликина А.И., Щербаков А.С. КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	45
Коробанова Е.В., Скворцов А.А. О ВЫБОРЕ МЕТОДА И ОСОБЕННОСТЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ .....	48
Коршунов А.Г. ВЫБОР СТРАТЕГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫХ МОДЕЛЕЙ .....	54
Крепышева А.А. МЕТОДЫ СЖАТИЯ ДАННЫХ.....	58
Крисанова П.К., Филатов А.А., Сотникова Ю.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО- АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ НАПРАВЛЕННЫХ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ. 63	63
Куваева А.О. ВЛИЯНИЕ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОКСИГИДРОКСИДА ЦИРКОНИЯ.....	67
Куляшова Е.Н. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ АЛЬФА- ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ТОНКОСЛОЙНЫХ СОРБЕНТАХ.....	70
Лебедева А.А., Воронков В.А.	

СИНТЕЗ, СПЕКТР, СИЛОВОЕ ПОЛЕ ОСНОВАНИЯ ШИФФА ...	74
Линец В.В.	
ПРОЗРАЧНЫЙ ЦВЕТНОЙ СИТАЛЛ – ИМИТАЦИЯ ДРАГОЦЕННЫХ ИЛИ ПОЛУДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ .....	79
Маланьвеа А.Г., Аймалетдинов А.А.	
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТЕОГЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МСК <i>IN VITRO</i> .....	83
Маланьева А.Г., Аймалетдинов А.А.	
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЩФ ПРИ ОСТЕОГЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ МСК <i>IN VITRO</i> .....	87
Марфуненкова Е.В.	
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВОГРУНТОВ ИВАНОВСКОГО РАЙОНА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	91
Маслий В.И., Лебедева А.А., Агеенко Е.И.	
ВЛИЯНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ.....	94
Мерзликина А.И., Копнина О.В., Щербаков А.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ С МАТРИЦЕЙ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ..	101
Мифтахов А.Р.	
ЕМКОСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КОНТУРОВ С ОБЩИМ ПРОВОДОМ СИСТЕМЫ ОПОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА В АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ .....	104
Михайличенко И.К.	
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КВАРЦЕВОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ .....	107
Пашанова М.А.	

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ УВОДЬ НА  
ТЕРРИТОРИИ Г. ИВАНОВО И ЕГО БЛИЖАЙШИХ  
ОКРЕСТНОСТЯХ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МАКРОЗООБЕНТОСА 110

Пирожкова Е.С., Матвеев Д.С.

ПРОБЛЕМЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ 114

Попов П.Д., Борзых Ю.Д.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАБОЛОИДА В ТЕХНИКЕ ..... 117

Прудникова А.В.

ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СРАВНЕНИЯ  
ГОРНЫХ ПОРОД..... 122

Пушкина Н.С., Маркелова Л.Л.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ УСТОЙЧИВЫЙ КОНТРОЛЬ ГЛИКЕМИИ И  
РИСК ДИАБЕТИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С  
САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-го ТИПА ..... 125

Сергеев К.В.

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕОПОРОЗА . 127

Скачкова Н.А., Янина А.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..... 132

Степанова А.А.

НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК  
ПРЕЦЕНТРАЛЬНОЙ ИЗВИЛИНЫ ЛОБНОЙ ДОЛИ ГОЛОВНОГО  
МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПАТОЛОГИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ  
АЛКОГОЛЯ ..... 137

Федорова М.С., Каюмов А.Р.

ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*  
ПОВЫШАЮТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *PSEUDOMONAS*  
*AERUGINOSA* К АНТИБИОТИКАМ ..... 142

Шестериков А.Е., Шестерикова Д.А.

УЛУЧШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНОК ОЛОВА,  
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО  
ОСАЖДЕНИЯ ..... 147

Ширяшкина Д.Р.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНА  
РЕМОНТА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ РОВНОСТИ [R]  
..... 151

Щербаков А.С., Копнина О.В., Мерзликина А.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО И  
ПОЛИМЕРКОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В  
СТОМАТОЛОГИИ ..... 156

Яковлев А.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ  
НОСИТЕЛЕЙ И КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ..... 159

Пахомова А.Ю.

ОСОБЕННОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ФАСАДОВ  
ЗДАНИЙ В СЛОЖИВШЕЙСЯ ЗАСТРОЙКЕ..... 164

Блинов С.А., Ершова А.И.

Научный руководитель: Федосеев С.В., канд. хим. наук, доц.  
 Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
 г. Чебоксары, Россия

## СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОФОРОВ НА ОСНОВЕ 2-ХЛОРПИРИДИН-3,4-ДИКАРБОНИТРИЛОВ И ДИМЕТИЛАМИНОБЕНЗАЛЬДЕГИДА

Наличие в молекуле пиридина электрооакцепторных групп открывает новые возможности их использования в качестве красителей, флуорофоров и хемосенсоров. Введение в молекулы различных донорных групп позволяет менять оптические свойства таких молекул [1, 2].

Дицианопиридин **2a** с выходом 79% получали взаимодействием аддукта **1a** тетрацианоэтилена и бутанона с концентрированной соляной кислотой в пропан-2-оле при 80 °С. Очистку полученного компонента проводили колоночной хроматографией с мелкодисперсным силикагелем и смесью этилацетат / гексан = 1 / 1 в качестве элюента (Смеха 1).

Было обнаружено, что взаимодействие соединения **2a** с избытком 2-диметиламинобензальдегида в изопропиловом спирте в атмосфере аргона в закрытом пенициллиновом флаконе в присутствии ацетата аммония приводит к образованию стильбена **3a** с выходом 76% (Рис. 1).

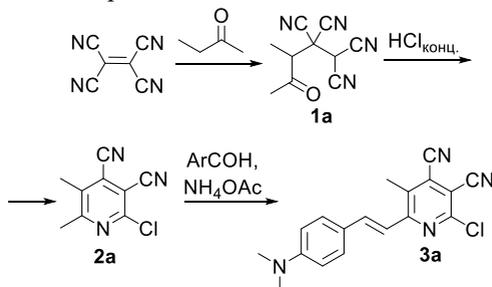


Рис. 1 Схема 1

Следующим этапом данной работы было изучение влияния растворителей на положение и интенсивность максимума полос поглощения и флуоресценции соединения **3a**. Квантовый выход измеряли относительно Родамина 6G по описанной методике [3].

В таблице 1 приведены оптические характеристики соединения **3a** в различных растворителях ( $C = 10^{-5}$  М). С увеличением полярности растворителя наблюдается bathochromное смещение максимум флуоресценции, увеличивается значение стоксового сдвига и, как следствие, снижается квантовый выход флуоресценции. Наибольшими квантовыми выходами обладают неполярные растворители (толуол – 49%, диоксан – 42%) (таблица 1, рисунок 2).

Таблица 1 – Оптические свойства растворов соединения **3a** в различных растворителях ( $C = 10^{-5}$  М)

Растворитель	$\lambda_{\max}^{\text{abs}}$ , нм	$\epsilon$ , ( $\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	$\lambda_{\max}^{\text{flu}}$ , нм	Стоксов сдвиг, нм	Отн. квант. выход, %
Toluene	495	15032	<b>583</b>	88	<b>49</b>
1,4-Dioxane	<b>486</b>	22497	602	116	42
DCM	512	26530	646	134	8
AcOH	498	15867	632	134	0.7
EtOH	507	21215	657	150	0.2
THF	499	20615	645	146	5.3
EtOAc	495	19287	639	144	5.3
Pyridine	<b>515</b>	19348	668	153	1.2
Acetone	499	20191	689	190	0.2
MeCN	499	22142	694	195	0.1
DMSO	514	22929	<b>710</b>	196	0.13

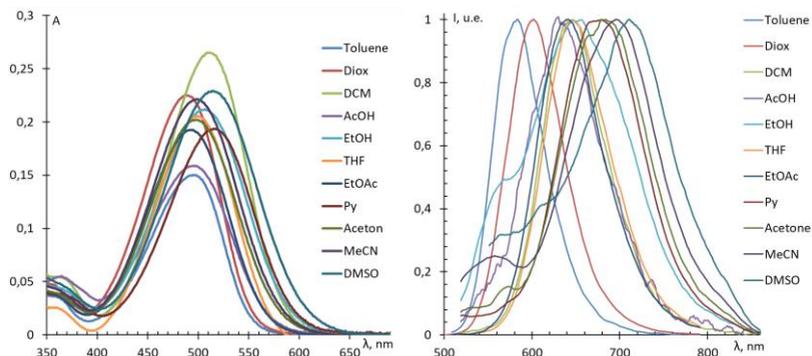
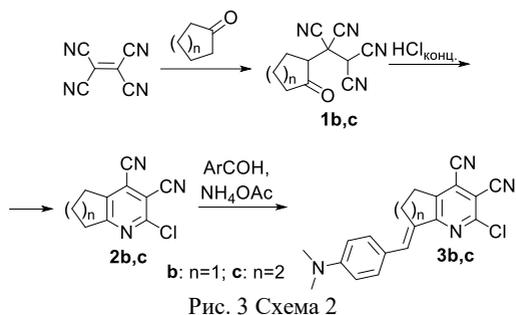


Рис. 2 Спектры поглощения (слева) и нормализованные спектры флуоресценции (справа) растворов соединения **3a** в различных растворителях ( $C = 1 \times 10^{-5}$  М).

Для оценки влияния строения алкильных заместителей в 5-м и 6-м положениях пиридинового кольца по описанной выше методике были получены хромофоры **3b,c** с выходом 58-75% на основе циклопентанона и циклогексанона. (Рис. 3) [4-6].



Оптические свойства **3a-c** в растворителе с наибольшим квантовым выходом – в толуоле приведены в таблице 2, спектры флуоресценции на рисунке 4. Введение в строение молекулы алкильного цикла (соединения **3b** и **3c**) приводит к батохромному смещению максимумов флуоресценции. При наличии шестичленного алкильного цикла в соединении **3c** наблюдается значительное снижение квантового выхода из-за его меньшей конформационной жесткости.

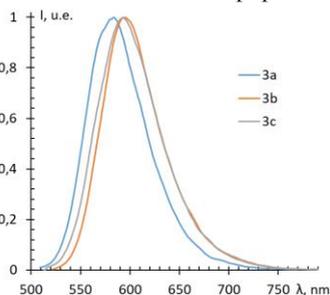


Рис. 4 Спектры флуоресценции соединений **3a-c** в толуоле.

Таблица 2 – Оптические свойства соединений **3a-c** в толуоле ( $C=10^{-5}$  M)

Соединение	$\lambda_{\max}^{\text{abs}}$ , нм	$\epsilon$ , ( $M^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	$\lambda_{\max}^{\text{flu}}$ , нм	Стоксов сдвиг, нм	Отн. квант. выход, %
<b>3a</b>	495	15032	583	88	49
<b>3b</b>	511	37515	595	84	48
<b>3c</b>	501	17465	593	92	9

Таким образом, были получены хромофоры **3a-c** конденсацией дицианопиридинов **2** с диметиламинобензальдегидом. Исследование оптических свойств показало, что увеличение полярности растворителя приводит к батохромному смещению полосы испускания и снижению относительного квантового выхода флуоресценции. При наличии в строение молекулы алкильного цикла наблюдается батохромное смещение максимумов флуоресценции. При этом, шестичленный алкильного цикла в соединении **3c** вызывает значительное снижение квантового выхода из-за его меньшей конформационной жесткости.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-13-00157.*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ershov O. V., Ievlev M. Yu., Belikov M. Yu., Lipin K. V., Naydenova A. I., Tafeenko V. A. Synthesis and solid-state fluorescence of aryl substituted 2-halogenocinchomeric dinitriles // The Royal Society of Chemistry. 2016. Vol. 6, P. 82227–82232.
2. Ershov O. V., Ievlev M. Yu., Belikov M. Yu., Naydenova A. I., Maksimova V. N., Tafeenko V. A. Synthesis, solution and solid-state fluorescence of 2-diethylaminocinchomeric dinitrile derivatives // The Royal Society of Chemistry. 2017. Vol. 7, P. 34886–34891.
3. Brouwer A.M. Standards for photoluminescence quantum yield measurements in solution // Pure and Applied Chemistry. 2011. Vol. 83, No. 12, P. 2213–2228.
4. Ershova A. I., Ievlev M. Yu., Maksimova V. N., Belikov M. Yu., Ershov O. V. Synthesis, Solution and Solid-State Fluorescence of 2-(N-cycloamino)cinchomeric Dinitrile Derivatives // ChemistrySelect. 2020. Vol. 5, P. 7243–7248.
5. Ershov O. V., Maksimova V. N., Lipin K. V., Belikov M. Yu., Ievlev M. Yu., Tafeenko V. A., Nasakin O.E. Regiospecific synthesis of gem-dinitro derivatives of 2-halogenocycloalka[b]pyridine-3,4-dicarbonitriles // Tetrahedron. 2015. Vol. 71, P. 7445–7450.
6. Chunikhin S.S., Ershov O. V., Ievlev M. Yu., Belikov M. Yu., Tafeenko V. A. Novel chromophores of cyanopyridine series with strong solvatochromism and near-infrared solid-state fluorescence // Dyes and Pigments. 2018. Vol. 156, P. 357–368

*Брийовская С.В.*

*Научный руководитель: Агапова И.Б., канд. биол. наук, доц.  
Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия*

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТОДАМИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ В ГОРОДЕ ТЕЙКОВО И ТЕЙКОВСКОМ РАЙОНЕ**

В наши дни все больше проявляется интерес к изучению состояния атмосферного воздуха. Загрязнение атмосферного воздуха является одним из серьезнейших экологических факторов, влияющих на здоровье любого человека. Наиболее перспективными методами оценки экологического состояния считаются методы биоиндикации, которые в настоящее время широко разрабатываются [3...5]. Одним из способов экологического мониторинга, который в настоящее время используется достаточно широко, являются методы лишеноиндикации.

Изучив лишайники многих городов, были найдены общие закономерности: чем больше развит город, чем сильнее загрязнено его воздушное пространство, тем меньше встречается в нем видов лишайников, тем меньшую площадь покрывают они на стволах деревьев и тем ниже их жизнеспособность; устойчивыми к загрязнению являются накипные, среднеустойчивые — листоватые, а слабоустойчивые — кустистые. Даже незначительное наличие диоксида серы в воздухе хорошо диагностируется лишайниками. В городах на лишайники пагубное влияние оказывает не только  $SO_2$ , но и оксиды азота, углерода, соединения фтора и др. Их повышенная чувствительность к загрязнению атмосферы, присутствию в воздухе двуокиси серы ( $SO_2$ ), и способность к накоплению из окружающей среды многих веществ, таких как медь, железо, ртуть, цинк, свинец, никель и другие, входящие в состав мельчайших пылевых частиц, которые выделяют различные заводы, фабрики и двигатели автомобилей, позволяют использовать лишайники в качестве биологических индикаторов загрязнения атмосферного воздуха в различных населенных пунктах [7...8].

Исследование проводилось на 5 площадках г.о Тейково (Ивановская область) и его окрестностях.

Площадка № 1. Смешанный лес в селе Першино, который находится на берегу реки Пежа в 4 километрах от райцентра города Тейково.

Площадка № 2. Сосновый бор, который произрастает на западной окраине города Тейково, является природным памятником и располагается между микрорайоном Красные Сосенки и деревней Красново.

Площадка № 3. Центральный парк в городе Тейково на Октябрьской улице.

Площадка № 4. Смешанный лес, расположенный в городе Тейково на Сергеевской улице в 3-4 километрах от Тейковского хлопчатобумажного комбината.

Площадка № 5. Березовая роща, расположенная между городом Тейково и деревней Суббочево в Тейковском районе Ивановской области.

В соответствии с методиками были проведены полевые исследования, собрана фототека лишайников на исследуемых площадках, проведены необходимые измерения и расчёты.

При помощи палетки (10x10см) определялось проективное покрытие лишайников (на всех деревьях палетка накладывалась на одной и той же высоте-130 см, с 4х разных сторон). Был изучен видовой состав лишайников на каждом исследуемом дереве. На каждой площадке был выявлен видовой состав и количество эпифитных лишайников, учтено проективное покрытие, рассчитаны индексы полеотолерантности и биотический индекс [2].

Систематическое положение лишайников приведено в соответствии с классификацией Андреева М.П., Ахти Т. и др. «Флора лишайников России» (2014) [1].

В ходе проведенной работы на исследуемых площадках г.о Тейково было выявлено 12 видов эпифитных лишайников, относящихся к 4 семействам и 9 родам, отдела *Ascomycota* класса *Lecanoromycetes*. Преобладающей группой являются лишайники с листоватым типом таллома.

Большинство видов, которые встретились на исследуемых территориях (*Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia stellaris*) являются обычными и часто встречающимися видами для городских экосистем. Но есть виды, которые из-за комплексного антропогенного воздействия и промышленного автотранспортного загрязнения, встречались достаточно редко (*Usnea hirta*, *Evernia prunastri*, *Lecanora allophana*, *Parmeliopsis ambigua*).

Часто встречающимся видом, отмеченным на всех исследуемых площадках, является фисция восходящая (*Physcia adscendens*). Данный вид является одним из наиболее приспособленным к жизни в городских

условиях. По классификации Х.Х Трасса (1985) [6] этот вид характерен для умеренно и сильно антропогенно измененных мест обитания.

Биоморфологический анализ найденных видов лишайников показал, что в спектре жизненных форм преобладающей группой являются лишайники с листоватым типом таллома (6 видов; 54,5%), затем следуют накипные (4 вида; 36,3%) и кустистые (1 вид; 9,2%).

На качество воздуха площадок повлияло близкое расположение автодорог и объектов промышленности, что отразилось как на видовом составе лишайников, так и на проективном покрытии.

Это соответствует данным литературы по устойчивости лишайников к антропогенным загрязнениям. Наиболее уязвимые виды лишайников с кустистым типом таллома представлены лишь 1 представителем – видом *Usnea hirta*.

Для расчета индекса полеотолерантности, найденные виды лишайников были отнесены в соответствии с классификацией Х.Х. Трасса (1985) [6] к следующим классам полеотолерантности:

I класс - Естественные местообитания без ощутимого антропогенного влияния—*Usnea hirta*

IV класс - Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания—*Parmeliopsis ambigua*, *Parmelia squarrosa*.

V класс - Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью) — *Physcia aipolia*.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что видовой состав эпифитных лишайников в г.о Тейково и Тейковском районе не отличается большим разнообразием (отмечено 12 видов). Сходство видовой состава лишайников на исследуемых территориях колеблется в пределах от 12,5% до 66,6%.

Наименьшее количество видов эпифитных лишайников характерно для площадки №4, расположенной на окраине г.о Тейково— 4 вида, а наибольшее на площадках №3 и №5 (зеленые территории) – по 8 видов.

Самой чистой зоной г.о. Тейково из исследуемых является территория площадки №5 (озелененная территория), где средняя степень проективного покрытия (ПП) составила 89,1%, ОЧА= 0,9 БИ=5 (воздух относительно чистый). Сильное загрязнение атмосферного воздуха отмечено на площадке №4 расположенной рядом с проезжей частью и находящейся в промышленной зоне.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев М.П., Ахти Т., Войцехович А.А., Гагарина Л.В., Гимельбрант Д.Е., Давыдов Е.А., Конорева Л.А., Кузнецова Е.С., Макрый Т.В., Надеина О.В., Рандлане Т., Сааг А., Степанчикова И.С., Урбанавичюс Г.П. Флора лишайников России. М., 2014. 532 с.

2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. Заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 288 с.

3. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров; отв. ред. Д. А. Криволуцкий ; Рос. акад. наук, Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова. — М.: Науч. мир, 2002. — 335, 1. с.: ил., табл.

4. Бязров Л.Г. Эпифитные лишайники г. Москвы: современная динамика видового разнообразия. М.: КМК, 2009. 146 с.

5. Дзюба О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды / О. Ф. Дзюба ; Всерос. нефт. науч.-исслед. геологоразвед. ин-т. — СПб. : Недра, 2006. 197 с. : ил., табл., табл.

6. Трасс Х.Х. Классы полетолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т.7

7. Цуриков А.Г., Храмченкова О. М. Лишайниковые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов [и др.] / М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т. им. Ф. Скорины. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. 123 с.

8. Шапиро И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения // Усп. совр. биол., 1996. Т. 116, № 2. С. 158-171.

УДК 574.2

*Воробьева В.А.*

*Научный руководитель: Агапова И.Б., канд. биол. наук, доц.  
Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия*

### **БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВОГРУНТА НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА ИВАНОВО**

Оценка почвогрунта является неотъемлемой частью мониторинга состояния окружающей среды. В городах можно наблюдать

кумулятивное воздействие многих отрицательных факторов и высокую концентрацию веществ, что осаждаются на почву, растения. Это приводит к ухудшению условий жизни как людей, так и растений.

Для получения достоверных результатов качественной, а иногда и количественной характеристики среды необходимо использовать большую выборку тест-объекта, и, следуя правилу «методы разные – результат один», применять разные способы исследования [2], изучать разные стороны функционирования организмов тест-объектов с целью мониторинга состояния окружающей среды.

Для оценки почвогрунта улиц г. Иваново был использован один из методов биоиндикации. Метод основывается на реакции тест-культуры (кресс-салат) на загрязненность почвы. Проводился учет всхожести растений, сравнительный анализ морфологических показателей развития растений – длин надземной и подземной частей проростков. Также было проведено изучение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилл а, хлорофилл b) у проростков растений, так как известно что загрязнение среды, и, прежде всего, атмосферы, сказывается и на фотосинтетической способности растений [6]. В работе проанализирована зависимость всех полученных результатов от интенсивности воздействия автотранспорта в точках отбора проб.

Было выбрано 12 площадок для исследования в разных районах города, отличающихся по интенсивности движения транспорта. Площадки находились в разных частях города - по 3 в каждом административном районе - и размещались на достаточном удалении друг от друга. Все они были расположены рядом с автомобильными дорогами, по которым с различной интенсивностью осуществляется движение автомобильного транспорта различного типа.

Пробы почв были взяты методом «конверта». Из собранных образцов почвогрунта была изготовлена почвенная вытяжка, используемая для полива тест-растений, выращиваемых на инертном субстрате (вермикулите), определено содержание пигментов. Для каждой точки отбора проб был проведен учет автомобильного транспорта. [1]

В зависимости от результатов всхожести растений в опыте субстрату присваивался один из 4 уровней загрязнения:

1. Загрязнение отсутствует: всхожесть семян 90—100 %, всходы дружные, крепкие, ровные;
2. Слабое загрязнение: всхожесть семян 60—90 %, проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные;
3. Среднее загрязнение: всхожесть 20—60 %, проростки короче и тоньше, некоторые проростки имеют уродства;

4. Сильное загрязнение: всхожесть семян очень слабая, менее 20 %, проростки мелкие и уродливые [5].

По результатам работы было отмечено, что почвогрунт в точках проведения исследований имеет, в основном, сильный и средний уровень загрязнения и только в одной точке данный показатель соответствовал слабому уровню загрязнения. По морфологическим показателям – длине надземной и подземной части растений – наблюдаются сходные результаты: угнетение и массовая гибель проростков образцах с почвенной вытяжкой, взятых у автодорог с высокой интенсивностью движения автотранспорта. Эти результаты обусловлены высокой интенсивностью движения на автодорогах города, в особенности на транзитных дорогах, ведущих на въезд/выезд из города. [4]

Содержание фотосинтетических пигментов в органах растений было установлено с помощью фотоэлектроколориметра и рассчитано в соответствии с методикой, предложенной Кудряшовым и др. (2011) [7].

Проведя корреляционный анализ содержания пигментов и интенсивности движения автомобильного транспорта для точек исследования, были получены результаты, свидетельствующие о слабых корреляционных взаимоотношениях. При этом отмечается снижение концентрации хлорофилла *a* и повышение концентрации хлорофилла *b* для проб, где была отмечена высокая интенсивность движения автомобильного транспорта ( $r = - 0,2324$ ,  $r = 0,1874$  соответственно).

Сопоставив полученные результаты оценки почвогрунтов различными методиками, отмечаем, что для большинства проб почвогрунта с улиц г. Иваново отмечен высокий и средний класс токсичности тестируемой среды по показателю ИТР [3].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебнометодическое пособие. Киров: ООО «Типография «Старая вятка», 2012. С. 3-10.

2. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. Брянск: Издательство БГУ, 2004. 4-5с.

3. Кабилов Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности 39 почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 45-48

4. Максимова Н.Б., Морковкин Г.Г., Лаврентьева А. Оценка

токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, №2, 2003

5. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений. СПб.: СПбГУ, 2004

6. Порожнюк Л.А., Жадан О.О. Оценка состояния среды урбанизированных территорий методом дендроиндикации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:[https://vk.com/doc292646365\\_632486162?hash=VW4VO3Z7rhTg0UsIObZY198LU3VWvM53URPecn2G5oz&dl=YBF9iQ18RPe6cRp3msx6rUd7Nxr4EP6Rc5y0fhx1VoL](https://vk.com/doc292646365_632486162?hash=VW4VO3Z7rhTg0UsIObZY198LU3VWvM53URPecn2G5oz&dl=YBF9iQ18RPe6cRp3msx6rUd7Nxr4EP6Rc5y0fhx1VoL)

7. Физиология растений : лабораторный практикум для студентов биологического факультета [Электронный ресурс] / А. П. Кудряшов [и др.]. – Минск: БГУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.elib.bsu.by>

УДК 622.765

*Городов С.И., Клепикова М.А.*

*Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ФЛОТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ГИПСА**

В процессах добычи и переработки минерального сырья образуется огромное количество отходов, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды [1]. Не исключением является и Приморский край, в котором находится Дальнегорское месторождение с колоссальными запасами борсодержащего (датолитового) минерального сырья. Из датолитовых руд методом сернокислого разложения получают борную кислоту. При этом образуются отходы, называемые борогипсом. Данные отходы содержат в своем составе до 70 % гипса и ангидрита и до 30 % диоксида кремния, а также примеси пироксена, датолита, граната [2]. К настоящему времени накоплено более 25 млн. тонн борогипса.

Методом флотационного разделения из борогипса можно получить сразу несколько целевых концентратов: гипсового и кремниевого [3]. Гипсовый концентрат необходим для получения гипсовых вяжущих материалов различных марок, используемых в строительстве. Кремниевый концентрат – ценный компонент при производстве «белой сажи», используемой в качестве наполнителя в лакокрасочной, резинотехнической, химической и др. промышленности. Флотацию борогипса проводят с большим (более 1,5 кг/т) расходом собирателя на основе омыленных жирных кислот. В

пенный продукт переходит гипсовый концентрат, а камерным продуктом является кремниевый концентрат. При этом гипсовый концентрат должен содержать не менее 70 % гипса и ангидрита, а кремниевый – более 50 % диоксида кремния [3].

Цель исследований заключалась в определении технологических показателей флотационного разделения диоксида кремния и гипса реагентами-собирателями на основе ПАВ разной природы.

Для проведения исследований по разделению диоксида кремния и гипса в качестве исходного питания флотации использованы пробы борогипса, представленные твёрдым остатком от фильтрации шлама (кеком) дисковых фильтратов 5-ой промывной флотации, цех №7 ООО «Дальнегорский ГОК». Химический состав кека, в пересчете на оксиды, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исходного питания флотации, %

SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	прочее
34,99	30,51	30,05	2,99	0,33	0,29	0,22	0,62

Флотацию осуществляли на установке ФМ-3, в камере объемом 0,5 л, загруженность пульпы – 38 % твердого вещества. Расход подаваемого воздуха 0,63 дм<sup>3</sup>/мин. Частота вращения импеллера составляла 1460-1480 об/мин. Щелочную среду (рН 9,6) создавали 1 %-ным раствором гидроксида натрия (NaOH). Температура пульпы колебалась от 22 до 25 °С.

В качестве собирателей использовали катионактивные поверхностно-активные вещества (ПАВ) на основе аминоэфиров, анионактивные – мыла жирных кислот талловых масел (МЖКТМ), а также их смесь (Смесь №1). Выбор смеси ПАВ разной природы связан с тем, что она проявила высокую эффективность при разделении других многоминеральных систем [4-11].

Исследования проводили с разным расходом собирателей. С целью получения наиболее качественного (с большим содержанием SiO<sub>2</sub>) концентрата в некоторых опытах проводили контрольную флотацию. Возможность флотационного разделения оценивали по технологическим параметрам: выходу камерного продукта ( $\gamma_k$ , %), содержанию SiO<sub>2</sub> в камерном ( $\beta_k$ , %) и пенном ( $\beta_n$ , %) продуктах, а также степени извлечения ( $\varepsilon = \gamma_k \cdot \beta_k / 0,3499$ ). Минерализацию (М) пены определяли как отношение масс высушенного пенного продукта (P<sub>1</sub>) и мокрой пены (P<sub>2</sub>) [12]. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики флотационного разделения диоксида кремния и гипса

Собиратель	Расход собирателя кг/т	Выход к.п. $\gamma_k, \%$	$\text{SiO}_2$ в к.п. $\beta_k, \%$	$\text{SiO}_2$ в пене $\beta_{пл}, \%$	Извлечение $\epsilon, \%$	М пены, %
МЖКТМ	1,5	15,92	59,65	28,63	33,55	25,98
Аминоэфир	0,1	42,63	39,24	31,13	48,00	30,28
Смесь №1	0,5	31,25	60,24	26,29	54,00	25,05
Смесь №1 (с контр. флот.)	0,4	41,04	52,99	24,21	61,15	24,23
Смесь №1 (с контр. флот.)	0,6	24,14	61,3	27,56	42,29	23,12
Смесь №1 (жидкое стекло 100 г/т)	0,5	30,28	58,23	26,56	50,39	25,25

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что для получения концентрата с содержанием  $\text{SiO}_2 \sim 59 \%$  и извлечением 33,55 % собирателем на основе МЖКТМ необходим высокий его расход 1,5 кг/т. Использование только катионного собирателя на основе аминоэфиров, не позволяет получать качественные концентраты. Близкие значения содержания  $\text{SiO}_2$  в камерном и пенном продуктах, а также высокая степень минерализации ( $M = 30,28 \%$ ) пены уже при низком расходе (0,1 кг/т) свидетельствуют о низкой селективности катионактивного реагента. Молекулы аминоэфира активно сорбируются как на поверхности диоксида кремния, так и на поверхности гипса, что приводит к практически равномерному распределению компонентов между камерным и пенным продуктами.

Использование собирателей, состоящих из смеси ПАВ разной природы (Смесь №1), уже при расходе 0,5 кг/т, позволяет получать концентрат с содержанием общего  $\text{SiO}_2 \sim 60 \%$ , выходом  $\sim 30 \%$  и извлечением  $>50 \%$ . Включение в технологию контрольной флотации и расход собирателя 0,6 кг/т позволяют получать концентраты с содержанием  $\text{SiO}_2 > 61 \%$ . Добавление в пульпу флотации жидкого стекла, в качестве депрессора, способствует некоторому снижению технологических параметров процесса ( $\gamma_k, \beta_k, \epsilon$ ), что свидетельствует о его низкой селективности для данной системы.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить возможность совместного использования ПАВ разной природы

(аминоэфиров и мыл жирных кислот талловых масел) в качестве собирателя при флотации борогипса. Предложенная собирательная смесь позволяет при меньшем расходе значительно увеличить выход кремниевого концентрата, содержание  $\text{SiO}_2$  в концентрате, степень извлечения диоксида кремния, по сравнению с известным реагентным режимом – с применением большого расхода ( $>1,5$  кг/т) омыленных жирных кислот. Качество полученного концентрата удовлетворяет требованиям для дальнейшей переработки в «белую сажу».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаповалов Н.А., Городов А.И., Крайний А.А. Применение отечественных фосфорсодержащих ПАВ для решения экологических проблем горнодобывающей промышленности // Международная научно-техническая конференция. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 270-276.

2. Оганесян Л.В. Минеральные ресурсы. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/geology/text/3039231> (дата обращения: 13.10.2022).

3. Патеев С.А., Хатькова А.Н., Никитина Л.Г. Технология переработки отходов производства борной кислоты // Международная конференция «Плаксинские чтения – 2019». Иркутск, 2019. С. 221-224.

4. Крайний А.А. Флотация отвалных хвостов мокрой магнитной сепарации неокисленных железистых кварцитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 156-159.

5. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А., Крайний А.А., Городов А.И., Винцовская И.Л., Рядинский М.М. Отечественные фосфорсодержащие ПАВ – активные собиратели комплексного обогащения апатит-нефелиновых руд // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-8. С. 1689-1693.

6. Городов А.И., Шаповалов Н.А. Коллоидно-химическое воздействие смеси анионных и катионных поверхностно-активных веществ на минеральные частицы // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. №10. С 31-34.

7. Shapovalov N.A., Gorodov A.I., Krainiy A.A., Krainiaia E.V. The influence of mixed cationic and anionic surfactants on the flotation of nepheline // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. 14 (16). P. 5719-5724.

8. Аунг П., Колесников В.А. Применение промышленных ПАВ в процессах электрофлотационного очистки сточных вод от смеси цветных металлов // Наука и инновации - современные концепции: Сборник научных статей по итогам работы Международного научного

форума. Москва: Инфинити, 2020. С. 72-78.

9. Бредихина В.Б., Городов С.И., Захлевная И.И. Исследование возможности флотации низкокачественных нефелиновых руд со спецотвалов Кия-Шалтырского месторождения // В сборнике: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. С. 3202-3204.

10. Городов А.И., Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А., Могутова А.А. Исследование сорбционных свойств композиционного собирателя на поверхности различных минералов // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 11. С. 19-24.

11. Зо Т.Х., Колесников В.А., Конькова Т.В., Хейн Т.А., Колесников А.В. Извлечение гидроксида алюминия из водных хлоридных растворов в присутствии солей жесткости и поверхностно-активных веществ различной природы // Журнал прикладной химии. 2021. Т. 94. № 9. С. 1138-1144.

12. Городов А.И., Шаповалов Н.А. Исследование смеси анионных и катионных поверхностно-активных веществ в качестве собирателя для флотационного обогащения нефелина // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 55. № 9. С. 48-57.

**УДК 61-13058**

*Ермолаева Е.В., Абдуллина Д.Х., Шарафутдинова Г.Р.  
Научный руководитель: Чермаков К.С., канд. мед. наук  
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары, Россия*

## **КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ АСЕПТИЧЕСКОГО НЕКРОЗА У ПАЦИЕНТА, ПЕРЕНЕСШЕГО COVID-19**

В настоящее время, в период того, как мир борется с Covid-19 на протяжении последних двух лет, глобально значимыми и актуальными становятся вопросы, связанные с осложнениями инфекции Covid-19 на органы и системы. Известно, что после перенесенного заболевания, осложнения может коснуться и опорно-двигательного аппарата, вплоть до асептического некроза. Вначале заболевания не было известно, каким образом COVID-19 может коснуться опорно-двигательного аппарата. Однако, спустя время ученые регистрируют данные осложнения, после перенесенной инфекции. В настоящее время регистрируются данные об асептическом некрозе, у лиц, переболевших COVID-19. [1, 2].

Важно отметить, что информация по этой проблеме накапливается очень быстро, кардинально меняя наши представления. Рассматривая научные статьи, во время первой вспышки COVID-19, пришедшейся на март–май 2020 г., манифестация заболеваний опорно-двигательного аппарата после перенесенной инфекции практически не фиксировалась. В настоящее время регистрируются данные об асептическом некрозе у пациентов, перенесших COVID-19 [3-5].

Приводим наше наблюдение.

Больная, А., 27 лет, через неделю после перенесенной коронавирусной инфекции обратилась с жалобами на боли в пояснице, в области левого и правого тазобедренных суставов, которые усиливались при физической нагрузке. Также отмечала похрамывание и болезненность при ходьбе. В течение недели к врачу не обращалась, решила, что боль вызвана сменой погоды. Считает, что толчком к заболеванию является пандемия COVID-19, когда на работе больная производила забор материала для ПЦР диагностики. Обращалась к неврологу, остеопату. Получала нестероидные противовоспалительные препараты и внутрисуставные блокады. Также проходила курс физиолечения. После лечения наблюдала улучшение состояния, но через некоторое время боль снова появлялась и усиливалась.

Анамнез жизни: не замужем, работает медсестрой в поликлинике. Не имеет отягощенный семейный анамнез.

В апреле 2020 года перенесла в лёгкой форме COVID-19 с 4 % поражением легких. Во время коронавирусной инфекции находилась на амбулаторном лечении и принимала: фавипиравир — 2400 мг в течение 1 суток, затем в течение 6 суток — 1200 мг, а также ривароксабан по 10 мг в течение 30 суток с момента начала заболевания.

Во время осмотра регистрируются умеренные боли при пальпации в области обоих тазобедренных суставов, без четкой локализации. Движения слегка ограничены в обоих тазобедренных суставах.

Произведены рентгенограммы левого и правого тазобедренных суставов в прямой проекции.

В правой части рентгенограммы: субхондральный склероз, сужение суставной щели, кистозная перестройка в области головки.

В левой части рентгенограммы: субхондральный склероз, сужение суставной щели.



Рис. 1 Рентгенограмма обоих тазобедренных суставов в прямой проекции

Произведена МРТ тазобедренных суставов. Признаки двустороннего некроза головок бедренных костей (стадия ARCO IIC).

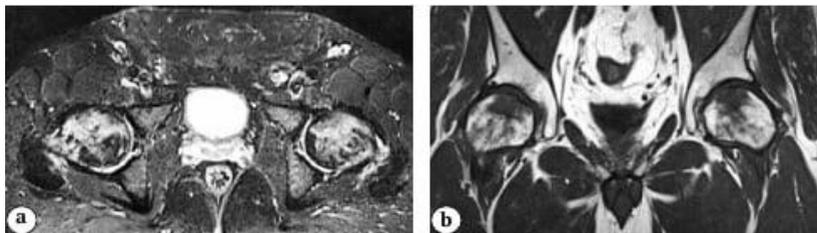


Рис. 2 МРТ тазобедренных суставов: а — аксиальная проекция; б — фронтальная проекция.

У данной пациентки был выставлен диагноз: асептический некроз головки левой и правой тазобедренных костей, стадия импрессионного перелома. Коксартроз 1-2 стадии.

Пациентки выполнили тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава. В апреле 2022 была произведена замена левого тазобедренного сустава, после чего проходила курс реабилитации. В августе 2022 года произведена замена правого тазобедренного сустава, по настоящее время проходит курс реабилитации.

Заключение:

1. В настоящее время после перенесенной коронавирусной инфекции у лиц молодого возраста наблюдаются случаи асептического некроза костей.
2. Незамедлительно нужно обращаться к ортопеду-травматологу при появлении болей в суставах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Многоочаговый асептический некроз костей / И. Ф. Ахтямов [и

др.] // Казан. мед. журн. 2006. № 3. С. 171-174.

2. Ткаченко А.Н., Ткаченко А.Н., Лапшинов Е.Б. Особенности эндопротезирования тазобедренных суставов у больных старших возрастных групп // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10-1. – С. 162-165;

3. Мороз Н. Ф. О патогенетических механизмах возникновения и развития дегенеративно-дистрофических поражений суставов // Материалы VI съезда травматологов-ортопедов СНГ. Ярославль, 1993. С. 400-401.

4. Вебер Е.В., Воронцова Т.Н., Богопольская А.С. Маршрутизация взрослых пациентов с патологией тазобедренного и коленного суставов. Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 94.

5. Стецула В. И., Бруско А. Т., Мороз Н. Ф. О роли механических факторов в механизме адаптационной перестройки кости // Ортопедия, травматология и протезирование. 1983. № 8. С. 10-15.

**УДК 637.171**

***Жерновой М.Е.***

***Научный руководитель: Борозенцев В.И., канд. техн. наук, доц.***

*Белгородский государственный аграрный университет*

*им. В.Я. Горина, п. Майский, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДОГО СЫПУЧЕГО КОНСЕРВАНТА**

При заготовке силоса огромное значение имеет уменьшение потерь биологического урожая и обеспечения высокого качества при его хранении, что достигается путем применения консервантов в процессе его закладки. Применение консервантов позволяет заготовить высококачественный силос, даже из трудносилосующихся кормовых культур.

Консерванты, используемые при заготовке силоса, сохраняют протеин до 92-95% и при этом способствуют снижению потерь других питательных веществ в сравнении с обычным способом силосования [1].

В процессе совершенствования способов и средств применяемых при консервировании кормов, совершенствовались и средства их внесения. На данный момент времени используются большое количество схем внесения консервантов в листостебельную массу с использованием различных устройств: внесение консерванта в листостебельную массу в период скашивания или подбора с

измельчением; консервант вносят в силосуемую массу непосредственно в грузовые отсеки транспортных средств на стационарных пунктах перед закладкой на; опрыскивание силосуемой культуры перед её скашиванием; добавление консерванта в рулоны силосуемой культуры до укладки рулонов на хранение; добавление консервантов в силосохранилище в процессе укладки и трамбовки [2].

Мы предлагаем вносить твердый сыпучий консервант в листостебельную массу с помощью устройства, установленного над питающим аппаратом кормоуборочный комбайн, перед его измельчением.

Устройство представляет собой бункер, в нижней части которого расположены катушечные высевающие аппараты, направляющий кожух и ворошитель, который расположен над катушками в бункере [3...5].

Устройство для внесения твердого сыпучего консерванта работает следующим образом. Цепная передача осуществляет движение привода катушек и ворошителя от верхнего вальца питающего аппарата комбайна. С помощью ворошителя расположенного в бункере, происходит разрыхление твердого сыпучего консерванта, после чего он захватывается катушками и по направляющему кожуху направляется в листостебельную массу. Равномерность подачи консерванта и предотвращение его уплотнения в бункере обеспечивается с помощью вращения ворошителя. Количество внесения консерванта изменяется регулятором, расположенным на одном валу с катушками.

В качестве твердого сыпучего консерванта применяется бензойная кислота. Актуальностью использования бензойной кислоты является её доступность и дешевизна.

На процесс внесения, разработанным устройством, в листостебельную массу, влияют следующие свойства сыпучих консервантов: объем; масса, плотность, слеживаемость, размер частиц коэффициенты трения о твердые несущие поверхности, угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения, влажность, абразивность.

Для обоснования формы передней стенки бункера, необходимо определить угол естественного откоса твердого сыпучего – бензойной кислоты. На рисунке 1 представлено устройство для определения угла естественного откоса твердого сыпучего консерванта.



Рис. 1 Определение угла естественного откоса твердого сыпучего консерванта – бензойной кислоты

Для определения угла естественного откоса твердого сыпучего консерванта будем использовать цилиндрический пустотелый предмет, установленный на плоскую поверхность с расположенной на ней миллиметровой бумаги. Заполняем его твердым сыпучим консервантом и после этого поднимаю цилиндр перпендикулярно плоской поверхности вверх с одной и той же скоростью во всех проводимых экспериментах. При высыпании твердого сыпучего консерванта, он приобретает форму, похожую на конус (рис. 2). Проведая эксперимент десять раз, после каждого эксперимента измеряя высоту конуса -  $H$  и его диаметр -  $D$ .

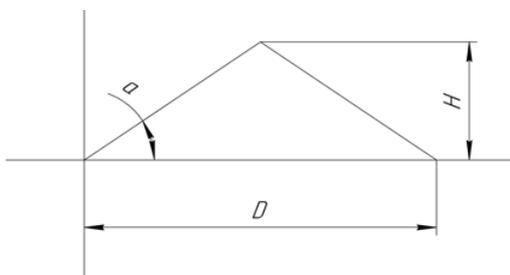


Рис. 2 Конус из твердого сыпучего консерванта с указанными характеристикам

Результаты, полученные при проведении измерений, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения полученного конуса

Исследуемый консервант	№ эксперимента	D	H
Бензойная кислота	1	35,3	9,3
	2	35,7	9,5
	3	35,4	9,8
	4	36,1	9,1
	5	34,9	9,4
	6	35,5	9,3
	7	35,8	9,6
	8	36,2	9,2
	9	35,9	9,8
	10	36,6	9,4

Затем расчетным путем, зная высоту  $H$  и радиус  $R$  конуса, определяем угол естественного откоса твердого сыпучего консерванта –  $\alpha$  и коэффициента внутреннего трения –  $M$ .

Результаты расчётов угла естественного откоса твердого сыпучего консерванта и коэффициента внутреннего трения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта естественного угла откоса твердого сыпучего консерванта и коэффициента внутреннего трения

Исследуемый консервант	№ эксперимента	$\alpha$	$\alpha_{cp}$	M	$M_{cp}$
Бензойная кислота	1	27,78	27,87	0,527	0,529
	2	28,24		0,537	
	3	28,97		0,554	
	4	26,75		0,504	
	5	28,31		0,539	
	6	27,65		0,524	
	7	28,21		0,536	
	8	26,94		0,508	
	9	28,63		0,546	
	10	27,19		0,514	

По итогам расчетов была определена средняя арифметическая величина угла естественного откоса твердого сыпучего консерванта, которая составила  $27,87^\circ$ , а коэффициент внутреннего трения –  $0,529$ .

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что угол наклона передней стенки бункера для сыпучих консервантов, должен быть не менее  $30^\circ$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Д.В. Современные технологии и технические средства приготовления силосованных кормов – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет: Изд-во «Агрус», 2014. – 44 с.
2. Короткевич А.В. Технологии и машины для заготовки кормов из трав и силосных культур - Минск: Урожай. 1990. – 383 с.
3. Борозенцев В.И., Жерновой М.Е. Разработка устройства для внесения консервантов // Материалы студенческой научной конференции «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» (24-25 февраля 2021 года): в 4-х томах, т. 3. – п. Майский: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. – С. 6.
4. Борозенцев В.И., Жерновой М.Е. К обоснованию конструкции устройства для внесения консерванта при закладке силоса // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ. – п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. – С. 221-226.
5. Борозенцев В.И., Жерновой М.Е. Разработка устройства для внесение жидких консервантов при закладке кукурузы на силос // Материалы международной студенческой научной конференции «Молодёжный аграрный форум – 2018». (20–24 марта 2018 г.) Том 2. – п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 77

*УДК 547-01*

*Иванова Е.С., Вишневская Д.А.*

*Научный руководитель: Насакин О.Е., д-р хим. наук, проф.  
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары, Россия*

## ОСЛОЖНЕНИЯ В РЕАКЦИИ МЕТИЛИРОВАНИЯ

Проблемы с применением лекарств связаны с рядом причин: с их потерей в организме (из 10000 их молекул только 1 достигает цели [1]), часто с трудной растворимостью в воде и физиологических жидкостях. А для антибактериальных препаратов – быстро развивающейся резистентностью. Для решения поставленных вопросов нами задействованы наноалмазы [2<sup>a-d</sup>] для транспорта лекарств к биологической мишени и реакцию мгновенного метилирования третичных аминов в субстанциях, с одновременным формированием поликарбонитрильных анионов [3]. В настоящее время наноалмазы

являются наиболее индифферентными для организма углеродными наночастицами из более 450 известных [4]. Однако иммобилизация на их поверхности осуществляется, как правило, ковалентным связыванием. Последнее является сложной, дорогой и трудновыполнимой задачей. Поскольку большинство важнейших фармацевтических субстанций имеют в своем составе третичный азот, метод [3] позволяет мгновенно их метилировать. Более того, за счет поликарбонитрильного аниона (цианогруппа имеет наивысшую адгезию к большинству материалов, как, например, в «цианоакрилатах» [5]) и резко увеличивает иммобилизацию на поверхности наноалмаза. Нами для исследований взяты несколько субстанций разнонаправленного терапевтического действия - лекарственные препараты, содержащие третичный азот.

Так, например, Кардил предотвращает риск развития гипоксии и ишемии и артериальное давление. Имипрамин – известный антидепрессант, обладающий высокой эффективностью и клинической ценностью, применяется при нарколепсии (заболевании, характеризующимся приступами сонливости), мигрени, синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), последствий сотрясения головного мозга, для лечения панических атак и хронических болей.

Азитромицин составляет список основных лекарственных средств Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и жизненно необходимых и важных лекарственных препаратов (ЖНВЛП). Он находит применение в лечении различных инфекционных заболеваний, в их числе острых бактериальных обострений хронической обструктивной болезни легких (медленно прогрессирующего заболевания, характеризующегося воспалением нижних дыхательных путей и отеком бронхов), вызванные *H. influenzae*, *M. catarrhalis* или *S. Pneumoniae*, внебольничная пневмония, вызванной *S. pneumoniae*, *H. influenzae*, *M. pneumoniae* или *S. Pneumoniae*, трахома (хроническое инфекционное заболевание глаз), вызванная *S. Trachomatis*.

Не менее значимы для медицины индольные структуры. Среди них 3-ацилиндол проявляет противоопухолевую, антисептическую, противогрибковую активность. 3-Формилиндол уменьшает восприимчивость слизистой оболочки на различные факторы, также является потенциальным противогрибковым средством.

Пиридиновый гетероцикл составляет структуры известных лекарственных препаратов, например, эффективного противотуберкулезного средства Изониазид. В связи с этим большой интерес в органической и фармацевтической химии представляет

изучение биологической активности пиридиновых производных. Исследования показали, что один из представителей данного класса - 4-N,N-диметиламинопиридин применим в лечении нервно-мышечной дисфункции через активацию высокого напряжения кальциевых каналов, в качестве фармакофорной группы для связывания холинэстеразы в опухолевых клетках, тем самым предотвращая их развитие онкологии. Также были изучены свойства продукта реакции метилирования, полученного взаимодействием 4-диметиламинопиридина с метилиодом. Результаты показали, что метилированное производное - иодид 4-(диметиламино)-1-метилпиридин способен проникать через гематоэнцефалический барьер (барьер между кровеносной и центральной нервной системой) и является сильнейшим ингибитором холинэстеразы [3], что позволяет его рассматривать как потенциальный лекарственный препарат для профилактики болезни Альцгеймера.

Реакции метилирования с перечисленными выше субстанциями протекают без осложнений в метаноле. Как мы предполагаем, неподелённая электронная пара кислорода метанола локализуется на двойной связи ТЦЭ, образуя комплекс фиолетового цвета. Каталитическое действие третичного азота способствует присоединению по двойной связи с образованием кетенимина с последующим элиминированием синильной кислоты. Мы пришли к выводу, что азотосодержащие реагенты катализируют данный процесс, исходя из стандартной методики получения дицианодиметилкетала [16]. Согласно описанному, замещение карбонитрильной группы ТЦЭ на метоксигруппу метанола осуществляется под действием мочевины. Азот карбамида, ввиду низкой основности, не претерпевает химических превращений, в то время как третичный азот в субстанциях вступает в дальнейшее взаимодействие. Так, интермедиат, образовавшийся в ходе миграции электронной пары в соединении, вероятно, «отдает» метильную группу третичному азоту в структурах. Кетенимин в таутомерной форме взаимодействует с метанолом, с образованием соли метилового эфира дицианоксусной кислоты.

Реакция с производными индола протекает по другому направлению, что объясняется кислотностью пиррольного азота. Последний катализирует образование диметилдицианокетала, который присоединяется к производным индола. Данные ЯМР  $^1\text{H}$  наглядно показали отсутствие синглета в области ароматики, что указывает на присоединение по  $\alpha$ -положению карбонил-индола.

Иммобилизация на наноалмазы продуктов реакции и, в качестве сравнения, исходных соединений – диметиламинопиридина,

Изониазида, Имипрамин гидрохлорида, Кардил гидрохлорида, Азитромицин дигидрата, 3-формилиндола, 3-ацетилиндола, подтвердила высокую адгезию метилированных субстанций. Таким образом, продукты реакции иммобилизованы на наноалмазы в большем количестве в сравнении с исходными реагентами, выделенными из лекарственных субстанций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демина Н.Б. Скатков С.А. Стратегии разработки и биофармацевтические аспекты систем доставки лекарственных средств// Российский химический журнал. 2012. №56 (3–4). С.5–10.

2. <sup>a</sup>Даниленко В.В. Синтез и спекание алмаза взрывом. Энергоатомиздат, М. 2003. <sup>b</sup>Сакович Г.В., Комаров В.Ф., Петров Е.А. и др. В кн.: V Всесоюз. совещ. по детонации. Сб. докл. Т. 2. Красноярск, 1991. С. 272. <sup>c</sup>Долматов В.Ю.. Успехи химии 70, 7, 607 2001. <sup>d</sup>Тр. науч. сем. по нанометрическим алмазам. Киев, 2002. Сверхтвердые материалы 6, 2002.

3. Швердов В.П., Давыдова В., Насакин О., Марьясов М., Лодочникова О. Этен-1,1,2,2-тетракарбонитрил и метанол в реакции метилирования третичных аминов до четвертичных аммониевых соединений 1,1-дициано-2-метокси-2-оксоэтан-1-ида//Синлетт. 2018. №30. С.273-277. doi: 10.1055/s-0037-1610343

4. Гонсалвес К. Наноструктуры в биомедицине. Москва: Бином. Лаборатория знаний. 2012. 519.

5. Охара Т., Сато Т., Симидзу Н., Прешер Г., Швинд Х., Вайберг О., Нанди П. Акриловая кислота и производные// Энциклопедия промышленной химии Ульмана. 2020. С.1–21. doi: 10.1002/14356007.a01\_161.pub4

*УДК 54.057*

*Илларионова М.С.*

*Научный руководитель: Кузьмин М.В., канд. хим. наук, доц.  
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары, Россия*

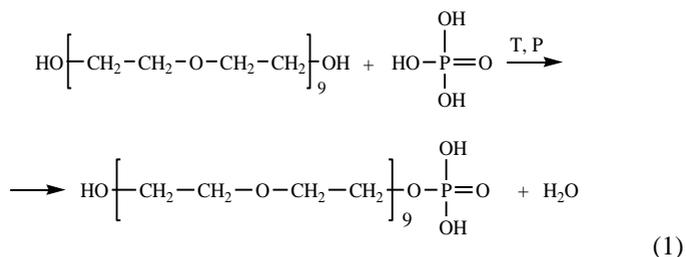
## СИНТЕЗ ПОЛИАЛКИЛЭФИРОВ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ КИСЛОТ

В настоящее время в виду сложной экономико-политической ситуации и санкционных ограничений наблюдается тенденция к

замещению европейского сырья и товаров отечественными аналогами. В список запрещенных к экспорту в Россию товаров попали смазочные жидкости [1], в том числе смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) для металлообработки, необходимые для повышения качества обработки поверхностей изготавливаемых деталей и увеличения срока службы инструмента [2]. В связи с этим растет интерес к производству высокоэффективных, не уступающих по технологическим и эксплуатационным свойствам импортным аналогам, жидкостей для обработки металлов.

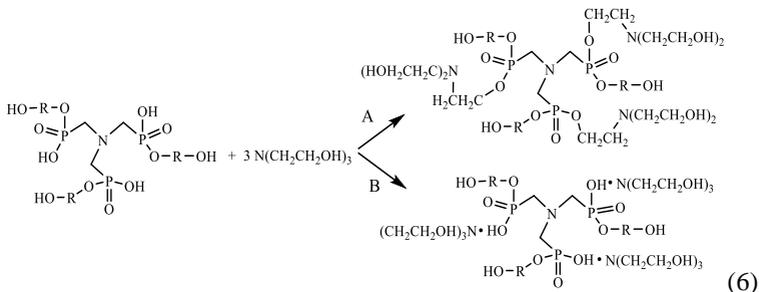
Широкое распространение в обработке черных металлов и их сплавов резанием получили водосмешиваемые синтетические СОЖ, преимуществами которых являются высокая охлаждающая, смачивающая и моющая способность. К слабым сторонам данного вида технологических жидкостей можно отнести недостаточную антикоррозионную активность. В качестве антикоррозионного компонента в концентратах водорастворимых СОЖ применяются алкилполиэфиры ортофосфорной кислоты (ОФК). Жидкости для резки, содержащие 0,2-0,4% вышеупомянутых эфиров улучшают качество деталей и обеспечивают их защиту от коррозии [3-5]. Представляет интерес исследовать потенциальные противокоррозионные свойства полиэфиров различных фосфорсодержащих кислот, таких как оксиэтилидендифосфоная кислота (ОЭДФК), нитрилтриметилфосфоная кислота (НТФ) и сравнить их с аналогичными эфирами ОФК. Для получения эфиров был выбран полиэтиленгликоль ПЭГ-400.

Эфиры получали этерификацией фосфорсодержащей кислоты с ПЭГ-400 в присутствии антиоксиданта при 110°C с вакуумной отгонкой реакционной воды. Схема получения ПЭГ-400 фосфата (1) представлена ниже:



Далее нейтрализовали полученный эфир триэтаноломином при температуре 135-140°C. При этом реакция нейтрализации протекает по двум направлениям с образованием ПЭГ-400 триэтаноломинового





где HO-R-OH это HO-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>9</sub>-OH.

Во всех случаях в результате нейтрализации кислых эфиров наблюдалось образование двух продуктов: жидкая фаза эфира и кристаллическая – комплексной соли. Установлено, что увеличение температуры нейтрализации  $\geq 135^\circ\text{C}$  приводит к увеличению выхода алкилполиэфира.

В дальнейшем планируется исследование антикоррозионных и смачивающих свойств водных растворов полученных эфиров, а также подбор технологических добавок для разработки высокоэффективных концентратов водосмешиваемых СОЖ для обработки металлов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Legislation. Official journal of the European Union. L 259 I. 6 October 2022. V. 65. P. 49.
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булыжев и др. // Под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 2006. 544 с.
3. Патент № 2679651 Российская Федерация, МПК С10М 173/00 (2006.01), С10М 137/04 (2006.01), С10М 125/04 (2006.01), С10М 129/06 (2006.01), С10М 133/46 (2006.01), С10N 30/12 (2006.01), С10N 40/20 (2006.01). Смазочно-охлаждающая жидкость / И.Е. Илларионов, В.А. Гартфельдер, Ш.В. Садетдинов; заявитель и патентообладатель ЧГУ им. И.Н. Ульянова. № 2018138097: заявл. 29.10. 18; опубл. 12.02. 19, Бюл. № 5. 12 с.
4. Пат. 2679651 Российская Федерация, МПК С10М 173/00 (2006.01), С10М 137/04 (2006.01), С10М 125/04 (2006.01), С10М 129/06 (2006.01), С10М 129/74 (2006.01), С10N 40/20 (2006.01). Смазочно-охлаждающая жидкость / И.Е. Илларионов, Ш.В. Садетдинов, В.Н. Цай; заявитель и патентообладатель ЧГУ им. И.Н. Ульянова. № 2019105766,

заявл. 28.02.19; опубл. 21.05.19, Бюл. № 15. 12 с.

5. Пат. 2650525 Российская Федерация, МПК С10М 173/00 (2006.01), С10М 133/08 (2006.01), С10М 129/40 (2006.01), С10М 137/08 (2006.01), С10М 159/08 (2006.01), С10N 40/22 (2006.01), В82У 30/00 (2011.01), В82У 5/00 (2011.01). Концентрат смазочно-охлаждающей жидкости / В.М. Терехов, В.С. Винников, А.Х. Кулеева; заявитель и патентообладатель Публичное акционерное общество "Машиностроительный завод. № 2017128575; заявл. 11.08.2017; опубл. 16.04.2018, Бюл. №11. 10 с.

### **УДК 628.1**

*Кацуников И.А.*

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИСТОРИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ**

Вода, как ресурс была не объемлемой частью жизни людей с начала времён.

Обычно, города располагались в близости к водоёму. Поэтому основными способами добычи воды были колодцы, пруды и подземные источники. [2]

По свидетельству исторических источников, водопровод на Руси возник намного раньше, чем в Европе (исключением является Рим). Это было напрямую связано с бытовыми нуждами людей не только в мирное время, но и во время сражений или осад.

Историки полагают, что первый водопровод на Руси появился в Болгаре, в качестве материала трубопровода использовали глину, древесину, медь, свинец, железо.

При раскопках в таких городах как Новгород и Старая Руссе были обнаружены остатки водопровода, который снабжал ремесленные мастерские, но так же шёл в княжье дома. [1]

Особой заботой о жителях было во время боевых действий, поэтому был популярен прием уничтожения водопровода в город, тем самым отрезая его от подачи любой воды.

Первым таким упоминанием является осада в 989 г. Князем Владимиром города Херсонеса в Крыме. Князь взял город тем, что разрушил гончарный водопровод. (рис. 1) [4]

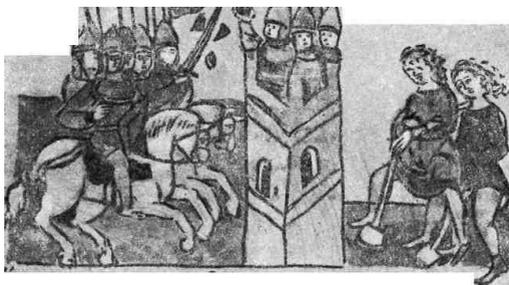


Рис. 1 Князь Владимир разрушает Херсонский водопровод

Так же, хорошим примером является осада города Пронск, князем Романом Рязанским, который перекопал реку, дабы лишить город воды. Бояре, которые не хотели мириться с этим быстро сдали город.

Поэтому, в большинстве городов устанавливали колодцы, тайные выходы к реке, а иногда целые системы водоснабжения. (рис. 2) [3]

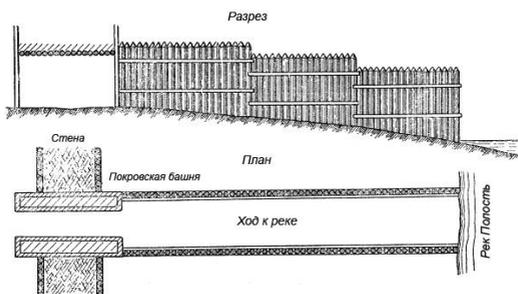


Рис. 2 Схема тайника

Так же ещё в XII в., люди понимали, что пить мутную речную воду нельзя, так как она вызывает боль. Поэтому в г. Воронеж в тайном выходе из башни к реке, в конце туннеля стоял колодец на роднике, что свидетельствует о понимании качества воды.

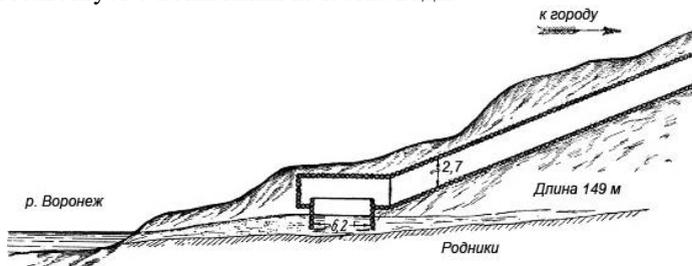


Рис. 3 Тайник в г. Воронеж

Исходя из всего это можно сказать, что история водоснабжения уходит в глубь вековой истории Руси. А так же, о понимании устройства водоснабжения и о качестве воды. [5]

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самойлова К. И. Проблемы водоотведения в России. КГАУ, 2019
2. Зубкова Д. С. Проблемы водоснабжения в России. РЭУ. VI научно – практическая конференция. 2008
3. «История водоснабжения в России» [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/4-25834.html>
4. «Развитие систем водоснабжения в России» [Электронный ресурс] URL: <https://pandia.ru/text/79/107/27671.php>
5. Кущев Л. А., Никулин Н. Ю., Саввин Н. Ю. Проектирование системы теплоснабжения ЖКХ с применением теплонасосной установки. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021, 143 с.

*УДК 57.042*

*Касьянова А.П.*

*Научный руководитель: Корчиков Е.С., канд. биол. наук, доц.  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Россия*

## **К ИЗУЧЕНИЮ НАКОПЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЛИШАЙНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА СООБЩЕСТВ И ПОЛОЖЕНИЯ В РЕЛЬЕФЕ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

На территории степного Заволжья особо выделяется Красносамарский лесной массив площадью около 300 км<sup>2</sup> [1]. Являясь одним из самых крупных лесных массивов в степном Заволжье, он является удобным модельным районом для изучения.

На территории Красносамарского лесного массива основными типами сообществ являются: сосняки, дубравы, березняки и осинники [2].

Летом 2022 года в данных типах сообществ были отобраны образцы наиболее часто встречаемых эврибионтных видов лишайников: *Cladonia fimbriata*, *Evernia mesomorpha*, *E. prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Xanthoria parietina*. Собранные образцы были очищены, взвешены в количестве от 0,005 до 0,006 г и

залиты 0,2 и 0,24 мл ацетона соответственно в соотношении 1:40 на 7 дней. Затем мы брали каплю полученного экстракта, капали на предметное стекло и рассматривали на микроскопе Микмед-6 под увеличением  $\times 70$ . Четыре поля зрения каждой капли фотографировали с помощью программы TopView 3.7.27.74, чтобы оценить количественное и качественное содержание вторичных метаболитов лишайников методом микрокристаллизации [3]. Для уточнения формы кристаллов конкретного лишайникового вещества мы проводили разделение веществ методом тонкослойной хроматографии с последующим элюированием и аналогичным определением кристаллов при увеличении  $\times 280$ . Затем мы определяли количество кристаллов каждого вещества в баллах по 5-балльной шкале.

Результаты по количественному определению кристаллов кислот представлены в таблице 1. Двухфакторный дисперсионный анализ позволил выявить влияние положения в рельефе на наличие и концентрацию вторичных метаболитов, однако тип сообщества не показал значимого влияния ( $F = 1,36 < F_{\text{критическое}} = 1,97$ ). Анализируя таблицу 1, можно отметить тенденцию накопления вторичных метаболитов на надпойменной террасе р. Самары (арене). Исходя из указания в литературе [4] о защитной роли вторичных метаболитов лишайников, можно предположить о тенденции формировании на арене для большинства изученных нами видов крайне неблагоприятных условий, что может найти применение в различных производствах по использованию лишайников при выборе мест их сбора с наибольшим содержанием действующего вещества.

Таблица 1 – Оценка методом микрокристаллизации содержания вторичных метаболитов в некоторых видах лишайников при произрастании в разных типах сообществ в пойме и надпойменной террасе (арене) р. Самары, баллы

Вид	Название кислот	Тип сообщества	Положение в рельефе	
			Пойма	Арена
<i>Xanthoria parietina</i>	париетин	Осинник	1,5	4,25
<i>Parmelia sulcata</i>	атранорин	Березняк	0	1,25
	салациловая кислота		1,625	0,5
<i>Hypogymnia physodes</i>	атранорин		0,4	0,25
	физодаловая кислота		0	0,125
<i>Parmelia</i>	атранорин	Дубрава	0,5	0,5

<i>sulcata</i>	салациловая кислота		0	1,5	
<i>Evernia prunastri</i>	атранорин		1,25	0,375	
	усниновая кислота		0,275	0	
	эверновая кислота		1	2,25	
<i>Cladonia fimbriata</i>	фумарпро- цетраровая кислота		1,25	0,75	
<i>Hypogymnia physodes</i>	атранорин		1	1	
	физодаловая кислота		1	1,33	
<i>Parmelia sulcata</i>	атранорин		Сосняк	0,75	1,5
	салациловая кислота			0,5	1,25
<i>Evernia mesomorpha</i>	дивариковая кислота			0,25	0,5
<i>Hypogymnia physodes</i>	атранорин	1,125		0,5	
	физодаловая кислота	0,375		0,5	

В дальнейшем нами планируется провести сравнительное изучение метода микрокристаллизации и метода спектрофотометрии при выяснении содержания вторичных метаболитов лишайников.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Флористическое разнообразие Красносамарского лесного массива / Е. С. Корчиков, Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев [и др.] // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18. – № 3. – С. 187-191.

2. Корчиков, Е. С. Разнообразие растений и лишайников в долинных лесах степной зоны (на примере Красносамарского лесного массива) / Е. С. Корчиков // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2007. – № 8(58). – С. 109-119.

3. Подтероб, А. П. Химический состав лишайников и их медицинское применение / А. П. Подтероб // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – Т. 42. – № 10. – С. 32-38.

4. Флора лишайников России / под ред. М. П. Андреева и Д. Е. Гимельбранта. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. - 392 с.

УДК 519.171.1

Козиненко Е.А.

*Научный руководитель: Коломыцева Е.П., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ГРАФЫ

Теория графов - это обширная область дискретной математики, в которой системно изучаются свойства графов. Возможно, вы не задумывались, но наша жизнь ни дня не проходит без графов. Например, люди, живущие в больших городах, часто добираются до нужного места на метро, но схема метро - это граф, где точки - это станции, а линии - туннели между станциями. Или компьютерная сеть - это тоже граф, где точки - это отдельные серверы, а линии - это типы электрических сигналов.

Давайте познакомимся с понятиями, характерными для графов:

Граф - это система объектов и связей, соединяющих некоторые пары этих объектов. В то же время важно только то, какие объекты связаны.

Вершина - это точка на графе, отдельный объект, абсолютно не важно знать координаты вершины или ее размер, но важно то, что она может иметь числовые значения.

Ребро - это неупорядоченная пара из двух вершин, которые соединены друг с другом. Эти вершины называются конечными точками или концами ребер. Важно то, что связь существует, но то, как она осуществляется, не имеет значения. Однако ребрам можно присвоить "вес", что позволит нам говорить о "нагруженном" графе.

Инцидентность - вершина и ребро называются инцидентными, если вершина является конечной точкой для этого ребра. Этот термин применим только к вершине и ребру!

Две вершины являются смежными, если они соединены ребром, два ребра являются смежными, если они соединены вершиной.

Петля - это ребро, инцидентное одной вершине. Ребро, которое замыкается в одной вершине.

Степень вершины - это количество ребер, инцидентных указанной вершине. По-другому - количество ребер, исходящих из вершины. Цикл увеличивает степень вершины на 2.

Количество ребер можно рассчитать по формуле:  $N * (N - 1) / 2$ , где  $N$  - количество вершин.

Вершины бывают:

- Изолированная вершина - это вершина с нулевой степенью.
- Висячая вершина - это вершина со степенью 1.

Рассмотрим типы графов:

• Псевдограф - граф с петлями. С такими графами не очень удобно работать, потому что, проходя цикл, мы остаемся в одной и той же вершине.

• Мультиграф - это граф с несколькими ребрами. Множественные ребра - это ребра, которые имеют одни и те же конечные вершины, по-другому их также называют параллельными.

• Псевдомультиграф - граф с петлями и множеством ребер.

• Подграф. Если мы выберем несколько вершин и несколько ребер в исходном графе (между выбранными вершинами), то получим подграф исходного графа.

• Полный граф - это граф, в котором каждые две вершины соединены одним ребром.

• Регулярный граф - это граф, в котором степени всех вершин одинаковы.

• Двудольный граф - если все вершины графа можно разделить на два множества таким образом, что каждое ребро соединяет вершины из разных множеств, то такой граф называется двудольным.

• Плоский граф. Если граф может быть размещен на плоскости таким образом, чтобы ребра не пересекались, то он называется "плоским графом" или "планарным графом".

• Взвешенный граф - граф, в котором каждое ребро и/или каждая вершина имеет "вес" - определенное число, которое может обозначать длину пути, его стоимость и т.д. Для взвешенного графика составляются различные алгоритмы оптимизации, например, поиск кратчайшего пути.

• Связный граф - это граф, в котором существует путь между любыми двумя вершинами.

• Дерево - это связный граф без циклов.

• Лес - это граф, в котором есть несколько деревьев.

• Ориентированный граф или орграф - это граф, в котором ребра имеют направления. Дуга - это направленные ребра в ориентированном графе.

Путь или цепочка в графе - это конечная последовательность вершин, в которой каждая вершина (кроме последней) соединена со следующей в последовательности вершин ребром.

Цикл - это путь, в котором первая и последняя вершины совпадают.

Путь или цикл называется простым, если ребра в нем не повторяются.

Если любые две вершины в графе соединены путем, то такой граф называется связным.

Мы можем рассмотреть такое подмножество вершин графа, что каждые две вершины этого подмножества соединены путем, и ни одна другая вершина не соединена ни с одной вершиной этого подмножества.

Каждое такое подмножество вместе со всеми ребрами исходного графа, соединяющими вершины этого подмножества, называется компонентом связности.

Графы используются для лучшего понимания сложной или новой информации. Они помогают представить любую информацию, которая может быть смоделирована в виде объектов и отношений между ними. Граф может быть нарисован на плоскости или в трехмерном пространстве. Это может быть изображено целиком, частично или иерархически.

В задачах планирования сложных процессов, где выполняется множество различных параллельных и последовательных работ, часто используются взвешенные графы. Их также называют сетью PERT.

PERT (от английского Program Evaluation Review Technique) - это техника, которая помогает выявлять и анализировать задачи и цели. Многие компании по всему миру используют этот метод тайм-менеджмента для ускорения и улучшения своих бизнес-процессов.

Сеть ПЕРТ представляет собой взвешенный ациклически ориентированный граф, в котором каждая дуга представляет задание (действие, операцию), а вес дуги - это время, необходимое для его завершения.

Если в сети есть дуги  $(a, b)$  и  $(b, c)$ , то работа, представленная дугой  $(a, b)$ , должна быть завершена до начала работы, представленной дугой  $(b, c)$ . Каждая вершина  $(v_i)$  представляет время, к которому должна быть завершена вся работа, определяемое дугами, заканчивающимися в вершине  $(v_i)$ .

В таком графе:

- одна вершина, у которой нет предшественников, определяет время начала
- одна вершина без последователей соответствует моменту завершения комплекса работ.

Путь максимальной длины между этими вершинами графа называется критическим путем. Чтобы выполнить всю работу быстрее, вам нужно найти задачи на критическом пути и выяснить, как

выполнить их быстрее. Например, нанять больше людей, изменить процесс или внедрить новые технологии.

В дополнение к приведенным выше примерам графы широко используются в строительстве, электротехнике, менеджменте, логистике, географии, машиностроении, социологии, программировании, автоматизации технологических процессов и производства, психологии, рекламе.

В любой области науки и техники Вы сталкиваетесь с графами. Графы - это замечательные математические объекты, с помощью которых можно решать математические, экономические и логические задачи, различные головоломки и упрощать условия задач по физике, химии, электронике, автоматизации. Многие математические факты удобно формулировать на языке графов. Теория графов является частью многих наук. В последнее время теория графов находит все больше и больше применений в прикладных вопросах. Возникла даже компьютерная химия, относительно молодая область химии, основанная на применении теории графов.

Молекулярные графы, используемые в стереохимии и структурной топологии, химии кластеров, полимеров и т.д., представляют собой неориентированные графы, отображающие структуру молекул. Вершины и ребра этих графов соответствуют атомам и химическим связям между ними.

Подводя итог, можно сделать вывод, что графы необходимы нам в повседневной жизни. Их практическая ценность очень велика.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Карпов Д.В. Структура связности графа: дис. док. физ-мат. наук. Санкт-Петербург, 2015, С. 10-13.
2. Алексеев В.Е., Захарова Д.В. Теория графов, Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. –119 с.
3. Фляйшнер Г. Эйлеровы графы и смежные вопросы. Пер. с англ. - М.:Мир, 2002, 176 с.
4. Разработка подходов по выявлению именованных сущностей в биомедицинских текстах с использованием методов нечеткой логики / Ткаченко С.А., Коломыцева Е.П. / Вектор развития современной науки. Сборник статей VII Международной научно-практической конференции – Саратов: изд-во «Научная общественная организация «Цифровая наука»», 2020. С. 34-41.

*Копнина О.В., Мерзликina А.И., Щербаков А.С.  
Научный руководитель: Ключникова Н.В., доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

На сегодняшний день проблема экологии – одна из самых важных проблем человечества. По общеизвестным данным, ежегодно только в нашей стране образуется около 5,6 миллиардов тонн отходов, притом, что утилизации подлежит всего лишь половина этого объема. Количество полимеров, поступающих в окружающую среду из отходов, увеличивается в геометрической прогрессии, вместе с этим растет и угроза для всего живого на нашей планете, ведь они практически не разложимы при неправильной утилизации. Однако отношение к полимерам как вторичному сырью даст возможность решить не только экологические и социальные проблемы, но и экономические, так как отходы данной категории обладают мощным сырьевым и энергетическим ресурсами.

На данный момент известно множество способов превращения полимерного мусора в полезные продукты. Существуют два вида обработки: первичная - повторное использование низкосортных отходов и обрезков непосредственно в местах их производства, однако приемлема лишь для полимеров, имеющих низкий уровень загрязнения, и вторичная, заключающаяся в разделении, очистке и повторном использовании полимеров. Оба способа обработки нацелены на восстановление пластмасс, но эти процессы зачастую ограничены загрязнением, деградацией свойств и т.п. [1].

Наиболее же современным и прогрессивным подходом является химическая переработка, технологии которой огромное множество. Данный способ обращения с полимерными отходами дает возможность восстановить большинство из их числа и не имеет ряда ограничений.

Итак, вся Белгородская область производит 2,5-2,9 тыс. т. промышленных и 24 тыс. т. Бытовых полимерных отходов год. Такой мусор наносит огромный вред экологии нашего региона. Для того, чтобы в какой-то мере предотвратить пагубное воздействие на окружающую среду, его необходимо утилизировать по известной схеме: сортировка, вывоз, хранение в специализированных условиях с последующей отправкой на переработку, по возможности.

Вторично переработанные полимерные отходы находят применение в создании различных продуктов в совершенно различных отраслях: начиная от бутылок и заканчивая деталями для транспортных средств. Например, повторное использование полиэтилентерефталата дает возможность производить основу для изготовления одежды, а полиэтилен пригоден для изготовления ирригационных труб. С учетом того факта, что ирригационные трубы не предназначены для эксплуатации под давлением, вторично использованный ПЭВП лучше всего подходит для их производства. А шламы и эмульсии полимеров используются для создания искусственных газонов [2].

В Белгороде и Белгородской области перевозчиком отходов с 2002 года является ООО «ТК Экотранс». Эта компания имеет огромный практический опыт в оказании услуг различной направленности: вывоз, переработка, утилизация и захоронение ТБО. В общей сложности «Экотранс» вывозит  $\approx 2,5$  млн м<sup>3</sup> твердых коммунальных отходов, что составляет 58% от общего числа отходов, которые образуются в Белгородской области. Все отходы, собранные по региону, в специальных машинах отвозят на мусоросортировочный комплекс. До недавнего момента его мощность составляла 100 тыс. т. в год, однако в период 2020-2021 гг. была проведена его глобальная модернизация. И на сегодняшний момент мощность данного мусоросортировочного комплекса достигает 180 тыс. т. в год.

После некоторого числа подготовительных стадий, таких как: весовой контроль, отгрузка на линию сортировки, перемещение в сепараторы для выделения мелких фракций, отходы подвергаются ручной сортировке. Именно на этой стадии полимеры и отщипывают от стекла, картона, лома и т.д.

Так как ООО «ТК Экотранс» имеет достаточно мощную технологическую базу, то не все рассортированные отходы покидают предприятие. Часть отходов компания перерабатывает самостоятельно. Производится это в специальных цехах.

Различные виды отходов, отсортированные на предыдущей стадии, прессуются в брикеты. Так, получив брикеты спрессованного полиэтилена, на специализированном оборудовании по утилизации пластикосодержащих отходов мощностью до 170 тонн в год их измельчают в крошку, моют и загружают в бункер. Там под воздействием высоких температур масса плавится. На выходе мы получаем обработанный пластик, представленный в виде мелких гранул. Полученные гранулы проходят по конвейеру. В конечном итоге вторично обработанного полиэтилена производятся трубы ПНД

различного диаметра, а также пленка. За год цех выпускает  $\approx 57$  тонн пластиковых труб [3].

Помимо вторичной переработки полимерных отходов, в регионе ведется также прием и утилизация пластика и пластмассовых отходов. По причине того, что процесс утилизации – многоступенчатый процесс, так как каждый вид полимерных отходов требует определенных условий обращения с ним и индивидуальной технологии, важным этапом является сортировка. Из широко известных полимеров в нашей области принимаются и утилизируются: ПЭТ, ПП, ПНД, ПВД [4].

1. ПЭТ (полиэтилентерефталат). Особых ограничений в приеме ПЭТ-тары нет. Подойдут любые разновидности: цветная и прозрачная, большого и маленького объемов, россыпью и в виде спрессованных брекето. Однако исключение все-таки есть – ПЭТ-бутылки из-под молока и кефира (белые и непрозрачные)

2. ПП (полипропилен). В нашем регионе организуется прием полипропиленовой пленки и мешков, ящиков, труб, а также различной одноразовой посуды.

3. ПНД (полиэтилен высокой плотности низкого давления). Утилизации подлежат ящики, канистры, бутылки, различные виды упаковок.

4. ПВД (полиэтилен низкой плотности высокого давления). В пункт приема можно принести пленки различных видов, в том числе воздушно-пузырчатая и стрейч-пленку, мешки, пакеты, флаконы от некоторых видов косметических средств и бытовой химии.

5. ПВХ (поливинилхлорид). Прием отходов данного вида полимера встречается значительно реже, чем ранее перечисленных, потому что большинство продукции, производимой из данного материала является продуктами потребления строительной сферы: натяжные потолки, двери, окна, линолеум, трубы, шланги и многое другое [5]. Однако существует отдельная услуга – прием автомобильного пластика (бамперы и комплектующие: обшивка дверей, пороги, подкрылки, детали интерьера)

Таким образом, на данный момент очень популярен прием именно пластиковой тары, по причине того, что сырье, получаемое в результате вторичной переработки очень востребовано не только на производствах, напрямую связанных с конкретным видом пластика, но и, например, в строительной отрасли.

Многие фирмы постепенно начинают наращивать обороты по введению полимеров в свои производства, закупая при этом тару на мусоросортирующих заводах.

Сегодня переработка и вторичное использование полимерных материалов – единственный способ сохранить экологию на нашей планете.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Ключникова Н. В., Пискарева А.О. Получение полимерного воска из отходов производств полиэтиленовых труб // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. 2 № 11. С 106-109.

2.Тужилин С.П., Лопатина Ю.А., Свиридов А.С. Переработка полимерных материалов методом свободного литья в вакууме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 7. С. 93-100.

3.Иванова, О. А. Утилизация и переработка пластиковых отходов / О. А. Иванова, Е. О. Реховская // Молодой ученый. 2015. №21. С. 54-56.

4.Тихонов Е.Г., Чулков В.О. Отходы и вторичные ресурсы. Статья первая // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2015. Том2, №3. С. 21-29

5.Арслонов, Д. Р. О технологии производства поливинилхлорида суспензионным методом / Д. Р. Арслонов, О. С. Максумова // Молодой ученый. 2021. № 49 (391). С. 11-13.

*УДК 66.099.2*

*Коробанова Е.В., Скворцов А.А.*

*Научный руководитель: Онищук В.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **О ВЫБОРЕ МЕТОДА И ОСОБЕННОСТЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ**

Эффективность современных технологий уплотнения порошкообразных материалов определяется индивидуальным набором интегральных показателей, включающих физико-механические и химические свойства уплотняемого материала, его склонность к уплотнению, особенности процесса при уплотнении материала или системы материалов, особенно если материалы системы находятся в разном фазовом состоянии.

Эффективность методов уплотнения зависит от механизма уплотнения, который определяется составом материала или системы материалов, а также и используемой аппаратурой [1], обеспечивающей реализацию процесса уплотнения.

Одним из наиболее распространенных видов уплотнения сыпучих материалов является окатывание, представляющее собой процесс формирования гранул путем агломерации и наслаивания частиц, который осуществляется в тарельчатых или барабанных грануляторах.

При структурном уплотнении порошкообразных материалов тонкодисперсные частицы под действием сил, определяемых методом уплотнения, образуют гранулы или прессовки, методы получения которых можно разделить на следующие группы [1,2]:

*а*-сухая грануляция, протекающая без жидкой фазы лишь под действием молекулярных или электростатических сил;

*б*- граничная грануляция, осуществляемая за счет распределения между частицами твердой фазы абсорбционных слоев жидкости; при этом причиной образования гранул считается различие в свойствах жидкости и частиц;

*в*-влажная грануляция, являющаяся результатом взаимодействия частиц твердой фазы с вязкой жидкостью, причем, определяющим фактором образования гранулы является ее гидродинамика, не учитывающая свойства частиц и их молекулярное взаимодействие;

*г*-грануляция, протекающая в результате образования кристаллизационных структур в виде твердофазных мостиков посредством сплавления, протекания химических реакции, действия вязких связующих веществ, склонных к отверждению или кристаллизации по разным механизмам [1,2].

Для выбора наиболее приемлемого из перечисленных методов, был проведен их критический анализ, целью которого было определение достоинств и недостатков применительно к возможности гранулирования порошков оксида алюминия.

Порошок оксида алюминия, как показал эксперимент, не склонен к гранулообразованию под действием сил молекулярного или электростатического взаимодействия, следовательно, метод (*а*) для поставленной задачи реализован быть не может.

Возможность использования метода граничной грануляции (*б*) зависит от того, порошок какой модификации оксида алюминия необходимо гранулировать. Поскольку в основе метода граничной грануляции заложен механизм образования агломератов, а в последствие и гранул, за счет распределения между частицами твердой фазы абсорбционных слоев жидкости, то материал, подвергаемый

грануляции, должен быть гигроскопичным, т.е. поглощать своей поверхностью определенное количество влаги, молекулы которой за счет сил поверхностного натяжения будут на начальном этапе образовывать зародыши гранул – агломераты. Использование любого из имеющегося набора «связующих» жидкостей органической или неорганической природы исключается по причине высоких требований к продукту по химической чистоте, определяемой в третьем знаке после запятой.

Оксид алюминия образует несколько полиморфных разновидностей, характеризующихся одним химическим составом, но различным строением кристаллической решетки, что объясняет различные свойства модификаций [3]. Наибольшее значение в технологии глинозема и материалов на основе оксида алюминия играют две из всех разновидностей -  $\gamma$ - и  $\alpha$ -модификации, причем  $\gamma$ -модификация характеризуется метастабильным состоянием [4], а  $\alpha$ -модификация может рассматриваться, как стабильная система.

Из двух рассмотренных материалов гигроскопичным является  $\gamma$ -модификация [3]. Следовательно, можно предположить, что этот порошок будет склонен к гранулообразованию по методу граничной грануляции, но ограничением могут быть 2 недостатка этого материала.

Первый недостаток – процесс получения порошка оксида алюминия  $\gamma$ -модификации связан с прокаливанием минерала бёмита в интервале температур 500...700°C, что увеличивает затраты на процесс в целом.

Второй, собственно, главный недостаток связан с требованиями технологии, запрещающей использовать гранулы, полученные из материала, интенсивно растрескивающегося при загрузке его в термические установки, а для перевода  $\gamma$ - в  $\alpha$ -модификацию потребуется термообработка при минимальной температуре 1200°C, что создает дополнительные энергетические затраты.

Вторая модификация оксида алюминия, которая широко встречается вестественных условиях –  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, так называемый  $\alpha$ -глинозем. Метод грануляции, протекающей в результате образования кристаллизационных структур (з) для данного материал использован быть не может, поскольку он при низких температурах является реакционно инертным. Следовательно, наиболее реализуемым методом, с учетом приведенных сведений, может рассматриваться метод влажной грануляции (в).

Решение задачи разработки процесса грануляции оксида алюминия  $\alpha$ -модификации осуществлялось на основе ранее разработанного принципа [5], заключающегося в получении

искусственного керамического вяжущего из глинозема и его использование при грануляции порошков глинозема. В данном случае, изучалась возможность процесса гранулирования смеси высококонцентрированной керамической вяжущей суспензии (ВКВС), полученной из порошка оксида алюминия  $\alpha$ -модификации, в смеси с порошкообразным оксидом алюминия  $\alpha$ -модификации.

В качестве параметров, оптимумы которых следовало найти, были приняты те, которые являются общепринятыми: диаметр тарели, угол ее наклона, частота вращения, удельный «расход» материалов, подаваемых на тарель гранулятора, соотношение жидкой (ВКВС) и твердой фаз, размер капель диспергируемой на тарель жидкости или связующего вещества.

В рассматриваемом случае, связующим веществом является ВКВС, а наполнителем, формирующим гранулу – порошок оксида алюминия. При поиске оптимальных значений перечисленных выше параметров изменять свойства порошка не представляется возможным, следовательно, остается направление регулирования свойств ВКВС, которые в итоге позволят успешно осуществлять грануляцию.

Что касается поиска оптимальных значений параметров работы гранулятора, то их поиск производился по общепринятому подходу [1].

Поиск оптимумов для ВКВС осуществлялся путем варьирования следующих ее свойств, которые зависят и от параметров ее получения, таких как: плотность, влажность, концентрация твердой фазы, время истечения, эффективная вязкость, напряжение сдвига, удельная поверхность и модалный размер частиц твердой фазы в ВКВС.

Эти показатели ВКВС во многом определяют эффективность процесса гранулообразования, который выглядит достаточно просто, если не вдаваться в его механизм и суть. При более детальном рассмотрении данного явления можно заметить, что оно очень сложное и состоит из несколько стадий: зародышеобразование, структурообразование скелета гранулы, реологии уплотнения и деформации [6,7].

Во время грануляции происходит изменение формы и размера гранул из-за их уплотнения, деформации и износа. Если говорить о геометрии формы, то ее определяют два фактора: геометрия динамики движения гранулы в процессе её окатывания и сопротивление материала гранулы к истиранию и деформации.

Первый фактор рассматривают динамику, иначе говоря, движение гранулы во время процесса. Гранула движется в различных направлениях, при этом ещё и вращаясь. Таким образом, за счёт того, что на гранулу происходит воздействие не только в одном направлении,

а в разных, причем примерно с равными усилиями, она приобретает форму, подобную шару.

Второй фактор – устойчивость материала к истиранию и деформации во время окатывания. В идеальной системе, если взять материал, который абсолютно не подвержен истиранию и деформации, можно получить гранулы формы максимально близкой к шару. Однако из-за того, что в реальных условиях идеальных условий не добиться, получается, что гранулы деформируются в большей или меньшей степени, что во-многом определяется геометрической формой порции ВКВС, формирующейся при дискретном питании тарели, а также поверхностным натяжением и вязкостью ВКВС, которые зависят, как отмечалось ранее от условий формирования ВКВС и соотношения твердой и жидкой фаз.

Немаловажными параметрами является и длина пути, которую проходит гранула от момента зародышеобразования до окончания процесса набора ее заданного объема и массы.

В этом случае необходимо определять средний радиус сегмента окатывания на тарели, который в целом определяет площадь окатывания, а, следовательно, удельный прирост массы и диаметра единичной гранулы. Естественно, что средний радиус определенной площади окатывания представляет собой разницу между большим и меньшим радиусами, значения которых задаются положением на тарели грануляторов рестрикторов-ограничителей.

Схема, которая использовалась для расчета параметров работы реального лабораторного гранулятора, приведена на рис. 1.

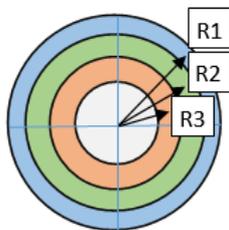


Рис. 1 Схема тарели гранулятора, используемая для расчета длины пути гранул и площадей их окатывания.

Размеры тарели гранулятора:

- диаметр – 0,42 м, высота борта – 0,05 м; число оборотов тарели – 12 об/мин

Среднее значение радиусов окатывания трех зон (рис. 1):  $R_1=0,19$  м,  $R_2 = 0,15$  м,  $R_3 = 0,11$  м. Отсюда, средняя длина пути окатывания гранул за один оборот тарели гранулятора при каждом из приведенных

значений среднего радиуса, составляет:  $L_1= 1,07$  м,  $L_2 = 0,942$  м и  $L_3 = 0,691$  м.

Площадь окатывания каждой из трех зон (рис.1) составляют:  $S_1= 0,0475$  м<sup>2</sup>,  $S_2= 0,038$  м<sup>2</sup> и  $S_3= 0,028$  м<sup>2</sup>. Суммарная площадь всех трех зон  $S_{общ}= 0,11$  м<sup>2</sup>

Значения угловой скорости ( $\omega$ ) в зонах с разными значениями среднего радиуса составляют при:  $R_1 \omega_1=1,26$  рад/с;  $R_2 \omega_2=1,26$  рад/с и  $R_3 \omega_3=1,26$  рад/с, следовательно, угловая скорость не зависит от радиуса оборота окружности.

Значения линейной скорости ( $v$ ) в зонах с разными значениями среднего радиуса составляют при:  $R_1 v_1=0,24$  м/с;  $R_2 v_2=0,19$  м/с и  $R_3 v_3=0,14$  м/с, что коррелирует с длиной пути окатывания.

Для определения зависимости «выхода» товарной фракции (диаметр гранул более 1мм), рестрикторами ограничивали определенную зону окатывания для изменения значений длины пути и площади окатывания, при этом получение гранул производилось при одинаковом соотношении «ВКВС-порошок» и с одинаковой длительностью процесса окатывания (табл.1).

Таблица 1 – Содержание товарной фракции и отсева гранул

Содержание определенной фракции гранул	Средний радиус зоны окатывания, м		
	0,11	0,15	0,19
Товарная фракция гранул (размер >1 мм)	70%	78%	92%
Отсев (размер <1 мм)	30%	22%	8%

Таким образом, выбран наиболее оптимальный способ гранулирования, учтены все особенности материала и определены граничные условия гранулирования на лабораторном тарельчатом грануляторе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назаров В.И., Мелконян Р.Г., Калыгин В.Г. Техника уплотнения стекольных шихт. М.: Легпромбытиздат. 1985. 128 с.
2. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М.: Химия, 1982. 272 с.
3. Соединения алюминия и алюминатные растворы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tdsm.ru/article/view/glava-iii-soedinenia-aluminia-i-aluminatnye-rastvory>. (Дата обращения 21.10.2022)

4. Чукин Г.Д. Структура оксида алюминия и катализаторов гидрообессеривания. Механизмы реакций. М.: Типография Паладин, ООО «Принта», 2010. 288 с.

5. Коробанова Е.В., Онищук В.И., Дороганов В.А., Евтушенко Е.И. Исследование процесса гранулирования искусственного керамического вяжущего на основе глинозема // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С.141-146.

6. Келбалиев Г.И. Механизм уплотнения упругосвязанных частиц в процессе гранулирования порошкообразных материалов // Теор. основ. хим. технол. 1992. Т. 26. № 3. С. 749–75.

7. Г. И. Келбалиев, В. М. Самедли, М. М. Самедов, Р. К. Касимова, Г. М. Мустафаева Исследование процесса формирования гранул при гранулировании порошкообразных материалов // AzerbajjanChemicalJournal. 2013. №4. С.21-27.

*УДК 004.056:519.81*

*Кориунов А.Г.*

*Научный руководитель: Ломазов В.А., д-р физ.-мат. наук, доц.*

*Белгородский университет кооперации, экономики и права,*

*г. Белгород, Россия*

## **ВЫБОР СТРАТЕГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫХ МОДЕЛЕЙ**

Стратегия информационной безопасности (ИБ) представляет собой четкий план действий с целями и задачами по защите важной информации и информационной инфраструктуры, который предназначен для руководства организаций и сотрудникам, которые несут ответственность за информационную безопасность. В рамках теоретико-игрового подхода к моделированию функционирования систем ИБ можно полагать, что стратегия ИБ является планом «игры» где присутствуют два игрока: «защитник» – система защиты, обеспечивающая ИБ объекта и «нападающий» – злоумышленник, цель которого состоит в нарушении ИБ.

Использование систем обнаружения угроз и вторжений и системы мониторинга, которые используют один и тот же набор параметров оценки не гарантируют полное обнаружение и устранение угроз и вторжений, которые являются специфичными для данной информационной системы. Одним из способов преодолеть эту

сложность является определением необходимых параметров мониторинга в процессе работы системы. Трудность эффективного динамического формирования параметров состоит в том, что размер области поиска экспоненциально зависит от мощности начального множества наблюдаемых параметров [1]. В рамках предлагаемого использования теоретико-игрового подхода каждому набору параметров мониторинга ставится в соответствие игровая стратегия «защитника», в то время как стратегии «нападающего» соответствует набор параметров угрозы ИБ объекта защиты.

Применяемые в настоящее время теоретико-игровые подходы к решению задач обеспечения информационной безопасности условно можно разделить на два основных класса [2] (рис.1).

Первый класс (условно класс А) – описывает взаимодействие «нападение – защита», предсказывая действия нападающих и определяя ответные действия защиты. В этом классе можно выделить подклассы игр.

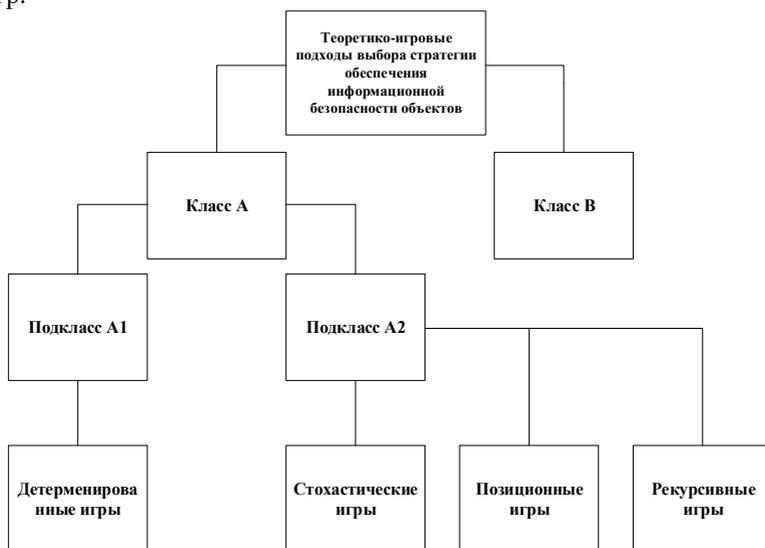


Рис. 1 Классификация теоретико-игровых подходов при выборе стратегий обеспечения информационной безопасности объектов защиты

Игры подкласса А1 позволяют исследовать взаимодействие «нападение – защита» в общих случаях (игры обычно ведутся двумя игроками – «нападающим» и «защищающимся», и у каждого из них имеются всего по два возможных действия: {«нападать», «не осуществлять никаких действий»} и {«защищаться», «не осуществлять

никаких действий»} соответственно). Исходя из этого, можно сделать вывод о преимуществах и недостатках такого подхода. Преимуществом является низкая сложность реализации, простота понимания, небольшое потребление ресурсов [3]. Недостатком является низкая точность и не самое точное описание динамики взаимодействия «нападающего» и «защищающегося». Чаще всего игры этого класса являются статическими играми.

В подклассе A2 рассматриваются более сложные сценарии нападения и защиты, специализированные под конкретные ситуационные параметры. Преимуществом игр подкласса A2 является лучшее описание динамики взаимодействия «нападающего» и «защищающегося» и большая реалистичность. Обратной стороной такого подхода является получение выводов о «правильном» поведении участников, для этого требуются значительные объемы вычислений, и даже в этом случае решение в ряде случаев может не обладать достаточной точностью.

Второй класс (условно класс В) – позволяет получать количественные оценки уровня защиты информационной системы путем предсказания действий нападающих и защитников.

Игра с полной информацией (детерминированная игра) – такая игра, в которой для соперников отсутствует элемент неопределённости. Для детерминированной игры теоретически можно просчитать все возможные ходы игроков и определить последовательность ходов (алгоритм), которая гарантированно приведёт по крайней мере одного из них к выигрышу или ничьей.

Стохастическая игра представляет собой случайный процесс с дискретным временем и дискретным пространством состояний, у которого случайные переходы из одного состояния в другое зависят от поведения обоих игроков. Число состояний предполагается конечным. На каждом шаге игра может находиться в одном из  $N$  возможных состояний. Один из игроков стремится выбрать стратегию, которая позволит максимизировать его суммарный средний выигрыш, накопленный к моменту остановки игры, в то время как противник выбирает стратегию, минимизирующую этот выигрыш.

Позиционная игра – игра, которая моделирует процессы последовательного принятия решений в условиях меняющейся во времени и неполной информации. В позиционной игре могут принимать участие конечное число игроков, каждый из которых может последовательно делать конечное число ходов, но некоторые ходы могут быть случайными, а сведения о них могут меняться от хода к ходу. Различают позиционные игры с полной информацией и

позиционные игры с неполной информацией. В позиционных играх с полной информацией каждый игрок при своем ходе знает ту позицию дерева игры, в которой он находится. В позиционных играх с неполной информацией игрок, который делает ход, не знает точно, в какой именно позиции дерева игры он фактически находится.

Рекурсивная игра – такая игра, где выбор стратегий игроками на каждом шаге определяет распределение вероятностей подигр, разыгрываемых на следующем шаге, или окончания партии. Выигрыши участников зависят только от последней разыгранной подигры. Существует ненулевая вероятность того, что партия никогда не закончится, в таком случае необходимо определить выигрыши игроков в случае бесконечной партии.

Если известны варианты действий (стратегии) каждой из сторон, а также выигрыш (или проигрыш) от каждого из вариантов действий, то имеется возможность сформулировать математическую модель ситуации в виде модели бескоалиционной антагонистической игры. На основе сформулированной задачи можно получить оптимальные стратегии стороны нападения и стороны защиты, требующие минимума ресурсов.

Выбор класса задач теории игр, к решению которых сводится выбор стратегии ИБ, обуславливается спецификой объекта защиты, а также типами угроз и возможностями имеющейся системы ИБ [4].

Одной из основных проблем применения теоретико-игрового подхода при поддержке принятия решений в сфере ИБ является сложность определения компонентов матрицы игры (значений затрат/ущерба при применении игроками своих стратегий) [5]. Использование наиболее часто применяемых способов (реальные и вычислительные эксперименты, расчеты по математическим моделям) ограничено спецификой предметной области. Поэтому представляется целесообразным использовать методологический аппарат экспертного оценивания (возможно в сочетании с традиционными методами) [6].

На основе проведенного анализа может быть сделан вывод о целесообразности использования теоретико-игрового подхода в качестве основы алгоритмического обеспечения системы поддержки принятия решений по выбору стратегий ИБ объектов защиты.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Басалова Г.В., А.А. Сычугов А.А., Применение методов теории игр для оптимизации выбора средств защиты информации // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 11. Ч.1. С. 122 – 128.

2. Лаврентьев А. В., Зязин В. П. О применении методов теории игр для решения задач компьютерной безопасности // Безопасность информационных технологий. 2013. Том 20. № 3. С. 19 – 24.

3. Новожилова М.В., Овечко К.А. Применение теории игр в задачах информационной защиты. 2006. РИ. № 3. С. 65 – 69.

4. Гостищева Т.В., Ломазов В.А., Малий Ю.В. Модели и методы проектирования систем защиты информации. Белгород: Изд-во БУКЭП, 2021. 175 с.

5. Ломазов А.В., Ломазов В.А., Петросов Д.А. Формирование иерархии оценочных показателей сложных динамических систем на основе экспертных технологий // Фундаментальные исследования. 2015. № 7–4. С. 760–764.

6. Ломазов В.А., Прокушев Я.Е. Решение задачи экономичного многокритериального выбора на основе метода анализа иерархий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2010. № 7 (78). С. 128–131.

**УДК 004.627**

***Крепышева А.А.***

***Научный руководитель: Коломыцева Е.П., ст. преп.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **МЕТОДЫ СЖАТИЯ ДАННЫХ**

В настоящее время необходимо разработать и использовать продвинутые методы сжатия данных. Конечно, сегодня человечество обладает не только огромными хранилищами, но и высокоскоростными способами обмена информацией. В то же время объем передачи данных постоянно увеличивается. Конечно, для обеспечения возможности хранения и передачи такого количества информации потребуется не только время и обширный канал передачи данных, но и большое хранилище цифровых данных. Для реализации этих задач используются различные методы сжатия информации.

Сказать, что известны тысячи различных способов сжатия данных, не является преувеличением, но многие из них значительно уступают другим и не представляют интереса, почему. Остальные методы можно разделить на три больших класса:

1. Алгоритмы статистического моделирования
2. Алгоритмы словарного сжатия
3. Алгоритмы сжатия сортировкой блоков

Лучшие по качеству сжатия методы статистического моделирования источников Маркова семейств PPM, DMC, ACB предсказывают вероятность появления следующего символа на основе анализа частоты появления разных последовательностей символов в ранее закодированной части сообщения.

Но эти методы имеют весьма низкую скорость сжатия и требуют большого размера оперативной памяти, скорость декодирования практически такая же, как и скорость кодирования.

Несмотря на очень неплохие характеристики с точки зрения качества сжатия, часто бывает нелегко или невозможно пользоваться алгоритмами статистического моделирования на практике из-за низкой скорости сжатия.

Остальные методы сжатия, называемые алгоритмами сжатия по словарю, а именно алгоритмы семейства LZ, в 1,3-1,7 раза уступают методам статистического моделирования по качеству сжатия, однако они обладают весьма высокой скоростью кодирования при относительно небольшом объеме требуемой памяти.

Большим преимуществом алгоритмов семейства LZ является чрезвычайно высокая скорость декодирования. Это позволяет использовать их в случаях, если декодирование выполняется гораздо чаще, нежели кодирование, или очень важна скорость декодирования (например, при хранении информации на CD-ROM, в сжатых файловых системах и т. д.)

Большинство нынешних систем сжатия данных построены на основе разных вариантов алгоритма LZ, который на протяжении многих лет заслуженно считается лучшим с точки зрения скорости и качества сжатия.

Методы сжатия сортировкой блоков приближаются к способам статистического моделирования по качеству сжатия (уступая им в 1,2-1,3 раза), а по скорости – к методам семейства LZ, при меньшем размере требуемой памяти по сравнению с методами статистического моделирования; скорость декодирования также довольно высока.

Алгоритмы сжатия путем сортировки блоков семейства BWT/BS, созданные в 1994 год Берроузом и Уилером разбивают закодированную последовательность на блоки символов, представляют знаки каждого блока так, чтобы имелось много повторений одного и того же символа, а затем сжимают преобразованные данные каким-нибудь достаточно несложным способом.

Как правило, вышеуказанные методы сжатия применяются не самостоятельно, а в сочетании с каким-либо методом энтропийного кодирования, заменяя символы их кодовыми словами – строками нулей

и единиц - так, чтобы более короткие слова соответствовали более часто встречающимся символам.

Подобные методы кодирования можно разбить на два больших класса: префиксные (методы Хаффмана, Шеннона, Шеннона-Фано) и арифметические.

Метод кодирования информации, основанный на деревьях бинарного кодирования, был предложен Д. Хаффманом в 1952 году, задолго до появления сегодняшнего цифрового компьютера. Метод Хаффмана является образцом построения кодов переменной длины с минимальной средней длиной. данный метод обеспечивает идеальное сжатие, то есть сжимает данные до их энтропии, если вероятности символов в точности равны отрицательным степеням числа 2.

Метод кодирования состоит из двух главных этапов:

Построение рационального кодового дерева.

Построение отображения кода-символа на основе построенного дерева.

Метод базируется на том факте, что некоторые символы из стандартного набора из 256 символов в произвольном тексте могут встречаться чаще, чем средний период повторения, а другие реже. Следовательно, если короткие последовательности битов менее 8 применяются для записи распространенных символов, а длинные последовательности используются для записи редких символов, то общий размер файла уменьшится. итогом является систематизация данных в виде дерева ("двоичное дерево").

Классический метод Хаффмана получает на входе таблицу частоты появления символов в сообщении. Далее, на основе этой таблицы, строится дерево кодирования Хаффмана (H-tree).

1. Символы входного алфавита создают список свободных узлов. Каждый лист имеет вес, который может быть равен или вероятности, или числу вхождений символа в сжатом сообщении;

2. Выбираются два свободных узла дерева с минимальными весами;

3. Их родительский элемент создается с весом, равным их общему весу;

4. Родительский узел добавляется в список свободных узлов, а два его дочерних узла удаляются из этого списка;

5. Бит 1 присваивается одной дуге, выходящей из родительской, бит 0 присваивается другой;

Шаги, начиная со второго, повторяются до тех пор, пока в списке свободных узлов не останется лишь один свободный узел. Это будет считаться корнем дерева.

Допустим, у нас есть следующая таблица частот.

Таблица 1 – Частоты

15	7	6	6	5
А	Б	В	Г	Д

На первом шаге из листьев дерева выбираются два с наименьшими весами - Г и Д. Они присоединяются к новому узлу- родителю, вес которого устанавливается  $5+6=11$ . потом узлы Г и Д удаляются из списка свободных. Узел Г соответствует ветви 0 родителя, узел Д - ветви 1.

На следующем шаге то же происходит с узлами Б и В, так как теперь эта пара имеет самый минимальный вес в дереве. Создается новый узел с весом 13, а узлы Б и В удаляются из списка свободных.

На следующем шаге «наилегчайшей» парой становятся узлы Б/В и Г/Д.

Для них еще раз формируется родитель, теперь уже с весом 24. Узел Б/В соответствует ветви 0 родителя, Г/Д - ветви 1.

На последнем шаге в списке свободных осталось лишь 2 узла - это узел А и узел Б (Б/В)/(Г/Д). В очередной раз создается родитель с весом 39, и бывшие свободные узлы присоединяются к разным его ветвям.

Поскольку свободным остается только один узел, метод построения дерева кодирования Хаффмана завершен.

Всякий символ, включенный в сообщение, определяется как объединение нулей и единиц, сопоставленных с краями дерева Хаффмана на пути от корня к соответствующему листу.

Для этой таблицы символов коды Хаффмана будут выглядеть так, как представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Коды Хаффмана

А	01
Б	100
В	101
Г	110
Д	111

Наиболее частый символ сообщения А закодирован минимальным числом бит, а наиболее редкий символ Д - наибольшим. Стоимость хранения закодированного потока, определенная как сумма длин

взвешенных путей, определится выражением  $15*1+7*3+6*3+6*3+5*3=87$ , что кардинально меньше стоимости хранения входного потока (312).

Поскольку ни один из принятых кодов не является префиксом другого, они могут быть однозначно декодированы при считывании их из потока.

Однако классический метод Хаффмана имеет один большой недостаток. Чтобы восстановить содержимое сжатого сообщения, декодер должен знать таблицу частот, используемую кодером. Это означает, что длина сжатого сообщения увеличивается на длину таблицы частот, которая должна быть отправлена раньше данных, что может свести на нет всю силу сжатия сообщения.

Второй метод сжатия префиксной информации-это кодирование Шеннона-Фано, названное в честь Клода Шеннона и Роберта Фано. В 1948 году Клод Э. Шеннон и Роберт М. Фано независимо предложили два различных метода исходного кодирования для эффективного изображения без исходной памяти. Несмотря на различия, обе схемы стали известны под одним и тем же кодовым названием Шеннон-Фано.

Метод Шеннона-Фано требует упорядочивания набора исходных признаков без увеличения их частоты. затем выполняются следующие шаги:

а) список символов делится на две части таким образом, чтобы суммы частот двух частей (обозначим их  $\Sigma 1$  и  $\Sigma 2$ ) были точно или приблизительно равны. В случае, когда четкого равенства добиться не удастся, различие между суммами должна быть минимальной;

б) 1 добавляется к кодовым комбинациям первой части, 0 добавляется к кодовым комбинациям второй части;

в) оценивается первая часть: если она содержит в себе только один знак, работа с ней завершена", считается, что код для ее знаков построен, и осуществляется переход к шагу г) для построения кода второй части. Если символов более одного, перейдете на шаг а) и повторите действие с первой частью, как с независимым упорядоченным списком;

г) оценивается вторая часть: если в ней есть только один знак, работа с ним окончена и доступен оставшийся список (шаг г). Если знаков больше одного, перейдите к шагу а), и действие повторяется со второй частью, как с независимым списком;

д) оставшая часть списка отсортирована: если он пуст, код собран, работа завершена. Если нет, выполняется шаг а).

Таким образом, в алгоритме сжатия главными параметрами являются скорость и качество. следовательно с возникновением новых

усовершенствованных методов некоторые из них больше не пользуются спросом и не используются отдельно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алгоритмы сжатия данных. — текст: электронный //: [сайт]. — URL:

[https://mf.grsu.by/uchproc/livak/po/comprsite/classification\\_intro.html](https://mf.grsu.by/uchproc/livak/po/comprsite/classification_intro.html)

(дата обращения: 18.10.2022).

2. Разработка алгоритмов определения необходимости использования типовых моделей датчиков Стативко Р.У., Коломыцева Е.П. известия юго-западного государственного университета. 2018. Т. 22. № 6 (81). С. 118-126.

УДК 622.276.63

*Крисанова П.К., Филатов А.А., Сотникова Ю.В.*

*Научный руководитель: Магадова Л.А., д-р техн. наук, проф.*

*Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, г. Москва, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ НАПРАВЛЕННЫХ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

Как известно, каналы фильтрации призабойной зоны пласта на протяжении периода эксплуатации месторождения подвергаются кольматации, что приводит к снижению гидродинамической связи с пластом. С целью интенсификации добычи углеводородов при ухудшенном состоянии окоскважинной зоны пласта проводят солянокислотные обработки. Для повышения эффективности кислотной обработки карбонатного пласта целесообразно применение самоотклоняющихся кислотных составов (СКС), которые представляют собой вязкоупругий раствор поверхностно-активного вещества (ПАВ) в соляной кислоте.

Механизм действия СКС основан на образовании в зонах с высокой проводимостью по мере нейтрализации соляной кислоты гелеподобной структуры, которая создает вязкостный барьер для остатка кислотного состава, направляя его в зоны с низкой проницаемостью. Данный барьер является временным, поскольку после завершения обработки при контакте с углеводородами происходит

резкое снижение его реологических свойств, что способствует быстрому освоению скважины и исключает ухудшение фильтрационных характеристик пласта [1...3].

В работе для исследования был выбран образец промышленного цвиттер-ионного ПАВ из класса амидобетаинов, синтезированного на основе технической олеиновой кислоты.

Исследовались реологические свойства растворов с массовой концентрацией ПАВ 2,5 % и 5% на ротационном вискозиметре Rheotest. В качестве основы для СКС была выбрана соляная кислота с массовой концентрацией 12 %.

Для составов была изучена зависимость изменения эффективной вязкости при одновременном снижении содержания соляной кислоты и возрастании содержания хлорида кальция. Процесс моделирования взаимодействия кислотных композиций с карбонатной породой осуществлялся на основании химической реакции соляной кислоты и карбоната кальция.

На рисунках 1-2 представлены экспериментальные зависимости эффективной вязкости самоотклоняющихся кислотных составов, содержащих 5 и 2 % масс. ПАВ, от степени нейтрализации соляной кислоты при скоростях сдвига  $40 \text{ с}^{-1}$ ,  $100 \text{ с}^{-1}$ ,  $170 \text{ с}^{-1}$ .

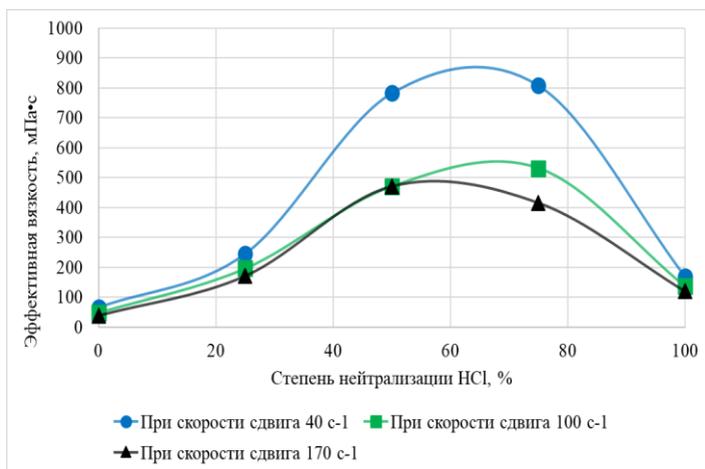


Рис. 1 Зависимость эффективной вязкости состава СКС с 5% масс. ПАВ при различных скоростях сдвига

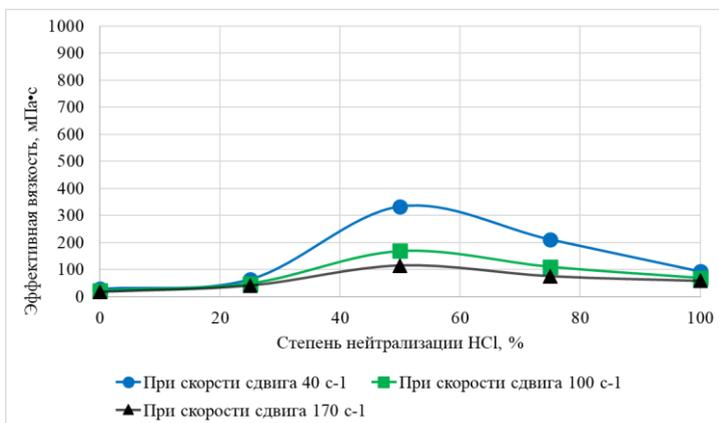


Рис. 2 Зависимость эффективной вязкости состава СКС с 2,5 % масс. ПАВ при различных скоростях сдвига

При исследовании СКС с различным содержанием ПАВ наблюдается резкое увеличение реологических свойств при увеличении степени нейтрализации кислоты. Максимум вязкости для кислотной композиции, содержащей 5 % масс. ПАВ, находится в области 50-70 % нейтрализации соляной кислоты, для композиции, содержащей 2,5 % масс. ПАВ, максимум находится в области 40-60 % нейтрализации соляной кислоты.

Повышение вязкостных характеристик при расходовании соляной кислоты и возрастании содержания хлорида кальция возможно объяснить следующим образом. Наличие электролитов в системе способствует переходу мицелл ПАВ из сферической формы в цилиндрическую. Длинные цилиндрические мицеллы ПАВ образуют сетчатую структуру за счет интенсивных межмолекулярных взаимодействий (силы Ван-дер-Ваальса и водородные взаимодействия). Образующаяся структура характеризуется высокими вязко-упругими свойствами, необходимыми для эффективного отклонения новых порций кислотного состава.

Зависимость эффективной вязкости от степени нейтрализации кислоты проходит через максимум. При дальнейшей нейтрализации соляной кислоты и увеличении содержания хлорида кальция наблюдается снижение реологических свойств составов [4...5].

Существует два основных объяснения наблюдаемого эффекта. С ростом концентрации электролита в растворе возможно образование разветвленных цилиндрических мицелл, системы которых характеризуются меньшими значениями вязкости. Также в

высокоминерализованной среде возможно образование другого типа мицеллярных структур – везикул, которые представляют собой шарообразные агрегаты, неспособные образовывать вязко-упругую систему.

Снижение концентрации цвиттер-ионного ПАВ в СКС с 5 % масс. до 2,5 % масс. в целях повышения экономических показателей показало заметное снижение вязкостных характеристик исследуемых составов.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что комплексы соляной кислоты и цвиттер-ионного ПАВ могут быть рассмотрены и использованы в качестве самоотклоняющихся кислотных композиций.

В дальнейшей работе планируется проведение ряда лабораторных испытаний по изучению реологических свойств кислотных составов с иными концентрациями цвиттер-ионного поверхностно-активного вещества, а также подбор оптимального содержания олеиламидопропилбетаина в СКС.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурячок С.А., Малыгин А.В., Ютяев М.А. Эффективная технология направленной кислотной обработки карбонатных коллекторов // Нефтегазовая вертикаль. 2014. №20. С. 31-35.

2. Кривошеков С.Н., Козырев Н.Д., Вяткин К.А., Равелев К.А. Комплексный подход к оценке эффективности проектируемой соляно-кислотной обработки с использованием результатов лабораторных исследований и гидродинамического моделирования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 7. С. 43–53.

3. Якимова Т.С. Самоотклоняющиеся кислотные составы как метод интенсификации добычи нефти в карбонатных коллекторах // Недропользование. 2021. Т. 21. № 4. С. 171-175.

4. Ефимов О.Д., Рахматуллина Ю.Ш., Валиев М.Ф., Черевиченко Д.С., Хасанова Л.Н. Повышение продуктивности добывающих скважин при применении самоотклоняющегося кислотного состава (на примере скважин Оренбургского НГКМ) // Экспозиция. Нефть. Газ. 2015. № 7. С. 48–50.

5. Пестриков А. В. Самоотклоняющиеся кислотные системы на основе вязкоупругих ПАВ: эксперимент и модель // Нефтегазовое дело. 2013. №4. С. 529–562.

УДК 544.016.2

*Куваева А.О.*

*Научный руководитель: Авдин В.В., д-р хим. наук, проф.  
Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОКСИГИДРОКСИДА ЦИРКОНИЯ**

Применение твёрдых электролитов на основе диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия (yttria stabilized zirconia, YSZ) для кислородпроводящих мембран, стимулировало расширение исследований по синтезу, характеристике и улучшению их свойств [1]. На основе тонких плёнок YSZ реализуются высокие потоки кислорода в этих мембранах [2]. YSZ обладает высокими механическими свойствами и является перспективным ионным проводником.

Золь-гель метод [2, 3] считается наиболее подходящим для синтеза оксигидроксида циркония из-за простоты реализации, низкой энергозатратности, высокой производительности и возможности регулирования характеристик получаемого золя.

На сегодняшний день, влияние ультрафиолетового излучения достаточно полно исследовано по отношению только к органическим полимерам. Этого нельзя сказать про вызывающие широкий интерес неорганические материалы. В ранее опубликованных работах [4, 5] показано влияние электромагнитного облучения на воспроизводимость и структуру формирующихся оксигидроксидных материалов.

Цель данного исследования заключается в выявлении закономерностей термического поведения конвенционально осажденного оксигидроксида циркония, подвергнутого УФ облучению.

Синтез образцов осуществляли золь-гель методом при помощи водного раствора аммиака в течение 1 ч. Длительность введения гидrolитического агента обусловлена стабильностью брутто-состава и физико-химических свойств продуктов гидролиза [6]. Получено по 3 образца не подвергшихся облучению и облучённых ультрафиолетом (светодиоды 395 нм, освещённость в реакторе – 600 Вт/м<sup>2</sup>).

Термическое поведение изучали методами термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии, совмещёнными с масс-спектрометрией газообразных продуктов термоллиза (ТГ–ДСК–МС) на синхронном термическом анализаторе Netzsch STA 449 F3 «Jupiter» с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403C «Aëolos». Скорость нагрева – 10 К/мин., атмосфера – аргон (50 мл/мин.).

Использовали корундовые микротигли (80 мкл). Перед нагревом печь с образцом трижды вакуумировали (2 мбар) с последующим заполнением аргоном. Масс-спектры записывали в режиме мониторинга масс 18 и 44 Да ( $H_2O$  и  $CO_2$ ). Со всех образцов записали кривые ТГ, ДСК, мониторинговые масс-спектры для 18 и 44 Да, а также численным дифференцированием кривой ТГ в программе Netzsch Proteus V. 5.2.1 построили кривые дифференциальной термогравиметрии (ДТГ).

На рис. 1 приведён пример кривых ТГ-ДТГ-ДСК-МС термолиза оксигидроксида циркония. Как видно из рисунка, дегидратация происходит без заметного разделения эффектов удаления связанной воды как по кривым ДТГ и ДСК, так и по кривой МС для 18 Да. Следует отметить синхронное выделение воды (18 Да) и углекислого газа (44 Да).

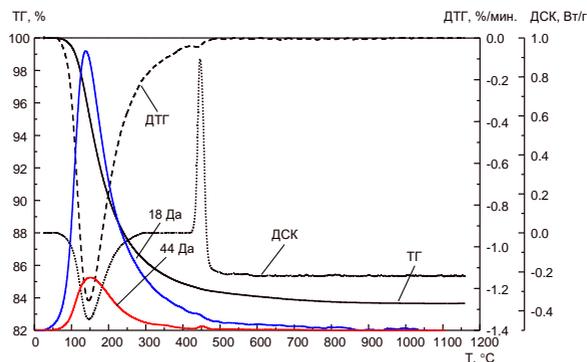


Рис. 1 Пример кривых ТГ-ДТГ-ДСК-МС оксигидроксида циркония

Разброс термолитических характеристик образцов, полученных в одинаковых условиях облучения, незначителен, в то время, как облучённые и необлучённые образцы различаются существенно: в облучённых образцах на 5...7 % меньше слабосвязанной воды, температуры дегидратации ниже на 6...7 °C, а температуры кристаллизации аморфного диоксида циркония выше на 10...11 °C в сравнении с необлучёнными гелями. Воспроизводимость термолитических характеристик и сравнение данных, полученных для облучённых и необлучённых образцов, показаны на рис. 2 на примере пиков кристаллизации (рис. 2а) по кривой ДСК и низкотемпературных максимумов дегидратации, полученных по данным масс-спектрометрии для 18 Да (рис. 2б).

Таким образом, электромагнитное излучение позволяет управлять физико-химическими характеристиками и термическим поведением оксигидроксида циркония.

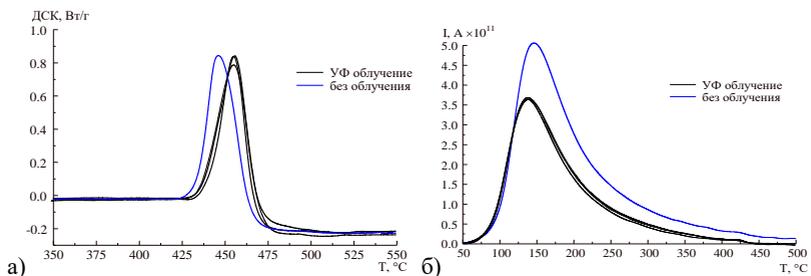


Рис. 2 Пики кристаллизации на кривой ДСК (а) и ионные токи дегидратации (18 Да) на мониторинговых масс-спектрах (б)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смеачетто Ф. Тонкопленочный электролит из диоксида циркония, стабилизированный оксидом иттрия, полученный методом высокочастотного напыления для применения в твердооксидных топливных элементах // *Materials Letters*. 2010. № 64 (22). С.2450–2453.
2. Хейрот С. Микроструктура и электропроводность тонких пленок YSZ, полученных методом импульсного лазерного осаждения // *Appl. Phys.* 2008. № 93 (3). С. 639–643.
3. Чжоу М. Синтез, обработка и определение характеристик твердых электролитов из диоксида циркония, стабилизированных кальцием, для приложений, связанных с измерением кислорода // *Mater Res Bull.* 2006. № 41. С. 690–696.
4. Батист А.В., Авдин В.В., Сухарев Ю.И., Мосунова Т.В. Сорбционные свойства оксигидрата циркония, полученного в особых условиях // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2006. №6(3). С.1131-1135.
5. Авдин В.В., Лымарь А.А., Батист А.В., Никитин Е.А., Белканова М.Ю., Потёмкин В.А. Особенности структурообразования оксигидратов тяжёлых металлов при малых скоростях формирования гелей // *Журнал структурной химии*, 2007. Т. 48. № 4. С. 796-801.
6. Буланова А.В. Особенности структурообразования оксигидроксида иттрия, полученного золь-гель и гидротермальным методами: дис. канд. хим. наук: Челябинск, 2021. С. 118.

УДК 544.034.4

*Куляшова Е.Н.*

*Научный руководитель: Семищев В.С., канд. хим. наук, доц.  
Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ АЛЬФА-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ТОНКОСЛОЙНЫХ СОРБЕНТАХ**

Особенность физики взаимодействия альфа-излучения с веществом накладывает специальные требования к химической однородности и толщине плоских образцов, применяемых в измерительной технике. Поэтому, среди методов пробоподготовки наиболее популярными являются физические и химические методы приготовления тонких плёнок, методы электроосаждения [1]. В случае анализа смеси изотопов, и особенно при низком их абсолютном содержании в пробе, исследователь вынужден применять неудобные химико-спектральные методы разделения, концентрирования и перевода образцов в плёнку [2]. Зачастую это ведёт к тому, что тонкослойный образец для измерения представляет собой многофазную неомогенную композицию, сохраняющую пористую структуру использованного материала, осаждаемой плёнки, сорбента. Влияние неоднородной структуры тонкослойного образца на результаты измерения представляют собой нерешенную до сих пор проблему [1]. Как отмечают авторы [3], даже для наиболее экспрессных радиоаналитических систем эксперименты с короткоживущими радионуклидами в водных растворах ограничены временем жизни альфа-излучателя не менее  $\sim 20$  с. Один из путей в решении проблемы экспрессного химико-радиоаналитического определения альфа-излучающих радионуклидов состоит в совмещении в одном месте концентрирования радионуклидов на тонкослойном ионообменнике, покрывающем поверхность альфа-детектора и последующее измерение альфа-спектра образца концентрата [3]. В приведённых авторами спектрах с разным временем экспозиции, заметно небольшое уширение линий спектра, причина которого может быть связана с особенностью физико-химического состояния сорбированных ионов в матрице ионита. Существующие компьютерные методы обработки альфа-спектров позволяют учитывать не только форму линии спектра при разных энергия, но и линию фона детектора, причём во всех компьютерных кодах предполагается, что форма линии спектра и фона не изменяется со временем экспозиции [1, 4, 5].

Между тем, имеются физико-химические причины, способные приводить к заметному уширению спектров альфа-излучателей, находящихся в рабочем объеме измеряемой плёнки. Эти причины имеют диффузионный характер и связаны с естественной неоднородностью распределения адсорбированного альфа-радионуклида по глубине плёнки, приготовленной путём адсорбции радионуклида на её поверхность при подготовке пробы, самопроизвольным выравниванием естественного градиента концентрации радионуклида от поверхности плёнки к объёму за счёт процессов диффузии/самодиффузии радионуклида. Учитывая, что коэффициенты диффузии микроколичеств ионов в зерне органических ионитов составляют при комнатной температуре порядок  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  см<sup>2</sup>/с а в неорганических ионитах  $10^{-10}$ - $10^{-16}$  см<sup>2</sup>/с [6], диффузионные процессы с проникновением радионуклида в глубину плёнки измеряемого образца могут протекать уже в процессе его измерения в течение часов-месяцев, и приводить к систематическому сдвигу величины ПШПВ в альфа-спектрах радионуклидов. Целью настоящего исследования являлось экспериментальное наблюдение за изменением со временем экспозиции формы альфа-спектров радионуклидов – преимущественно альфа-излучателей, введенных в состав поликристаллических тонких пленок сорбционного материала с переходно-пористой структурой.

Наиболее интересным объектом для изучения диффузии оказался сорбент MnO<sub>2</sub>-ТАЦ, поэтому оценка параметров процесса диффузии радия и полония была проведена именно для данного объекта. Оптические микрофотографии сорбента MnO<sub>2</sub>-ТАЦ до сорбции и после сорбции доказывают, что в результате сорбции не происходит какого-либо заметного видоизменения поверхности сорбента MnO<sub>2</sub>-ТАЦ, что в итоге подтверждает предположение о том, что уширение пиков на альфа-спектрах насыщенных образцов сорбента связано именно с диффузией альфа-излучателей вглубь сорбента, а не с процессами деградации поверхности или осаждения каких-либо соединений на поверхности сорбента.

Среднее массовое содержание слоя диоксида марганца, кристаллизующегося на сорбенте MnO<sub>2</sub>-ТАЦ в форме расмделлита (плотность 4,37 г/см<sup>3</sup>), составляет 199 мкг/см<sup>2</sup>, что соответствует средней толщине слоя 456 нм. Траектория полета альфа-частицы – прямолинейная, это объясняется тем, что она в  $7 \cdot 10^3$  тяжелее электрона, с которым ей приходится сталкиваться, проходя через электронную оболочку атома, поэтому частицы почти не меняет направление полета. Проходя через вещество, частицы совершает десятки тысяч соударений,

постепенно теряя энергию. Потери энергии из-за торможения альфа-частиц в слое  $MnO_2$  можно оценить по традиционной формуле Бете.

Исходя из расчетов, потери энергии альфа-частиц в  $MnO_2$  варьируются от 250 до 300 кэВ на мкм в зависимости от начальной энергии альфа-частицы. Таким образом, все потери энергии  $\alpha$ -частицами в диапазоне 100 - 150 кэВ можно объяснить диффузией радионуклидов в слой диоксида марганца и замедлением в нем  $\alpha$ -частиц. Как сказано ранее, триацетат целлюлозы - пористая среда; таким образом, потери энергии выше 150 кэВ можно объяснить диффузией альфа-излучателей в поровое пространство триацетатцеллюлозы, которое, вероятно, заполнено диоксидом марганца.

Исследуемый в данной работе вариант с тонким плоским источником альфа-излучателя, диффундирующего вглубь сорбента по всей предоставленной площади, должен удовлетворительно одномерным приближением.

В качестве первого объекта для такой математической обработки был взят альфа-спектр сорбента  $MnO_2$ -ТАЦ после сорбции полония-210 из раствора с  $pH = 1,1$  в течение 28 дней (рис. 1а). По зависимости линейных потерь энергии от энергии альфа-частицы для упрощения примем, что средняя потеря энергии в интервале исходной энергии альфа-частицы от 5,3 МэВ до 4,7 МэВ составляет 262 кэВ/мкм.

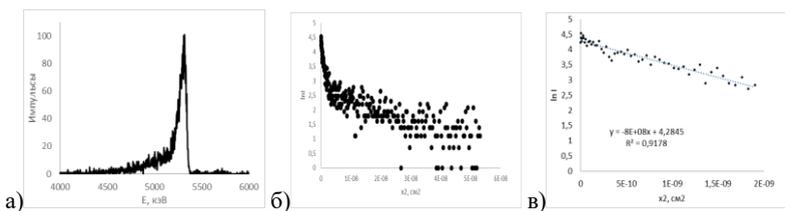


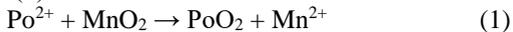
Рис. 1 Альфа-спектр сорбента  $MnO_2$ -ТАЦ после сорбции Po-210 в кислой среде (а) и последовательная обработка и линеаризация (б, в)

Пересчитывая в спектре потери энергии (разницу между начальной энергией альфа-частицы и фактически зафиксированной в спектре) в пробег альфа-частицы в сорбенте, можно получить зависимость, которая фактически отражает распределение альфа-излучателя в профиле сорбента. После линеаризации полученной зависимости перестраиваем ее в координатах " $\ln I - x^2$ " (рис. 1б). Видно, что данная зависимость имеет практически линейный характер, однако в последней трети, соответствующей околофоновому «хвосту» альфа-спектра, наблюдается существенный разброс экспериментальных

точек. Поэтому линейную обработку проводили только для левой части зависимости при  $x^2 < 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2$ , при этом полученный коэффициент корреляции составил  $R^2 = 0,9178$ . Рассчитанный коэффициент диффузии составил  $D = 1,3 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2/\text{с}$ .

Аналогичным образом были обработаны альфа-спектры образцов сорбента  $\text{MnO}_2$ -ТАЦ после сорбции полония-210 (6 недель,  $\text{pH} = 6,2$ ) и радия-224 (7 суток,  $\text{pH} = 6,2$ ). Средняя потеря энергии в интервале исходной энергии альфа-частицы от 8,8 МэВ до 8,2 МэВ составляет 81,7 кэВ/мкм. По результатам обработки полученных линейных зависимостей методом наименьших квадратов было рассчитано, что коэффициенты диффузии полония-210 и радия-224 в нейтральной среде составили  $3,5 \cdot 10^{-17} \text{ см}^2/\text{с}$  и  $9,9 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2/\text{с}$  соответственно.

Согласно Carvalho и др. [7], наиболее устойчивой формой состояния полония в нейтральных средах в отсутствие сильных окислителей и восстановителей является ион  $\text{Po}^{2+}$ , так же, как и радий. При этом ионный радиус  $\text{Po}^{2+}$  (2,3 Å) значительно выше, чем у  $\text{Ra}^{2+}$  (1,52 Å), что частично может объяснить более низкую подвижность полония в слое диоксида марганца. Еще одним объяснением различного поведения полония может быть другой механизм сорбции полония диоксидом марганца. Согласно диаграмме  $\text{pH} - \text{Eh Po}$ , возможна следующая реакция обмена (1):



Благодаря указанной реакции обмена можно ожидать осаждение диоксида полония на поверхности слоя диоксида марганца либо за счет образования собственной фазы (менее вероятно ввиду крайне низкой концентрации полония), либо из-за частичного замещения марганца полонием в кристаллической решетке диоксида марганца (более вероятно). В этом случае следует ожидать гораздо меньшей подвижности полония, как это наблюдалось в экспериментах. Третьим возможным объяснением меньшей подвижности полония является его высокая склонность к гидролизу и образованию коллоидных форм. При этом очевидно, что коллоидные частицы вполне могут быть адсорбированы на поверхности сорбента, но в силу своего крупного размера физически не могут диффундировать вглубь диоксида марганца, пока не произойдет разрушение коллоида с высвобождением полония в ионном виде, что, судя по всему, является достаточно длительным процессом. Значение коэффициента диффузии может указать на ход протекания процесса. Так, если значение коэффициента мало, то это значит, что процесс диффузии происходит в кристаллическом теле по кристаллической решетке. Увеличение значения коэффициента показывает, что диффузия идет по трещинам

или порам. Большой коэффициент диффузии будет указывать на протекание процессов в жидкостях или газах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00931.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Garcia-Torano, E. Current status of alpha-particle spectrometry. Review. Applied Radiation and Isotopes. 2006 г., Т. 64, стр. 1273–1280.
2. Bickel, M., Holmes, L., Janzon, C., Koulouris, G., Pilvio, R., Slowikowski, B., Hill, C. Radiochemistry: inconvenient but indispensable. Appl. Radiat. Isot. 53 (1–2), 5. 2000 г., Т. 53, 1-2, стр. 5-7.
3. D. Krupp, U.W. Scherer. Prototype development of ion exchanging alpha detectors. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A. 2018, Т. 897, с. 120-128.
4. T. Babeliowsky, g. Bortels. Alfa: A program for accurate analysis. Appl. Radiat. Isot. 1993 г., Т. 44, 10/11, стр. 1349-1358.
5. Cerda, V. Automation of radiochemical analysis by flow techniques. A review. Trends in Analytical Chemistry. 2019 г., Т. 118, стр. 352-367.
6. Ф., Гельферих. Иониты. М: Иностранная литература, 1962. стр. 492.
7. Douglas G. Brookins Eh-pH Diagrams for Geochemistry / Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988. – 176 с.

УДК 535.333

*Лебедева А.А., Воронков В.А.*

*Научный руководитель: Сыромолотов А.В., канд. хим. наук, доц.  
Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

## СИНТЕЗ, СПЕКТР, СИЛОВОЕ ПОЛЕ ОСНОВАНИЯ ШИФФА

Квантово-химические расчеты позволяют получать некоторые важные характеристики соединений: УФ и ИК-спектр вещества, энергию активации возможных реакций, энергию связей и т.п. Важно, что они не требуют больших материальных и временных затрат, и абсолютно безопасны с точки зрения влияния на здоровье человека. За последние сто лет развития квантовой теории подобные методы значительно усовершенствовались. Как следствие, они «перешли из кабинетов физиков теоретиков в народные массы». Стали доступными, понятными и автоматизированными. Но по-прежнему возникает вопрос о точности таких методов (здесь и в дальнейшем имеется в виду

точность метода в сравнении с экспериментом), т.к. они не всегда универсальны и требуют уточнения границ применимости. Один из «свежих» подходов – это теория функционала плотности (DFT), которая в последнее время получила широкое распространение.

Цель нашей работы: установить пригодность метода DFT [1,2] с использованием функционала B3LYP и базисом 6-311++g(3d2f,3p2d) для расчета характеристик органических молекул, содержащих атомы из первого и второго периода Периодической системы Д. И. Менделеева, на конкретном примере (молекулы содержащие «сильно линейные» (индекс Балабана  $B < 3$  [3]) фрагменты структуры, которые содержат большое число атомов углеродного скелета ( $n > 10$ ) не рассматриваются).

Для этого было синтезировано вещество (Рис. 1) (*E*)-4-[(3-метокси-4-гидроксифенилиден)амино]-1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3Н-пиразолон-3 (для удобства дадим ему тривиальное название «ВААП»), а также рассчитаны спектр вещества, типы колебаний, методом DFT B3LYP 6-311++g(3d2f,3p2d) в программе Gaussian, и силовые константы межатомных связей в молекуле.

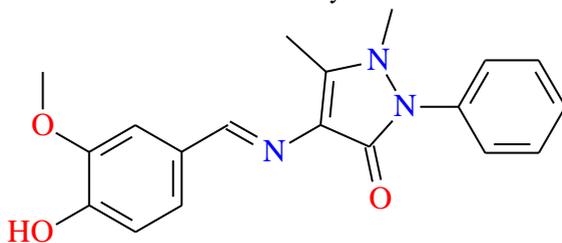


Рис. 1 Строение молекулы ВААП

Вещество ВААП представляет собой основание Шиффа, полученное конденсацией 4-аминоантипирина и *p*-ванилина.

Изучение оснований Шиффа выявило наличие различных, важных функций, включая противогрибковую, антибактериальную, противомаларийную, противовоспалительную, противовирусную, жаропонижающую и др. [4,5]

Поэтому продолжение изучения этой группы веществ, поиск закономерности связи «структура-свойство» – это важная и актуальная задача.

Синтез ВААП проводился по схеме (Рис. 2):

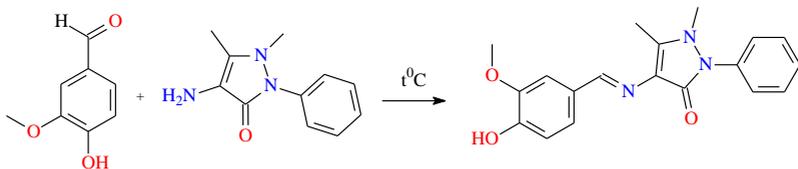


Рис. 2 Схема синтеза ВААП

К 5 ммоль *p*-ванилина растворенного в 25 мл этанола прибавили раствор 5,25 ммоль 4-аминоантипирина, растворенного в 15 мл этанола. Смесь поместили на электрическую плитку и медленно нагрели до 60 °С, выдержали 2 часа, выключили нагрев и медленно охлаждали до комнатной температуры, затем охлаждали в холодильнике. Выпавшие кристаллы отфильтровали в вакууме на фильтре Шотта, промыли холодным этанолом и просушили. [6]

Температуры плавления синтезированного продукта и используемых реактивов определяли с помощью прибора для определения температуры плавления ПТП (М) (метод открытой капиллярной трубки).

Чистоту соединения устанавливали тонкослойной хроматографией с использованием пластинок для тонкослойной хроматографии Silufol с силикагелем в качестве неподвижной фазы и соответствующих смесей следующих растворителей в качестве подвижной фазы: ДХМ, этилацетат, изопропиловый спирт. Разрешенные пятна визуализировали с помощью йодной камеры.

ИК-спектр снимали на ИК-Фурье спектрометре фирмы Nicolet Series С в таблетках бромида калия.

Выход составил 58%, получили желтые игольчатые кристаллы. Температура плавления 197-200 °С. ИК спектр (см<sup>-1</sup>): 556, 593, 619, 702, 769, 816, 869, 971, 1039, 1133, 1150, 1216, 1259, 1285, 1379, 1415, 1455, 1497, 1518, 1630, 2920, 3116. Rf=73,2% (Рис. 3).

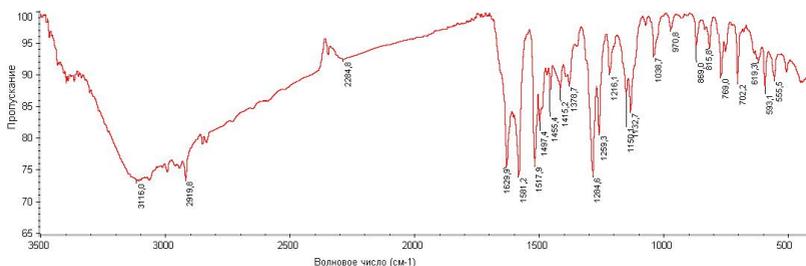


Рис. 3 Экспериментальный ИК спектр ВААП

На рисунке 4 (Рис. 4) приведен расчетный спектр ВААП, а также сравнение расчетного и экспериментального спектра на рисунке 5 (Рис. 5).

Как можно видеть совпадение реальных и расчетных спектров довольно хорошее. Можно заключить, что метод DFT B3LYP с базисом 6-311++g(3d2f,3p2d) дает удовлетворительный расчетный результат в прогнозе ИК спектра для такого рода молекул.

При синтезе новых оснований Шиффа, с ранее неизученной молекулярной структурой, «имея на руках» расчетный спектр, полученный по вышеописанному методу, можно с хорошей точностью установить и распознать синтезированное вещество.

В дополнение к спектру в работе приведены значения силовых коэффициентов (Рис. 6), рассчитанные в координатах  $X_8^0$ , которые были предложены Л. С. Маянцом и Г. Б. Шалтупером [7,8]. Они показывают «жесткость связей» в молекуле.

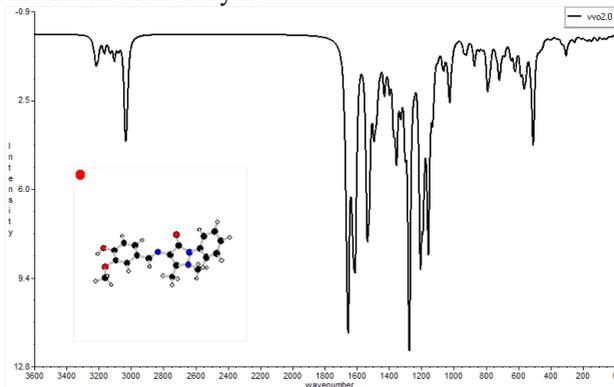


Рис. 4 Спектр вещества ВААП, рассчитанный в рамках метода DFT B3LYP 6-311++g(3d2f,3p2d)

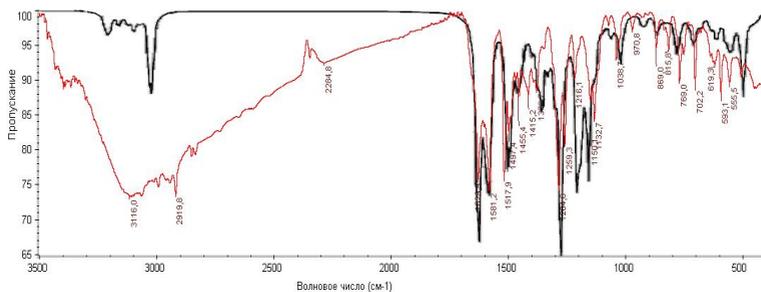


Рис. 5 Сравнение расчетного (черная линия) и экспериментального (красная линия) спектра

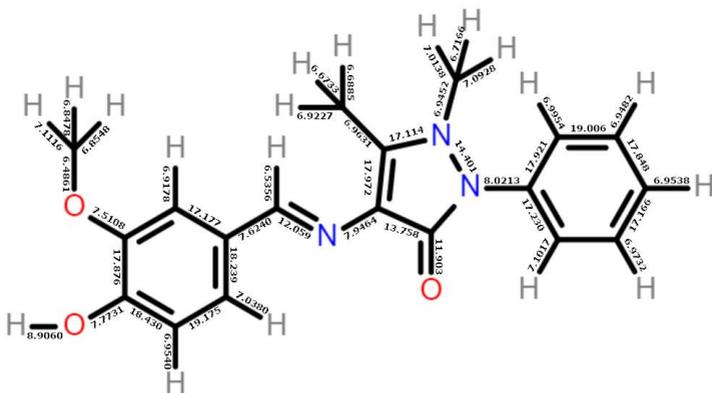


Рис. 6 Силовые коэффициенты связей, в  $\text{mdyn}/\text{Å}$

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кон В. Электронная структура вещества – волновые функции и функционалы плотности // Успехи физических наук. 2002. Т. 172. №3. С. 336 – 344.
2. Бутырская Е.В. Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView. М.: Изд-во СОЛОН-ПРЕСС, 2011. 224 с.
3. Станкевич М.И., Станкевич И.В., Зефилов Н.С. Топологические индексы в органической химии // Успехи химии. 1988. №3. С. 337–366.
4. Guo Z., Xing R., Liu S., Zhong Z., Wang L. Antifungal properties of Schiff bases of chitosan, N -substituted chitosan and quaternized chitosan // Carbohydr Res. 2007. V. 342. №10. P. 32.
5. Степин С.Г., Железняк Н.В., Мырадов О.Г., Дикусар Е. А. Синтез и исследование антибактериальной активности полуаминалей и оснований Шиффа на основе сульфаниламида // Вестник фармации. 2019. №3. С. 88–93.
6. Степин С.Г., Дикусар Е.А., Ворона Д.В., Акишина Е.А. Синтез и физико-химические характеристики (е)-4-[(2-гидрокси-3-метоксибензилиден)амино]-1,2-дигидро-1,5- диметил-2-фенил-3н-пиразолона-3 // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации. 2020. Т. 75. С. 316-318.
7. Савчик Д.В., Балькин В.П., Белик А.В. Решение колебательной задачи при использовании  $X_0^0$  координат на примере молекулы аммиака // Вестн. Челяб. гос. ун-та. 2010. № 12. С. 73–77.
8. Маянц Л.С., Шалтупер Г.Б. Новый подход к полному расчету колебаний любых молекул // Докл. АН СССР. 1972. № 206. С. 657–660.

*Линец В.В.*

*Научный руководитель: Онищук В.И., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРОЗРАЧНЫЙ ЦВЕТНОЙ СИТАЛЛ – ИМИТАЦИЯ ДРАГОЦЕННЫХ ИЛИ ПОЛУДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ**

Ситаллом называют искусственный материал микрокристаллического строения, полученный методом катализируемой кристаллизации стекла соответствующего состава, обладающий по сравнению с этим стеклом более высокими значениями физико-химических свойств [1].

Несмотря на весьма широкий выбор типов ситаллов, многозначим и неотъемлемым является прозрачный ситалл. Условием получения прозрачных ситаллов является специальная термообработка – кристаллизация, благодаря которой содержащийся в стекле катализатор процесса, побуждает образовываться в объеме аморфного стекла центров кристаллизации, которые на всем протяжении термообработки растут и достигают определенных размеров. Так, для получения прозрачных ситаллов, размер кристаллов должен составлять не более половины длины диапазона волн видимого участка электромагнитного спектра. Учитывая то, что этот диапазон находится в интервале 400...740 нм, размер кристаллов не должен превышать 570 нм. В этом случае тонкозакристаллизованный материал сохраняет оптическую прозрачность и по внешнему виду напоминает обычное прозрачное стекло, которое может иметь и легкий цветной оттенок.

Вместе с определенным размером участков кристаллической фазы в прозрачных ситаллах должны быть сходными и показатели преломления кристаллов и стекловидной фазы, что позволяет избежать рассеивание света при переходе из фазы «стекло» в «кристалл» и наоборот [1].

По своим химико-физическим свойствам и параметрам ситаллы близки к натуральным драгоценным и полудрагоценным камням. Такой важный параметр как показатель преломления у ситалла близок к изумруд, гранату, топазу, а твердость большинства ситаллов находится в диапазоне 6,5...7 единиц Мооса [2].

Придавая этому материалу различные цвета путем введения окрашивающих стекло оксидов, коллоидных или молекулярных

красителей, а также регулируя параметры химического состава, термической обработки и последующей механической обработки, можно заменить такими материалами большинство драгоценных и полудрагоценных камней – изумруд, топаз, гранат, сапфир, цитрин и др.

Существуют различные составы стекол (см. таблицу 1) и режимы термообработки для получения ситаллов соответствующих цветов, которые могут быть окрашены с использованием различных механизмов.

Так ситаллы, получаемые в системе «плаггиоклаз-нефелин», содержащие в качестве катализаторов кристаллизации MgO, ZnO или CdO, имеют белый цвет, а содержащие MnO, CoO, NiO, FeO или Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, могут быть окрашены в серый, зеленый (см. таблицу 2), голубой, коричневый или желтый цвета [3].

Таблица 1 – Составы стекол для получения цветных ситаллов

Компоненты	Составы стекол для получения цветных металлов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	61,7	51,8	54,1	51,8	58,7	63,1	57,4	51,8	59,7
Na <sub>2</sub> O	21,8	27,9	17,5	23,9	17,1	16,6	21,3	23,9	20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,5	20,3	28,4	24,3	24,2	20,3	21,3	24,3	20,3
CdO	3,9	14,0	4,2						
TiO <sub>2</sub>	8,4	8,6	9,0	7,9	7,9	7,8	7,8		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								0,11	0,11

Таблица 2 – Режимы термообработки стекол системы нефелин-плаггиоклаз и свойства получаемых ситаллов

№ состава	Термическая обработка						Свойства ситаллов		
	1-й этап		2-й этап		3-й этап		ТКЛР 1/°С	Плотность г/см <sup>3</sup>	Цвет
	Нагрев °С	Выдержка, часов	Нагрев °С	Выдержка, часов	Нагрев °С	Выдержка, часов			
1	800	2	900	8	1000	8	-	-	Белый
2	800	1	950	4	1000	6	-	-	>>
3	800	2	900	4	1000	6	-	-	>>
4	790	3	900	3	1060	3	-	-	Зеленый
5	790	3	900	3	1060	3	-	-	Голубой
6	800	2	1000	8	-	-	109	2,644	>>
7	800	2	1000	8	-	-	-	-	Зеленый
8	700	3	800	3	1020	3	-	-	Серый
9	700	3	800	3	1020	3	-	-	>>

Технология производства ситаллов базируется на нескольких последовательных процессах:

1-й этап – процесс варки стекла включает протекание стадий силикато- и стеклообразования в шихтах, содержащих необходимое количество катализатора кристаллизации, при этом температура варки стекла должна превышать температуры плавления ее наиболее тугоплавких компонентов не менее, чем на 100°C;

2-й этап – формование стеклоизделий и последующее их охлаждение до температуры образования микроскопических частиц катализатора, которая может быть на 50°c выше температуры отжига; время выдержки при этой температуре определяется максимально возможным выделением частиц катализаторов кристаллизации, так называемых центров кристаллизации;

3-й этап – нагрев до такой температуры, которая обеспечивает увеличение роста кристаллов (центров кристаллизации) до тех размеров, которые обеспечивают ситаллам заданные физико-механические, термические, оптические или другие эксплуатационные свойства;

4-й этап – отжиг закристаллизованных изделий, представляющих собой охлаждение их до комнатной температуры с определенной скоростью.

Важно отметить необходимость строгого поддержания температур на каждом из описанных этапов, отклонение от которых могут привести к получению продукта, не отвечающего по своим свойствам искомому [3].

Для изучения соответствия показателей свойств искомому, а также при проектировании ситаллов, обладающих необходимым набором химических, физико-механических, оптических и др. свойств используют различные методы исследования: дифференциальный термический анализ, рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализы, оптическую и электронную микроскопию.

Дифференциальный термический анализ – метод исследования, заключающийся в нагревании или охлаждении образца с определённой скоростью и записи временной зависимости разницы температур между исследуемым образцом и образцом сравнения (эталоном), не претерпевающим никаких изменений в рассматриваемом температурном интервале [4]. Этот метод позволяет узнать, при каких температурах происходят тепловые эффекты, а вследствие этого, определить, при каких температурах происходит появление и рост кристаллов.

Фазовый, рентгенофазовый качественный и/или количественный анализ позволяет идентифицировать различные кристаллические фазы, определять их относительные концентрации в смесях на основе анализа дифракционной картины, регистрируемой от исследуемых порошковых образцов. Этот метод изучения структуры ситаллов позволяет узнать, какие именно кристаллические фазы и их количество выделилось в полученном материале.

Рентгенофлуоресцентный анализ – один из современных спектроскопических методов исследования вещества с целью получения его элементного состава. С помощью этого метода можно узнать химический состав ситалла.

Электронная микроскопия – один из методов исследования микроструктуры твердых тел, их электрических и магнитных полей, локального состава с применением совокупности электронно-зондовых методов. Проводится для определения размера получаемых кристаллов в ситалле и об их структуре.

Таким образом можно говорить об исследовательской базе настоящего времени, которая позволяет не только производить проектирование ситаллов, но и их получение и исследование всех интересующих исследователя свойств этих загадочных материалов, размер кристаллических частиц в которых находится на манометровом уровне.

Сегодняшнее состояние потребления ювелирной промышленностью России драгоценных и полудрагоценных камней мало чем отличается от предыдущих десятилетий. Это связано с психологией потребления большинства членов любого общества, основывающейся на сравнительном анализе цен и качества ювелирных изделий, а также выводах о целесообразности приобретения изделий с большей стоимостью, если изделия подешевле обладают сходными показателями качества [5].

Справедливость такого выбора уже на протяжении 125 лет удачно доказывает продукция всемирно известной фирмы Swarovski [6], которая с марта 2022 года приостановила продажи своей продукции в России. Этот факт доказывает актуальность выполнения работ, связанных с разработкой составов и технологии получения материалов, обладающих не только высокими декоративным эффектом, но и показателями эксплуатационных свойств, которыми обладают прозрачные ситаллы.

Понятно, что определенная, высокодоходная и обеспеченная часть населения России всегда будет приобретать натуральные драгоценные камни, но ниша материалов, которые удачно имитируют драгоценные и

полудрагоценные камни, как показывает опыт фирмы Swarovski, всегда найдет своего потребителя, особенно в современных подсанкционных условиях, следовательно это направление можно расценивать как направление, обладающее высоким потенциалом для промышленной реализации в ювелирной промышленности и других направлениях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлушкин Н. М. Основы технологии ситаллов. М.: Стройиздат, 1979. 360 с.
2. В. Л. Соломахо, Р. И. Томилин, Б. В. Цитович, Л. Г. Юдовин. / Справочник конструктора-приборостроителя. проектирование. Основные нормы – Минск: Вышэйшая школа, 1988. 272 с.
3. Бережной А.И. Ситаллы и фотоситаллы. Изд-во Машиностроение, 1966, 348 с.
4. Егунов В. П. Введение в термический анализ. Самара, 1996. 270 с.
5. Сайт визуализации данных о международной торговле [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oec.world/en/profile/hs/precious-semi-precious-stones-nes-worked-not-set> (дата обращения 10.10.2022).
6. Swarovski приостановила продажи в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20220304/swarovski-1776442237.html> (дата обращения 15.10.2022).

**УДК 576.532**

*Маланьева А.Г., Аймалетдинов А.А.*

*Научный руководитель: Закирова Е.Ю., канд. биол. наук*

*Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Институт фундаментальной медицины и биологии, НИЛ Регенеративная ветеринария, г. Казань, Россия*

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТЕОГЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МСК *IN VITRO*

Мезенхимные стволовые клетки (МСК) - это клоногенные полипотентные клетки-предшественники, которые обладают определенным иммунофенотипом, дифференцировке *in vitro* во все элементы стромального микроокружения. Источником МСК могут служить костный мозг (КМ), эмбриональная, жировая ткань (ЖТ),

печень и др. [1]. Поэтому МСК применяют *in vivo* в регенеративной медицине и ветеринарии для стимуляции процессов репарации. [2, 3].

Учитывая все вышеперечисленное, целью нашей работы было изучить эффективность прохождения дифференцировки в остеогенном направлении МСК из жировой ткани (МСК - ЖТ) собаки *in vitro* при использовании разных индукционных остеогенных сред и генетической модификации плазмидой МСК- ЖТ, содержащей видоспецифичный для собак ген *bmp2*. Так как плазмидная конструкция предназначалась для изучения остеогенеза *in vivo*, в нее также был встроены видоспецифичный ген фактора роста эндотелия сосудов 164 (*vascular endothelial growth factor 164, vegf 164*) собаки.

1. Материалы и методы. Получение жировой ткани собаки, выделение и культивирование МСК проводилось по методике, описанной ранее [4]. Полученные клетки высевали в 24-луночный планшет и по достижению монослоя 80% конfluenceности выделяли четыре группы. В контрольной группе МСК-ЖТ культивировались в среде  $\alpha$ -МЕМ (Пан-Эко, Россия), содержащей 10% фетальной бычьей сыворотки (ПанЭко, Россия), 100 Ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ L-глутамин (ПанЭко, Россия). Во 2 группе (группа коммерческая среда) МСК-ЖТ индукцию к остеодифференцировке проводили с использованием коммерческой среды StemPro® Osteogenesis Differentiation Kit (Life Technologies, США). МСК-ЖТ 3-й группы (группа сборная среда) культивировали в индукционной среде, состоящей из  $\alpha$ -МЕМ, 10% фетальной бычьей сыворотки, 100 нМ дексаметазона (Sigma, США), 0,5 мкМ 2-фосфата аскорбиновой кислоты (Sigma, США), 100 ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина 2 мМ L-глутамин (ПанЭко, Россия). Через 10 сут культивирования в среду для остеогенной дифференцировки добавляли 0,2 мкМ раствора  $\beta$  – глицерофосфата (Sigma, США). Клетки 4 группы (генномодифицированная группа), после трансфекции плазмидой pBud-clVEGF164-clBMP2, культивировали на  $\alpha$ -МЕМ, содержащей 10% сыворотки плодов коров, 100 Ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ L-глутамин. Дифференцировку проводили в течение 21 сут.

Для подтверждения прохождения остеогенной дифференцировки МСК-ЖТ использовали метод: окрашивание образцов Ализариновым красным S (ПанЭко, Россия). Для окрашивания Ализариновым красным S клетки фиксировали 4% формалином 30 мин при комнатной температуре. Промывали фосфатным буфером (ПанЭко, Россия). Окрашивали 2% раствором Ализаринового красного S с pH 4,1-4,3 в течение 5 мин. Связавшийся краситель экстрагировали 10% уксусной

кислотой 15 мин при покачивании на шейкере. Оптическую плотность определяли на Infinite M200 pro (TECAN, Австрия) при длине волны 415 нм. Статистическую обработку результатов проводили с использованием методов первичного статистического анализа при помощи программы Excel 2016. Вторичную статистическую обработку проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна - Уитни. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

2. Результаты. Полученные клетки адгезировались на дне культурального пластика, имели фибробластоподобную морфологию, а также экспрессировали маркеры МСК Thy-1, CD 29, CD 105, CD 44, CD 73, CD 71, CD 10, ICAM -1 и не экспрессировали маркеры гематопозитических стволовых клеток CD 34, CD 45.

Результаты определения оптической плотности раствора после окрашивания Ализариновым красным S после проведенной остеодифференцировки отражены в таблице.

Таблица1 – Эффективность метода остеоиндукции МСК-ЖТ собаки

Группы	Контрольная	Коммерческая среда	Сборная среда	Генномодифицированные клетки
Оптическая плотность раствора	0,134±0,008	0,733±0,11***	0,175±0,01*	0,135±0,007

Примечание: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,005$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$  по сравнению с соответствующим контролем.

3. Обсуждение. Превращение МСК в остеобласты проходит в несколько этапов: пролиферация остеогенных клеток, выработка внеклеточного матрикса и его минерализация. Основными признаками происходящей остеодифференцировки является изменение морфологии клеток, выработка ЩФ, выработка белков внеклеточного матрикса, минерализация матрикса [5]. Представленные результаты продемонстрировали значительное связывание красителя кальцием внеклеточного матрикса в образцах с коммерческой средой по сравнению с контролем. Оптическая плотность в образцах с генномодифицированными клетками достоверно не отличалась, что говорит о незначительном отложении кальция. Окружая себя минерализованным матриксом, остеобласты осуществляют терминальную дифференцировку превращаясь в зрелые высокодифференцированные клетки костной ткани - остециты. При этом синтетическая активность клеток снижается [6]. Полученные в

результате эксперимента данные показали, что коммерческая дифференцировочная среда является наилучшим, в данном случае, вариантом проведения остеодифференцировки МСК- ЖТ для лабораторных исследований, т.к. при ее использовании наблюдается наиболее полная кальцификация внеклеточного матрикса. В условиях отсутствия коммерческой дифференцировочной среды для прохождения образцами всех этапов остеодифференцировки можно воспользоваться многокомпонентной прописью среды.

Полученные данные об особенностях остеодифференцировочного процесса генномодифицированных стволовых клеток могут быть применены не только в фундаментальной науке при изучении механизмов остеогенеза, но и в современной ветеринарии, где МСК применяются в качестве индуктора остеогенеза при терапии сложных, долго не срастающихся переломов у собак [7].

#### 4. Финансирование работы

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030)

#### 5. Соблюдение этических стандартов

На проведение процедуры по забору жировой ткани было получено разрешение локального этического комитета Казанского федерального университета (№ 1 от 23.02.2015 на проведение научного исследования по теме «Генная и клеточная терапия в регенеративной ветеринарной медицине»). На проведение всех операций по забору жировой ткани было получено письменное согласие владельца животного.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dominici M., Le Blanc K., Mueller I., Slaper-Cortenbach I., Marini F., Krause D., Deans R., Keating A., Prockop D., Horwitz E. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. The International Society for Cellular Therapy position statement // *Cytotherapy*. 2006. V. 8. №4. P. 3.

2. Zakirova, E.Y., Valeeva, A.N., Masgutov, R.F., Naumenko, E.A., Rizvanov, A.A. Application of Allogenic Adipose-Derived Multipotent Mesenchymal Stromal Cells from Cat for Tibial Bone Pseudoarthrosis Therapy (Case Report) // *BioNanoScience*. 2017. V. 7(1). P. 207–211.

3. Zakirova E.Y., Zhuravleva M.N., Masgutov R.F., Usmanov R.A., Rizvanov A.A. Isolation, analysis and application of authogenic adipose

derived multipotential mesenchymal stromal cells from dog for therapy pseudoarthrosis of tibial bone // *Genes and Cells*. 2014. V 9(3). P. 70–75.

4. Zhuravleva M.N., Khaliullin M.R., Masgutov R.F. Recombinant Plasmid DNA Construct Encoding Combination of vegf165 and bmp2 cDNAs Stimulates Osteogenesis and Angiogenesis In Vitro // *BioNanoSci*. 2017. V. 7. P. 288–293.

5. Жерносеченко А., Исайкина Я., Михалевская Т. Выбор носителя и условий дифференцировки мезенхимальных стволовых клеток для восстановления костной ткани // *Наука и инновации*. 2019. №5. С. 58–61.

6. Yeom J., Ma S., Lim Y.H. Probiotic *Propionibacterium freudenreichii* MJ2 Enhances Osteoblast Differentiation and Mineralization by Increasing the OPG/RANKL Ratio // *Microorganisms*. 2021. V. 9(4). P. 673.

7. Franco G. G., Minto B. W., Dreibi R. M., Costa Junior J. S., Dias L. G. G. Percutaneous application of allogeneic adipose-derived mesenchymal stem cell in dogs submitted to minimally invasive plate osteosynthesis of the tibia // *Acta Cirúrgica Brasileira*. 2021. V. 36.

УДК 576.532

*Маланьева А.Г., Аймалетдинов А.А.*

*Научный руководитель: Закирова Е.Ю., канд. биол. наук*

*Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Институт фундаментальной медицины и биологии, НИЛ Регенеративная ветеринария, г. Казань, Россия*

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЩФ ПРИ ОСТЕОГЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ МСК *IN VITRO***

В настоящее время термин мезенхимные стволовые клетки (МСК) обозначает клоногенные полипотентные клетки-предшественницы способные к адгезии на пластике, дифференцировке *in vitro* во все элементы стромального микроокружения и обладающие определенным иммунофенотипом. Эти свойства позволяют применять МСК *in vivo* в регенеративной медицине и ветеринарии для стимуляции процессов репарации. [1, 2] Согласно современным данным, МСК-ЖТ экспрессируют ген *bmp2* в нативном состоянии [3]. Однако существенным недостатком при использовании этого белка является короткий период полураспада и быстрая деградация [4]. Поэтому, для стимуляции остеогенеза МСК как *in vitro*, так и *in vivo* возможно применение генетической модификации клеток генами, кодирующими

ВМР [5]. Известно, что трансфекция *in vitro* МСК плазмидными конструкциями, содержащими ген *bmp2*, приводит к увеличению уровня щелочной фосфатазы (ЩФ) в клеточном лизате МСК, подвергнутых индукции [6, 7].

Учитывая все вышеперечисленное, целью нашей работы было подтвердить прохождение дифференцировки в остеогенном направлении МСК из жировой ткани (МСК - ЖТ) собаки *in vitro* при использовании разных индукционных остеогенных сред и генетической модификации плазмидой МСК- ЖТ, содержащей видоспецифичный для собак ген *bmp2*.

1. Материалы и методы. Получение жировой ткани собаки, выделение и культивирование МСК проводилось по методике, описанной ранее [8]. Полученные клетки высевали в 24-луночный планшет и по достижению монослоя 80% конфлюэнтности выделяли четыре группы. В контрольной группе МСК-ЖТ культивировались в среде  $\alpha$ -МЕМ (Пан-Эко, Россия), содержащей 10% сыворотки плодов коров (ПанЭко, Россия), 100 Ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ L-глутамин (ПанЭко, Россия). Во 2 группе (группа коммерческая среда) МСК-ЖТ индукцию к остеодифференцировке проводили с использованием коммерческой среды StemPro® Osteogenesis Differentiation Kit (Life Technologies, США). МСК-ЖТ 3-й группы (группа сборная среда) культивировали в индукционной среде, состоящей из  $\alpha$ -МЕМ, 10% фетальной бычьей сыворотки, 100 нМ дексаметазона (Sigma, США), 0,5 мкМ 2-фосфата аскорбиновой кислоты (Sigma, США), 100 ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина 2 мМ L-глутамин (ПанЭко, Россия). Через 10 сут культивирования в среду для остеогенной дифференцировки добавляли 0,2 мкМ раствора  $\beta$  – глицерофосфата (Sigma, США). Клетки 4 группы (генномодифицированная группа), после трансфекции плазмидой pBud-clVEGF164-clBMP2, культивировали на  $\alpha$ -МЕМ, содержащей 10% сыворотки плодов коров, 100 Ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина, 2 мМ L-глутамин. Смену сред осуществляли каждые 3 суток. Дифференцировку проводили в течение 21 сут.

Для подтверждения прохождения остеогенной дифференцировки в МСК-ЖТ использовали метод – определение активности ЩФ. Активность ЩФ в клеточных лизатах определяли с помощью набора Novo (Вектор-Бест, Россия). Оптическую плотность определяли колориметрическим методом при длине волны 415 нм на фотометре S/N 12743 Bio-Rad laboratories (Bio-Rad, США). Ферментативную активность вычисляли в пересчете на концентрацию общего белка в Е/л.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием методов первичного статистического анализа при помощи программы Excel 2016, результаты которого представлены в виде среднего арифметического значения по выборке и стандартного отклонения. Вторичную статистическую обработку данных проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна - Уитни. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

2. Результаты. Полученные клетки адгезировались на дне культурального пластика, имели фибробластоподобную морфологию, а также экспрессировали специфические маркеры.

Результаты определения активности ЩФ после проведенной остеодифференцировки отражены в (таблице).

Таблица 1 – Эффективность метода остеоиндукции МСК-ЖТ собаки

Группы	Контрольная среда	Коммерческая среда	Сборная среда	Генномодифицированные клетки
Активность ЩФ, Е/л	1,7±0,02	2,3±0,01*	4,3±0,3**	6,2±0,1***

Примечание: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,005$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$  по сравнению с соответствующим контролем.

3. Обсуждение. Основными признаками происходящей остеодифференцировки является изменение морфологии клеток, выработка ЩФ, выработка белков внеклеточного матрикса, минерализация матрикса [9]. О начале дифференцировки МСК в направлении остеогенеза может свидетельствовать активность ЩФ. Данный фермент активен на ранних стадиях дифференцировки клеток в остеобласты [10]. Для установления направления и наличия остеобластов в культуре определяли активность ЩФ в образцах. Согласно полученным данным (табл.), активность ЩФ была наиболее высокой в трансфицированных плазмидой МСК-ЖТ. При культивировании МСК-ЖТ на коммерческой индукционной среде активность ЩФ была самой низкой из всех образцов, подвергшихся дифференцировке.

Механизмы индукции дифференциации МСК в остеонаправлении сложны и являются предметом фундаментального изучения [11]. Представленное исследование свидетельствует о необходимости сместить акцент от точечного изучения эффектов локальных генов к множественным изменениям генно-регуляторного профиля и действию биологически активных соединений, которые ответственны за

реализацию различных, полностью не изученных остеогенных факторов эндогенного и экзогенного происхождения. Полученные данные об особенностях остеодифференцировочного процесса генномодифицированных стволовых клеток могут быть применены не только в фундаментальной науке при изучении механизмов остеогенеза, но и в современной ветеринарии, где МСК применяются в качестве индуктора остеогенеза при терапии сложных, долго не срастающихся переломов у собак [12].

#### 4. Финансирование работы

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

#### 5. Соблюдение этических стандартов

На проведение процедуры по забору жировой ткани было получено разрешение локального этического комитета Казанского федерального университета (№ 1 от 23.02.2015 на проведение научного исследования по теме «Генная и клеточная терапия в регенеративной ветеринарной медицине»). На проведение всех операций по забору жировой ткани было получено письменное согласие владельца животного.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Zakirova, E.Y., Valeeva, A.N., Masgutov, R.F., Naumenko, E.A., Rizvanov, A.A. Application of Allogenic Adipose-Derived Multipotent Mesenchymal Stromal Cells from Cat for Tibial Bone Pseudoarthrosis Therapy (Case Report) // *BioNanoScience*. 2017. V. 7(1). P. 207–211.

2. Zakirova E.Y., Zhuravleva M.N., Masgutov R.F., Usmanov R.A., Rizvanov A.A. Isolation, analysis and application of authogenic adipose derived multipotential mesenchymal stromal cells from dog for therapy pseudoarthrosis of tibial bone // *Genes and Cells*. 2014. V 9(3). P. 70–75.

3. Nepali S., Park M., Lew H., Kim O. Comparative Analysis of Human Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells from Orbital and Abdominal Fat // *Stem Cells International*. 2018. V. 2018. 9pages.

4. Nedorubova I., Buharova T., Vasilyev A., Goldshtein D., Kulakov A. Non-viral delivery of the BMP2 gene for bone regeneration // *Gene & Cells*. 2020. V.4. P. 33-39.

5. Wegman F., Bijenhof A., Schuijff L. Osteogenic differentiation as a result of BMP-2 plasmid DNA based gene therapy in vitro and in vivo // *Eur. Cells Mater*. 2011. V. 21. P. 230-42.

6. Loozen L. D., Wegman F., Öner F. C., Dhert W. J., Alblas J. Porous bioprinted constructs in BMP-2 non-viral gene therapy for bone tissue engineering // Journal of Materials Chemistry. 2013. V. 1(48). P. 6619-6626.
7. Zhuravleva M.N., Khaliullin M.R., Masgutov R.F. Recombinant Plasmid DNA Construct Encoding Combination of vegf165 and bmp2 cDNAs Stimulates Osteogenesis and Angiogenesis In Vitro // BioNanoSci. 2017. V. 7. P. 288-293.
8. Zakirova E.Y., Vasin N.N., Zhuravleva M.N., Rizvanov A.A.. Case report of application gene construction with VEGF and BMP2 in restoration of tear in the anterior cruciate ligament of a large breed dog // Genes and Cells. 2014. V. 9(2). P. 93–95.
9. Caliarì S.R., Harley B.A.C. Structural and biochemical modification of a collagen scaffold to selectively enhance MSC tenogenic, chondrogenic, and osteogenic differentiation // Advanced healthcare materials. 2014. V. 3(7). P. 1086-1096.
10. Naumenko E., Zakirova E., Guryanov I., Valeeva A., Fakhrullin R. Composite biodegradable polymeric matrix doped with halloysite nanotubes for the repair of bone defects in dogs // Clays and Clay Minerals. 2021. V. 69(5). P. 522-532.
11. Gimble, J., Guilak, F. Adipose-derived adult stem cells: isolation, characterization, and differentiation potential // Cytotherapy. 2003. V 5(5). P. 362-369.
12. Franco G. G., Minto B. W., Dreibi R. M., Costa Junior J. S., Dias L. G. G. Percutaneous application of allogeneic adipose-derived mesenchymal stem cell in dogs submitted to minimally invasive plate osteosynthesis of the tibia // Acta Cirúrgica Brasileira. 2021. V. 36.

#### УДК 574.2

*Марфуненкова Е.В.*

*Научный руководитель: Агапова И.Б., канд. биол. наук, доц.  
Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия  
Научный консультант: Нода И.Б., директор ФГБУ «Станция  
агрохимической службы «Ивановская»*

### **ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВОГРУНТОВ ИВАНОВСКОГО РАЙОНА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В настоящее время нефтепродукты представляются одними из наиболее общераспространенных и ядовитых веществ на территориях, нарушенных в итоге антропогенной деятельности. В связи с

загрязнением ингредиентов окружающей среды имеется установка к уменьшению общей площади земель аграрного применения и снижению их продуктивности.

Актуальность работы: нефтепродукты – группа довольно общераспространенных и опасных поллютантов, которые приводят к резкому ухудшению всех качеств почв, что, в свою очередь, лишает их способности удерживать главные экологические функции, меняет обстоятельства жизни почвообитающих организмов и растений, отрицательно воздействует на почвенное плодородие.

При нефтяном загрязнении, прежде всего, существенно изменяются морфологические признаки почвы. Для загрязненных почв характерен более темный цвет по сравнению с незагрязненными аналогами, большая плотность, наличие маслянистых и радужных пленок по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, появление столбчатой структуры в нижней части профиля почв [4].

В качестве биоиндикатора тест-растения был использован кресс-салат. Кресс - салат однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжёлыми металлами, а также к загрязнению воздуха выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей.

При подготовке к отбору образцов на территории Ивановского муниципального района, обратились к сотрудникам ФГБУ «Станция агрохимической службы «Ивановская» для координации точек сбора. Приоритетными показателями для определения точек сбора стали: территории сельскохозяйственной деятельности (фермы, пашни, угодия и прочее) и их расположение вблизи возможных источников загрязнения нефтепродуктами.

В итоге было отобрано 19 проб почвы для анализа и 1 образец для контроля – эталонного измерения.

Для исследования токсичности почв участков из образцов была извлечена почвенная вытяжка. Для этого пробы почвы по 200 грамм каждой с каждой точки сбора, поместили в емкость и добавили по 400 мл дистиллированной воды [2]. Получившуюся смесь взболтали и оставили на сутки. После этого произвели фильтрацию, почвенные остатки удалили, а полученной вытяжкой увлажнили семена растений в равном количестве для каждого исследуемого участка. Вытяжку хранили на протяжении всего исследования в темном месте и холодном месте.

В ходе опыта фиксировались всхожесть, длина надземной и подземной частей растений в каждом варианте.

Емкости (пищевые пластиковые контейнеры) заполнили до половины инертным субстратом (0,2 л вермикулита). Для каждого образца высаживали по 100 семян кресс-салата (предварительная оценка всхожести партии семян оставила 98%), увлажнили почвенной вытяжкой. По мере высыхания субстрата, его смачивали соответствующей вытяжкой.

Всхожесть семян в опытных образцах варьировалась от 27% до 98%. Максимальная всхожесть – 88%, исключая контрольную точку, была отмечена для пробы из с. Ново-Талицы. Минимальное значение – 27% в пробе у трассы Р-600 в непосредственной близости от аэропорта.

Максимальные показатели длины подземной части отмечаются в контрольной группе. Минимальные значения ( $3,69 \pm 0,01$  мм) отмечены для растений, которые выращивались в пробах почвы с. Ново-Талицы, с. Ново-Талицы – д. Залесье, д. Кадниково, соответственно.

Аналогичные результаты были получены и для надземной части проростков: минимальные показатели ( $3,36 \pm 0,12$  мм) отмечались для пробы из с. Подвязновский.

Для получения общей оценки токсичности почвенного покрова для выбранных участков был рассчитан усредненный индекс токсичности тест-реакций (ИТР) - всхожесть, средняя длина подземной части, средняя длина надземной части растений.

$$\text{ИТР} = \frac{\text{ТР}_o}{\text{ТР}_k}$$

где  $\text{ТР}_o$  и  $\text{ТР}_k$  – число регистрируемых тест – реакций в опыте и контроле соответственно.

Полученные результаты интерпретировались в соответствии со шкалой токсичности тестируемого фактора [3].

Усредненный индекс токсичности тест-реакций для пробных участков показал, что почвенный покров относится к III классу (средней степени токсичности) с тенденцией к переходу к IV классу (низкой токсичности).

Фитотоксический эффект почвогрунтов показал, что большинство проб (10) не проявляют свойств фитотоксичности. Для 5 образцов отмечена сильная фитотоксичность (обусловлено массовой гибелью растений), для 3 образцов отмечена слабая фитотоксичность, для 1 образца отмечается средняя фитотоксичность в соответствии с используемой шкалой оценки [3].

Флуориметрическим методом с помощью анализатора жидкости «Флюорат-2» было определено содержание нефтепродуктов в

собранных образцах, которое колеблется от 3,2 до 9,4 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается для образца, отобранного у д. Семиново.

Рассчитанный коэффициент корреляции Пирсона между содержанием нефтепродуктов в почвах и данных о всхожести семян тест-растений составил  $r = -0,25$ ; между длиной надземной части растений (среднее значение) и содержанием нефтепродуктов составил  $r = -0,01$ , для подземной части (среднее значение) —  $r = -0,14$ ; с учетом массовой гибели:  $r = -0,43$  и  $r = -0,45$ , соответственно.

Возможно такие значения коэффициентов корреляции между содержанием нефтепродуктов и параметрами развития тест-растений можно объяснить тем фактом, что токсичное действие одних компонентов может быть нейтрализовано или усилено присутствием других [1].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. Киров: ООО «Типография «Старая вятка», 2012. С. 3-10.

2. Жакова В. А., Вельяминова Н. В., Потылицына Е. Н. Оценка загрязненности почвы с помощью кресс-салата //Редакционный комитет. – С. 24.

3. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений. СПб.: СПбГУ, 2004.

4. Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромысловыми водами и сырой нефтью // Вестник ОГУ. 2007. – №4. – С. 133-139.

УДК 544.653.3

*Маслий В.И., Лебедева А.А., Агеенко Е.И.*

*Научный руководитель: Колесников А.В., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.  
Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

## ВЛИЯНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Лигнин является вторым по распространенности природным веществом в мире после целлюлозы и ежегодно около  $5 \times 10^6$

метрических тонн лигнина производится промышленностью. Большая часть промышленного лигнина сжигается для производства технологического пара и энергии. Тем не менее, использование лигнина в качестве топлива экономически нецелесообразно; денежный эквивалент лигнина, используемого в качестве топлива составляет 0,18 долл. США/кг, а ориентировочная стоимость лигнина, используемого в химической конверсии может достигать 1,08 долл. США/кг. Несмотря на свой потенциал, лигнин как сырье для химической переработки недостаточно активно используется промышленностью. [1]

Учитывая растущий спрос на передовые электрохимические системы, есть необходимость разрабатывать новые электродные и электролитные материалы с более высокими характеристиками, более длительным сроком службы и низкой стоимостью. Было продемонстрировано, что лигнин, один из доступных и распространенных природных полимеров, является потенциальным сырьем для получения электрохимических материалов таких как электроды и добавки к электролитам. [2]

Одним из производных лигнина являются лигносульфонаты. Лигносульфонат (ЛСТ), побочный продукт отработанного сульфитного раствора в целлюлозной промышленности, является дешевым поверхностно-активным полиэлектролитом анионного характера. Содержание в структуре ЛСТ функциональных групп, таких как:  $-\text{OH}$ ;  $-\text{COOH}$ ;  $-\text{SO}_3\text{H}$  обеспечивает уникальные поверхностно-активные свойства.

Сообщается о применении ЛСТ в процессах разработки недорогих и экологичных химических источников тока, а также в модификации электродов. [3]

Нами было рассмотрено влияние лигносульфоната на поведение ионов цинка, свинца и кадмия в ходе их совместного определения методом инверсионной вольтамперометрии.

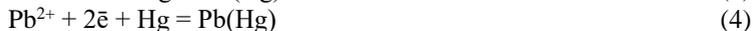
Основная задача исследования заключается в изучении зависимости интенсивности аналитического сигнала от концентрации ЛСТ в растворах с разным уровнем pH: 3,33; 3,86 и 4,30. А также в рассмотрении влияния ЛСТ на кинетические параметры реакции разряда ионов металлов на электроде.

Выбор кислотности фоновых растворов обусловлен перекрытием пиком водорода пика цинка на вольтамперограмме при pH меньше трех и осаждением оксида ртути из раствора фонового электролита при pH более 4,40.

Суть метода инверсионной вольтамперометрии заключается в выделении металлов из разбавленного раствора на ртутно-графитовом

электроде. После происходит электрорастворение определяемых металлов в ходе которого наблюдается зависимость силы тока от потенциала, эта зависимость имеет форму, ярко выраженного пика, который можно наблюдать на экране ЭВМ. Площадь данного пика (S) или его высота (h) строго пропорциональны концентрации определяемого иона:  $h=f(C)$ . Разметку пиков проводили по характерным точкам. [4]

Рабочая поверхность ртутно-графитового электрода - ртуть, электроосаждение которой проводится совместно с осаждением определяемых ионов с образованием амальгам:



В ходе анодного растворения протекают обратные реакции:



Электрохимическая ячейка состоит из трех электродов: хлоридсеребряного электрода сравнения, вспомогательного платинового электрода и рабочего стеклоуглеродного (рис. 1).

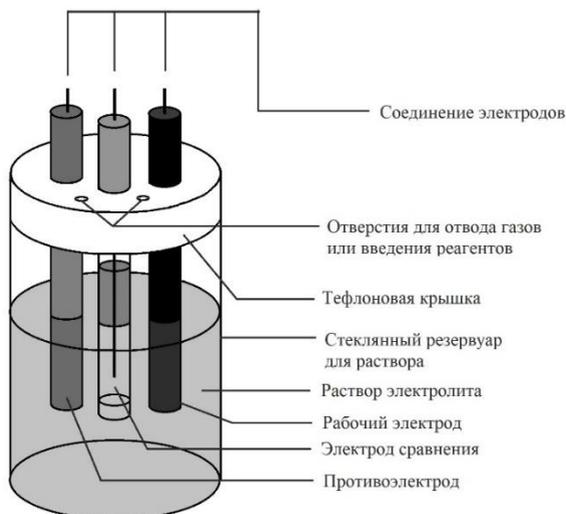


Рис. 1 Схематическое изображение электрохимической ячейки для экспериментов по инверсионной вольтамперометрии

В ходе работы в анализируемый раствор предварительно вводят фоновый раствор  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  в очень низкой концентрации:  $2,5 \cdot 10^{-4}$  М. Затем проводят электролиз. В результате на поверхности рабочего электрода осаждаются слои ртути, т. е. получается ртутно-графитовый электрод (РГЭ). РГЭ сочетает в себе преимущества твердых электродов и ртутного электрода: имеет широкий диапазон рабочих потенциалов и воспроизводимую поверхность. [5]

В ходе протекания электрохимической реакции на поверхности рабочего электрода происходят разнообразные физико-химические процессы, поэтому после каждого эксперимента поверхность электрода нуждается в восстановлении. В виду прочности стеклоуглерода и его химической инертности [6] мы использовали физические и химические методы восстановления рабочей поверхности: полирование поверхности электрода на высокодисперсных пастах (рис. 2) а также завершающую очистку азотной кислотой с концентрацией 13 моль/л.

Простой способ полировки электродов - это движения в виде восьмерки. При круговых движениях полировка часто бывает неровной, и поверхность может стать наклонной. [7]

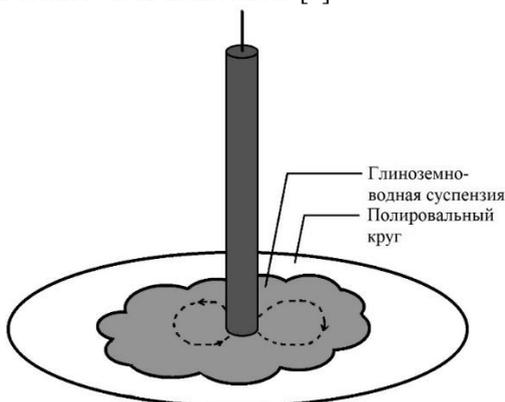


Рис. 2 Восстановление поверхности рабочего электрода методом полирования

### Обсуждение результатов

В ходе проведенного исследования получена зависимость высоты пика аналитического сигнала от концентрации ЛСТ при разных значениях pH (рис. 3). Установлено что при pH: 3,33 и 4,30 наблюдается характерный экстремум функции  $h=f(C)$  в области концентраций ЛСТ 0,07 – 0,1 г/л, после которого интенсивность аналитического сигнала стремится к исходному значению. При pH = 3,86 подъем функции более пологий и достигает экстремума при больших концентрациях.

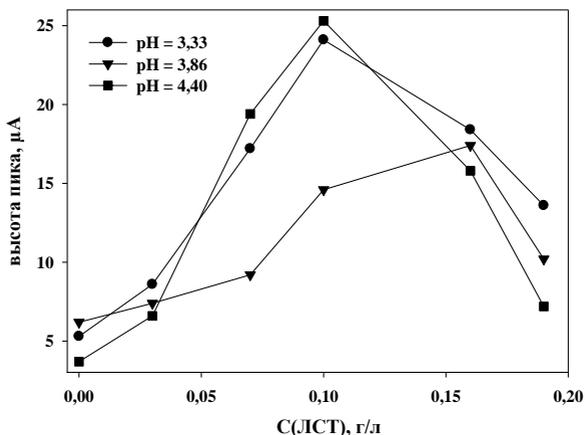


Рис. 3 Зависимость высоты пика аналитического сигнала от концентрации ЛСТ при определении ионов цинка

Данные зависимости могут свидетельствовать о начале образования полумицелл, в интервале концентраций ЛСТ 0,07 – 0,1 г/л, что согласуется с литературными данными. [8] В составе лигносульфоната содержится большое количество полярных функциональных групп, благодаря которым он может связываться в комплексы с ионами металлов. Поэтому можно предположить, что увеличение интенсивности аналитического сигнала с ростом концентрации ЛСТ связано с адсорбцией на поверхности ртутнографитового электрода комплексов металла и ЛСТ что приводит к увеличению концентрации металлов в амальгаме, следовательно, к увеличению интенсивности аналитического сигнала. После повышения концентрации более чем 0,1 г/л начинается более энергетически выгодный процесс мицеллообразования, поэтому не наблюдается увеличения аналитического сигнала.

Наиболее благоприятное влияние ЛСТ на совместное определение ионов Zn, Cd, Pb проявляется при концентрации ПАВ 0,03 – 0,07 г/л и pH: 3,33; 4,30. В данном концентрационном интервале наблюдается максимум аналитического сигнала и как следствие, увеличение чувствительности метода анализа, что может быть полезно для получения воспроизводимых значений при проведении анализа в интервале концентраций, близких к пределу обнаружения.

В ходе исследования влияния ЛСТ на кинетические параметры реакции разряда ионов металлов на ртутнографитовом электроде

установлено что кривые логарифмической зависимости высоты пика ( $h$ ) на вольтамперограммах от линейной скорости развертки потенциала ( $v$ ) имеют линейный характер, что говорит об обратимости реакции разряда ионов металлов. [9,10]

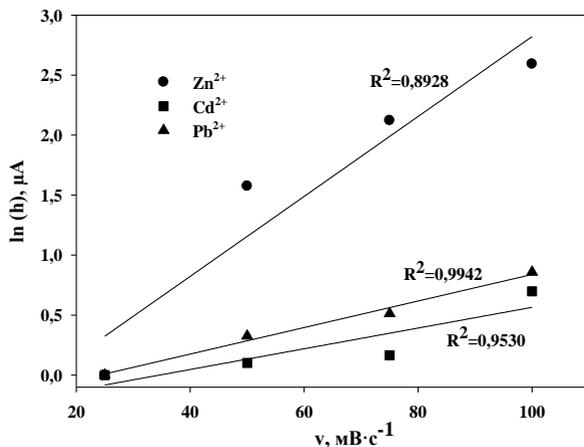


Рис. 4 Зависимость натурального логарифма высоты пика от линейной скорости развертки потенциала, для ионов цинка, свинца, кадмия

Проанализировав экспериментальные данные, построили градуировочные графики (рис. 5)

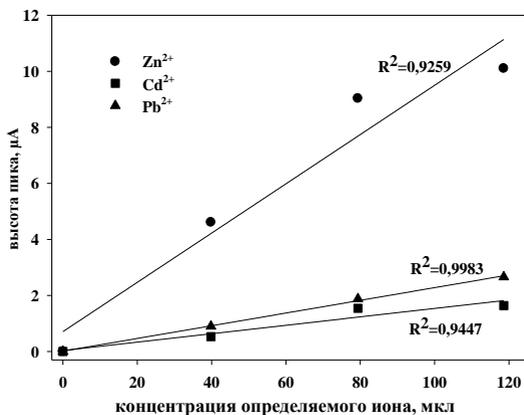


Рис. 5 Градуировочные графики определения цинка, свинца и кадмия при концентрации ЛСТ – 0,1 г/л

Исходя из данных о градуировочной зависимости, можно сделать вывод что в выбранных условиях наблюдается линейная зависимость площади пика от концентрации определяемого металла.

Повышение рН приводит к увеличению высоты пиков, следовательно, увеличивается чувствительность метода. Присутствие ЛСТ незначительно усиливает аналитический сигнал. Процесс разряда ионов металлов в присутствии ЛСТ носит обратимый характер.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vishtal, A., Kraslawski, A. Challenges in industrial applications of technical lignins // *BioResources*. 2011. №6. P. 3547.

2. Mohan, D., Pittman, C. U., and Steele, P. H. Single, binary and multicomponent adsorption of copper and cadmium from aqueous solutions on kraft lignin—a biosorbent // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2006. №297, 2. P. 489–504.

3. MacFarlane, A. L., Prestidge, R., Farid, M. M., Chen, J. J. J. Dissolved air flotation: A novel approach to recovery of organosolv lignin // *Chemical Engineering Journal*. 2009. №148, 1. P. 15–19.

4. Cynthia G. Zoski. *Handbook of electrochemistry*. New Mexico: New Mexico State University, 2006. 892 p.

5. Шелковников В.В., Анищенко М.В., Шульга А.К., Минаев К.М. Графитовые электроды, модифицированные золотополимерной композицией, для определения ртути методом инверсионной вольтамперометрии // *Вестник Томского государственного университета*. 2013. №368. С. 204–207.

6. А.М. Молодец., А.С. Савиных., А.А. Гольшев. Откольная прочность аморфного углерода (стеклоуглерода) при ударноволновом нагружении в области его аномальной сжимаемости // *Письма в ЖЭТФ*. 2019. №7. С. 460–465.

7. Noemie Elgrishi, Kelley J. Rountree, Brian D. McCarthy, Eric S. Rountree, Thomas T. Eisenhart., Jillian L. Dempsey. A Practical Beginner’s Guide to Cyclic Voltammetry // *Journal of chemical education*. 2018. №95, 2. P. 197–206.

8. Колесников А.В., Дадькина А.А. Исследование влияния добавки лигносульфоната на определение кадмия инверсионно-вольтамперометрическим анализом // *Бутлеровские сообщения*. №3. 2018. С. 90–96.

9. Каплан Б.Я. *Теоретические основы электрохимического анализа*. М.: Изд-во Мир, 1974. 552 с.

10. Бонд А.М. Полярнографические методы в аналитической химии. М.: Изд-во Химия, 1983. 328 с.

*УДК 691.175.2*

*Мерзликина А.И., Копнина О.В., Щербаков А.С.*

*Научный руководитель: Ключникова Н.В., доц.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ С МАТРИЦЕЙ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ**

В современном мире тротуарная плитка является одним из самых востребованных товаров в строительной отрасли: пешеходные дорожки в городах и селах, отделка двора частного дома, отделка тротуаров на аллеях, в парках и других общественных местах. Однако примитивные виды данного отелочного материала не отличаются особой долговечностью, вследствие этого – подлежат частой замене.

Не так давно в продаже появился новый для всех продукт – тротуарная плитка из пластика. Благодаря простоте в изготовлении, она стала не только доступной альтернативой каменной кладке и керамограниту, но и приобрела огромную популярность. Помимо этого, покупателей радует многообразие дизайнов и отсутствие необходимости привлекать профессиональных строителей для ее укладки.

Основой для производства послужили полимеры, в качестве которых применяют всевозможные отходы, так как использование вторсырья значительно удешевляет процесс, соответственно делает его доступным для большего количества предприятий [1].

Тротуарное покрытие из пластика имеет как ряд достоинств, так и ряд недостатков.

Преимущества перед изделиями из других материалов:

1. Легкость. Это свойство в значительной мере облегчает как процесс доставки, так и процесс укладки.

2. Низкая стоимость. По причине того, что не все могут финансово позволить себе приобрести покрытие из камня или керамики, пластиковая альтернатива пришлась как нельзя кстати.

3. Простота монтажа. Укладка данного вида покрытия не требует специализированной подготовки, сложной организации бетонной подушки. Демонтаж также не вызовет затруднений.

4. Относительная прочность и достаточно долгий период службы. Помимо того, что пластик выдерживает достаточно большую нагрузку, он также устойчив к нестабильным погодным условиям.

5. Влагонепроницаемость. При эксплуатации данной продукции не образуется ни грибок, ни плесень.

6. Легкость в обслуживании. Такую тротуарную плитку легко мыть и чистить.

7. Высокая стойкость к истиранию [2].

Однако наравне с достоинствами также есть и недостатки:

1. Повышенное скольжение. Но данный фактор можно нивелировать, сделав поверхность плитки рельефной.

2. Возникновение реакции при взаимодействии с определенными химическими веществами. Стать угрозой для такого покрытия может даже ацетон.

3. Прочность все-таки не настолько высока, чтобы выдержать вес грузового автомобиля, так как может произойти прогибание элементов и преломление стыковочных замков.

4. Пониженная стойкость к высоким температурам, ультрафиолетовому излучению, выгорание.

Для изготовления данного вида покрытия даже не требуется вода. Она состоит из полимерпесчаного композита: 75% песка и полимерное связующее. На начальном этапе песок смешивают с перемолотыми полимерными отходами и разогревают до 180°C. После охлаждения под прессом формируется готовый продукт. В отличие от традиционной цемент-песчаной плитки, где происходит затворение, вызванное химической активностью цемента, в полимер-песчаной же плитке полимер лишь склеивает частички песка между собой [3].

В данной технологии чаще всего используют ПНД (полиэтилен высокой плотности низкого давления), ПВД (полиэтилен низкой плотности высокого давления), по причине того, что температуры плавления данных полимеров не слишком высоки и лежат в диапазоне от 100°C до 140°C.

А возможно ли кардинально изменить технологию производства, используя в качестве матрицы полимерные отходы, а качестве наполнителя – минеральные составляющие? Предположим, что да. В таком случае какие же виды полимеров будут более доступны и практичны для использования в данных целях?

Так как в этой технологии полимер используется уже как матрица, то и свойства его должны быть другими. Больше внимание стоит уделить именно температуре плавления. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что такие материалы как ПНД и ПВД лучше

не использовать. Более практичным в данном случае будет легкодоступный ПЭТФ, температура плавления которого 270-280°C. Если брать в рассмотрение, например, ПВХ, то лимитирующим фактором является меньшая доступность к отходам данного типа полимера. А температура плавления ПП, в свою очередь, не слишком отличается от значений этого параметра у ПНД и ПВД [4].

Соответственно, можно сделать вывод о том, что ПЭТФ – оптимальный материал для использования в технологии производства тротуарной плитки, в основе которой лежит полимерная матрица.

В настоящее время полиэтилентерефталат занимает одно из ведущих мест в сфере упаковочных полимерных материалов, так как тароупаковочная продукция из ПЭТФ отличается прозрачностью, легкостью, прочностью, высокой герметичностью, а также может иметь сложную геометрическую форму и, что особенно важно, практически на 100 % подвергаться рециклингу.

На сегодняшний день уже существуют технологии производства различных товаров с использованием измельченного ПЭТФ в смеси с различными наполнителями. Очень важным аспектом в подобных технологиях является то, что ПЭТФ не подвергается гниению, коррозии и практически не окисляется. Помимо этого, финансово это очень выгодно, ведь для переработки полиэтилентерефталата в другие изделия его приходится дробить, отмывать, обезжировать и т.д., а для применения в качестве строительного материала ПЭТ-бутылку достаточно измельчить и сразу пускать в производство. В зависимости от вида наполнителя, можно производить различные виды продукции: если взять битый кирпич – получится черепица для крыш, если опилки – то материал, похожий на древесно-стружечные плиты, но более безопасный для здоровья, если золу – то изолирующие материалы, которые не уступают по своим свойствам традиционным, но не такие дорогие [5].

Свойства готовой продукции зависят: от состава исходной смеси, температуры и давления прессования.

Из вышеприведенных фактов можно сделать вывод о том, что технология производства тротуарной плитки с использованием полимерной матрицы имеет перспективы на создание, так как ПЭТФ имеет большие прочность и жесткость, что положительно будет сказываться на качестве готовой продукции. Также полиэтилентерефталат сам по себе имеет малый вес, это свойство позволит облегчить транспортировку готовой продукции. Предположительно, при использовании ПЭТФ таким образом, плита

будет менее хрупкая, а помимо этого, более устойчива к химическим воздействиям.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д. Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 126-129.

2. Кудряшова Р. Я., Максимов С. В., Дронь А, С, Дронь О. Е. Комплекс по производству строительных изделий с использованием вторичного сырья // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2017. С. 41.

3. Ковалева М. А. Проблема утилизации и вторичной переработки пластиковых бутылок / М. А. Ковалева // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Томск: Изд-во ТПУ, 2017. С. 158-161.

4. Богомазова А. А., Шукова А. И. Исследование и анализ свойств полиэтилентерефталата и процессов его вторичной переработки // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2019, С. 26-28.

5. Тихонов Е.Г., Чулков В.О. Отходы и вторичные ресурсы. Статья первая // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2015. Том2, №3. С. 21-29

УДК 621.3

*Мифтахов А.Р.*

*Научный руководитель: Сабитов А.Х., канд. техн. наук, доц.*

*Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

## **ЕМКОСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КОНТУРОВ С ОБЩИМ ПРОВОДОМ СИСТЕМЫ ОПОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА В АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ**

В настоящее время в электроэнергетике все шире применяются электронные устройства, включая аналоговые и цифровые интегральные микросхемы.

Важным при рассмотрении технико-экономических проблем электромагнитной совместимости является значение механизмов связи между источником помех и чувствительным к помехам элементом

прибора, обусловленных механизмами воздействий и соответствующих основных правил, по которым можно эффективно противостоять этим воздействиям уже на стадии проектирования, создания устройств.

Анализ научных источников и практических исследований показывает, что одним из факторов, оказывающих воздействие на чувствительные к помехам элементы, является емкостное влияние.

Причиной емкостного влияния могут быть неустранимые схемным путем емкости между проводами или проводящими предметами, принадлежащими разным токовым контурам.

Это влияние можно разделить на три случая:

1. влияющий и испытываемый влияние контуры гальванически разделены;
2. оба контура имеют общий провод опорного потенциала;
3. провода токового контура имеют большую емкость относительно земли [5].

Емкостная связь контуров зависит от частоты и расстояния между источником и чувствительным элементом.

В данной статье рассматривается второй из вышеописанных случаев, при котором оба контура имеют общий провод опорного потенциала.

Контуры с общим проводом типичны для аналоговых и цифровых схем, где может произойти непредусмотренное изменение состояния переключающего элемента при изменении сигнала на выходе элемента из-за наличия паразитной емкости.

Аналоговые ИМС используют в аппаратуре связи, телевизионной аппаратуре, радиолокации, медицинской технике и тому подобное. Они более разнообразны, чем цифровые и имеют меньшую плотность упаковки элементов.

Аналоговые интегральные микросхемы предназначены для усиления, обработки и преобразования электрических сигналов, параметры которых изменяются по закону непрерывной функции. К таким аналоговым ИМС принадлежат операционные усилители, интегральные стабилизаторы, компаратора и другие схемы, состоящие из базовых схемотехнических элементов, например, элементарных усилительных каскадов, дифференциальных усилителей, каскадов смещения потенциальных уровней, генераторов стабильного тока, источников опорного напряжения, конечных усилительных каскадов. Эти элементарные схемы широко используются как при проектировании известных, так и при создании новых линейных ИМС.

Цифровые ИМС — это микроэлектронные схемы, которые используются для преобразования и обработки цифровых сигналов.

Цифровые сигналы получают путем дискретизации (оцифровке) аналоговых. Так, если в аналоговой форме данные о температуре любого объекта подаются непрерывным электрическим сигналом с выхода термодатчика, то цифровой сигнал — это последовательность чисел, по значению уровня температуры, измеренной через определенные промежутки времени.

Для снижения емкостного влияния контуров с общим проводом системы опорного потенциала токовые контуры, подверженных влиянию, выполняются предельно низкоомными, ограничивается скорость изменения напряжения (в логических схемах скорость переключения должна быть не выше, чем требуемая для функционирования), выполняется экранирование проводов и контуров, чувствительных к влиянию, а также на приемном конце вводятся элементы, разделяющие потенциалы (реле, оптическая развязка, разделительный трансформатор).

Таким образом, для аналоговых и цифровых схем, выполняемых в виде контуров с общим проводом системы опорного потенциала, характерно емкостное влияние, вызываемое неустраняемыми схемным путем емкостями между проводами или проводящими предметами, принадлежащими разным токовым контурам.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Валиуллина, Д.М. Электромагнитная совместимость: учеб. пособие / Д.М. Валиуллина, М.Ш. Гарифуллин, В.К. Козлов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006. – 109 с.
2. Вагин, Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник для студ. высш. учебн. заведений / Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов, А.А. Севостьянов. – М.: Академия, 2010. – 249 с.
3. Хабигер, Э. Электромагнитная совместимость: учеб. пособие / Э. Хабигер. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 253 с.
4. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2010. – 147 с.
5. Электромагнитная совместимость: учебное пособие / сост.: Д.М. Валиуллина, В.К. Козлов. – 2-е изд., доп. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 95 с.

УДК 666.77:666.631

*Михайличенко И.К.*

*Научный руководитель: Дороганов В.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КВАРЦЕВОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ**

Производство кварцевых материалов в последнее десятилетие прошлого века, не выдержав прихода зарубежных рынков, снизилось и пришло в упадок. Век XXI дал возможность реабилитировать отечественное производство и снять существовавшую зависимость в кварцевом сырье.

Высокочистый кварцевый концентрат получил широкое распространение во всех областях промышленности, включая медицину, полупроводниковое производство, ракетно-космическое приборостроение, высокотехнологичные процессы (нанотехнологии) производства и т.д.

Рынок высокочистого кварца (ВЧК) является крайне ограниченным, с небольшим количеством предложения на рынке и при этом – весьма высокоприбыльным. Закрытость рынка объясняется острой конкуренцией в сфере высоких технологий, высокими затратами и, как следствие, значительным риском. Рассмотрим возможность существования производства по выпуску ВЧК в России, ориентированного исключительно на внутренний рынок.

В разработке, производстве и применении высокочистого кварцевого концентрата основополагающим аспектом является, безотходность и экологичность производства.

Кварц – уникальный и очень популярный камень. Добраться до него сложно, поэтому зачастую приходится применять быстрый, но к сожалению не совсем экологичный способ – взрыв.

Производится это по следующему алгоритму:

1. Специальным отбойным молотком делается щель на нужном участке породы.
2. В полученное отверстие закладывается взрывчатка.
3. Порода просеивается, и нужные кристаллы отбираются для дальнейшей обработки.

Так мы узнали, найти его и тем более, добыть – дело далеко не из легких.

В мире наиболее известны залежи породы в Австрии и Америке на острове Мадагаскар. Лидером на рынке уже более 20 лет продолжает оставаться корпорация ЮНИМИН (США) [1].

Основные добывающие предприятия в России находится на Южной и Среднем Урале. Среди мест, где добывают кварц, также можно отметить Сибирь и Кавказ [2].

На сегодняшний день основные производства конкурентно способного кварцевого продукта это:

1. Кыштымский ГОК - месторождение гранулированного кварца, было введено в эксплуатацию в 1960-х годах и эксплуатируется уже более 50 лет, являясь надежной сырьевой базой для ООО «Русский Кварц». Основным источником высокочистого кварцевого камня является уникальный объект — жила №175, содержащая природный кварц с редким сочетанием свойств:

- большой запас кварцевой руды, полностью подготовленной к добыче;

- неповторимые свойства кварца - минимальное содержание бора и фосфора, низкое содержание алюминия, щелочных металлов, меди, никеля, хрома, железа.

Благодаря этому, потребителям ВЧК, произведенного из кварца Кыштымского месторождения, удастся получать стекло с низким содержанием пузырьков и минеральных включений [3].

2. АО «Полярный кварц» владеет лицензией на известное месторождение особо чистого кварца Приполярного Урала — Додо. Это месторождение, разведенное в 70-80 годах прошлого века, всегда считалось одним из лучших в России.

Месторождение Додо, известное во всем мире как месторождение горного хрусталя и прозрачного жильного кварца, представлено многочисленными крутопадающими гидротермальными безрудными кварцевыми жилами, группирующимися в жильные зоны.

Размеры кварцевых жил по простиранию от 20-30 до 70-100м, по падению до 35м при мощности от 2-3 до 10-15м. Жилы сложены более чем на 95% прозрачным метаморфизованным и полупрозрачным перекристаллизованным кварцем, в котором встречаются ксенолиты вмещающих пород, а также в небольших (менее 1%) количествах сопутствующие минералы — хлорит, серицит, мусковит, биотит, кальцит, апатит, ильменит, титанит и др. Свою историю предприятие ведет с создания в 30-х годах прошлого столетия Полярно-уральской экспедиции наркомата обороны СССР для освоения месторождений Приполярно-Уральской кварцевой провинции, которая долгие годы являлась основным поставщиком пьезооптического кварца и горного

хрусталя для наплава специзделий для оборонной промышленности страны.

3. ЗАО "Кожимское разведочно-добычное предприятие" зарегистрировано 26 июля 1996 года в г. Инте Республики Коми. Предприятие занимается обработкой центральной части месторождения «Желанное» и производством кварцевых концентратов.

Месторождение кварцевого сырья «Желанное», входящее в состав Приполярно-Уральской кварцевой провинции, открыто в 1948 году. Месторождение прошло все стадии геологоразведочных работ (общие и детальные поиски, предварительная и детальная разведка). На месторождении учтены три вида кварцевого сырья, основным из которых является жильный кварц. Месторождение является одним из крупнейших в России по запасам прозрачного жильного кварца и одним из лучших по его качеству.

В настоящее время необходим единый всероссийский центр, который бы мог системно координировать развитие сырьевой базы в России применительно к потребностям покупателей ВЧК сегодня и перспективным программам развития инновационных отраслей.

Для роста потребления ВЧК на внутреннем рынке России необходимо развитие производственных проектов внутри страны, ориентированных на потребление ВЧК [4]:

- микроэлектроника;
- полупроводниковая;
- волоконно – оптическая, оптическая;
- солнечная энергетика;
- светотехника;
- научные инструменты и т.д.

Круг потребителей этой продукции включает производителей промышленной керамики, стекловолокна, стекла, оптоволоконных изделий, красок и покрытий, полупроводников, осветительного оборудования, нефтегазовые компании.

Таким образом, в России существует необходимость систематического исследования наиболее перспективных месторождений, что является задачей государственной важности в сложившейся геополитической ситуации и влияния COVID-19 на глобальную экономику по основным направлениям непосредственно затрагивающих производство и спрос, создавая цепочки поставок и стабилизацию рынка.

Основываясь на современных методах исследования ВЧК, мы ставим перед собой задачу повышения эксплуатационных

характеристик, базирующейся на использовании уникальных свойств вяжущих материалов на основе кварцевых [5].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю.И. Бурьян, Л.А. Борисов, П.А. Красильников Кварцевое сырьё — важнейший вид минеральных ресурсов для высокотехнологичных отраслей промышленности // Разведка и охрана недр, 2007 г., №10, С. 9-12.
2. П.В. Жиронкин, В.Н. Геращенко, Г.И. Гринфельд История и перспективы промышленности керамических строительных материалов в России // Строительные материалы, 2012 г., С. 13-17.
3. А.В. Кириллов, М.А. Королев, И.Н. Нигматов Комплексное использование кварцевого сырья месторождений России // В сборнике: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. 2012. С. 661-662.
4. А. П. Жабоедов, А. И. Непомнящих, О. Н. Соломеин Кварцевые концентраты из кварцитов восточного саяна // Известия РАН. серия физическая, 2017, том 81, № 9, с. 1232–1237.
5. С. К. Кузнецов, В. П. Лютоев, Е. Н. Котова, Г. В. Чупров, С. Н. Шанина Проблема особо чистого кварцевого сырья России // Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2005. № 5 (125). С. 5-9.

УДК 574.6

*Пашанова М.А.*

*Научный руководитель: Агапова И.Б., канд. биол. наук, доц.  
Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия*

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ УВОДЬ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ИВАНОВО И ЕГО БЛИЖАЙШИХ ОКРЕСТНОСТЯХ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МАКРОЗООБЕНТОСА

В настоящее время проблема загрязнения рек приобретает все большую актуальность. Именно от экологического состояния водоёмов, их рационального использования зависит состояние здоровья населения и природной среды. В комплексе экологического мониторинга на сегодняшний день одним из ключевых является контроль качества водоёмов. В России с 2007 по 2017 года провели исследования, которые

показали, что число случаев экстремально высокого загрязнения водных объектов в стране выросло в два раза. В июне 2019 года было зафиксировано 11 случаев экстремально высокого загрязнения поверхностных вод и 291 случай – высокого. Сейчас лишь 10-20% водоёмов на территории России можно назвать относительно чистыми. Загрязнения водных объектов влияют и на качество питьевого водоснабжения и на все процесс жизнедеятельности водных экосистем в целом [1]. Основными источниками загрязнения водоёмов является попадание в воду нефти и нефтепродуктов, смывы ядохимикатов и удобрений с сельскохозяйственных угодий, а также загрязнение промышленными сточными водами и бытовыми отходами [2].

Любое загрязнение водных ресурсов отражается на видовом составе биоценозов, что позволяет определить экологическое состояние водоёма. Численность и видовой состав организмов водного объекта зависит от свойств воды [3...4]. Гидробионты являются биологическим индикатором качества водной среды. Биологический метод оценки вод позволяет определить состояние водной экосистемы по определенным видам растений и животных, которые населяют водоём и относятся к различным зонам загрязнения. Широко распространены методы биологической оценки вод по составу макрозообентосных организмов - беспозвоночных организмов, обитающих в толще или на поверхности грунта с размерами тела крупнее 2 мм [5].

Река Уводь является одним из самых значительных левых притоков р. Клязьма, берет начало в заболоченном лесном массиве юго-западнее д. Бутово Комсомольского района Ивановской области. Длина реки 185 км [6]. Из-за расположенных по берегам реки населённых пунктов, в том числе и областного центра – г. Иваново – воды реки подвержены наиболее сильному антропогенному воздействию в сравнении с другими реками региона.

Исследования проводились в 2021 году для 12 створов, расположенных на участке от Уводьского водохранилища (Ивановский район) до села Новые Горки (Лежневский район). Выбор всех участков был обусловлен их близостью к источникам антропогенного и техногенного загрязнения. Всего было заложено 12 станций пробоотбора, на которых был проведен отбор проб макрозообентоса. После сбора проб макрозообентоса был проведён их разбор в лабораторных условиях. Результаты определения макрозообентоса были занесены в лабораторный дневник, обработаны в соответствии с методиками.

Для оценки класса качества вод применялись общепринятые биоиндикационные методы:

1) методика С.Г. Николаева (2018).

По методике С.Г. Николаева выделяется 6 классов качества вод: 1 – Очень чистые (ксеносапробные); 2 – Чистые (Олигосапробные); 3 – Удовлетворительной чистоты ( $\beta$ -мезосапробные); 4 – Загрязнённые ( $\alpha$ -мезосапробные); 5 – Грязные ( $\beta$ -полисапробные); 6 – Очень грязные (гиперэфтрофные) с характерными для каждого класса группами макрозообентоса.

2) методика Пантле-Букка и Пантле-Букка в модификации Сладчека [7].

Согласно методике для индикаторных организмов экспериментально рассчитан индекс сапробности "s", и была выявлена приуроченность данного организма к той или иной сапробной зоне (той или иной степени загрязнения воды) [7].

Использовалась следующая оценочная шкала чистоты воды: 1) ксеносапробная зона – 0-0,50; (очень чистые); 2) олигосапробная - 0,51-1,50 (чистые); 3)  $\beta$ -мезосапробная - 1,51-2,50 (удовлетворительной чистоты); 4)  $\alpha$ -мезосапробная - 2,51-3,50 (загрязнённые); 5) полисапробная - 3,51-4,00 (грязные) [7].

По результатам проведенных исследований для выбранного участка реки Увось отмечено 64 вида организмов макрозообентоса, относящиеся к 5 типам, 9 классам, 20 отрядам беспозвоночных животных. Самым многочисленным является тип Членистоногие, к которому относится 38 видов макрозообентоса. Среди классов, самым многочисленным оказался класс Насекомые, в котором было определено 34 вида, а самым многочисленным отрядом из класса Насекомые является отряд Ручейники.

В соответствии с методикой С.Г. Николаева значение индекса проб для 5 станций (42%) характеризует качество вод как  $\beta$ -полисапробные (грязные воды); значение индекса качество вод для 3 станций (25%) характеризует их как  $\beta$ -мезосапробные (умеренно загрязненные воды); для 2 станций (17%) значение соответствует значению  $\alpha$ -полисапробные (очень грязные воды); еще для 2 (по 8%) станций качество вод соответствуют значениям индекса  $\alpha$ -мезосапробные (загрязненные воды) и  $\beta$ -мезосапробные (умеренно-загрязнённые воды).

По методике Пантле-Бука в модификации Сладчека, учитывающей индивидуальную классовую значимость таксона и его обилие, значение индекса для 2 проб (17%) соответствует классу олигосапробные (чистые) воды; значение индекса всех остальных проб соответствуют классу  $\beta$ -мезосапробные (загрязнённые воды) (83%).

Сравнение результатов по двум методикам показало, что для ряда станций наблюдается сходное значение характеристик воды. Для других станций методика С.Г. Николаева показывает более низкий класс качества воды. Это объясняется тем, что при расчёте показателей по Сладечку учитывается индивидуальное классовое значение вида – биоиндикатора, тогда как при использовании методики С.Г. Николаева общая сапробность усредняется, что приводит к повышению значения показателя.

На основе анализа полученных данных экологическая оценка состояния вод реки Увось в черте города Иваново и ниже по течению характеризует качество воды как имеющее хорошо выраженную загрязнённость. Воды реки Увось для данного участка непригодны для рекреации и водохозяйственного использования.

Основными причинами ухудшения качества воды реки Увось являются замедление скорости течения из-за наличия гидротехнических сооружений, поступление сточных вод, смывы с участков СНТ и частных домовладений, расположенных в водоохранной зоне реки, а также талой воды с автомобильных дорог, зарастание водной растительностью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костарев А.Г. Экология многих рек в России хуже, чем после разлива топлива в Норильске. [Сайт], 2020. – URL:<https://hightech.plus/2020/07/07/tochka-zapustila-servis-bezopasnih-raschetov-dlya-marketpleisov-> (дата обращения 20.09.2022).
2. Степановских А.С. / Источники загрязнения воды / Экология. Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
3. Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. / Анализ и оценка качества поверхностных вод/ Учебное пособие. Белгород. Изд-во БелГУ, 2006. 252с.
4. Логинова Е.В., Лопух П.С. / Гидроэкология. Курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 300с.
5. Макрозообентос как показатель состояния водной системы. [Сайт], 2015. – URL: [https://studopedia.su/19\\_131845\\_makrozoobentos-kak-pokazatel-sostoyaniya-vodnoy-sistemi.html](https://studopedia.su/19_131845_makrozoobentos-kak-pokazatel-sostoyaniya-vodnoy-sistemi.html) (дата обращения 20.09.2022).
6. Зеленин, Беляева. Внутренние воды Ивановской области [Сайт], 2015 - - URL: <https://ru.calameo.com/books/004863348cb7dc44f72fe> (дата обращения 24.02.2022).

7. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. / Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М., 2015. 138с.

*УДК 678*

*Пирожкова Е.С., Матвеевко Д.С.*

*Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРОБЛЕМЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ**

В последнее время все больше внимания начинают уделять вопросу вторичной переработки (рециклингу) термопластов. В первую очередь это объясняется фактом того, что количество полимерных отходов с каждым годом растет, и большинство из них подвергается захоронению, что приводит к засорению окружающей среды. Часть же сжигается, но и это не является приемлемым выходом из ситуации, так как при горении выделяются вредные для организма человека вещества. Во-вторых, рециклинг выгоден с экономической точки зрения в связи с тем, что это позволяет сократить количество потребляемой энергии и первичного сырья [1]. Таким образом, можно получить полимерное изделие меньшей себестоимости, увеличив тем самым доход предприятия.

Однако при вторичной переработке термопластов возникает ряд проблем. Сюда можно отнести отдельный сбор отходов, к которому в России пришли пока только частично. Извлечение вторсырья от уже сформированного потока является одним из самых сложных и дорогостоящих этапов в процессе переработки. Кроме того, перед основным технологическим процессом необходимо подготовить поступившее сырье, то есть провести его очистку (например, избавление от этикеток на бутылках) и измельчение, для чего требуется дополнительное оборудование. Не стоит забывать и о том, что в зависимости от предназначения изделия существуют пределы допустимого количества вторсырья в нем.

Термопласты, прошедшие рециклинг можно использовать в большинстве технологических процессах, но не стоит забывать, что в них следует внести ряд изменений. Полученное вторсырье будет отличаться более низкими физическими свойствами, что может быть связано с процессом деструкции, как в процессе эксплуатации, так и в процессе переработки, что также нужно учитывать. При правильном

выборе оборудования, условий и добавляемых стабилизаторов можно избежать дальнейшей деструкции в ходе технологического процесса. Важно помнить, что перед каждой технологической операцией вторичной переработки необходимо вводить дополнительные количества добавок с оптимальной химической эффективностью [2-4].

К наиболее распространенным термопластам, подвергающимся вторичной переработке можно отнести полиэтилен низкого давления (высокой плотности), полипропилен и полиэтилентерефталат. Рассмотрим поподробнее процессы их переработки и проблемы, возникающие в ходе этого.

Наиболее легко переработке подвергаются технологические отходы, но в случае с полиэтиленом низкого давления и полипропиленом, не возникает проблем и с отходами потребления, что связано с предназначением изделий, изготавливаемых из данных полимеров (например, толстостенные детали, тара, пакеты).

К основным особенностям вторичного полиэтилена высокой плотности, определяющим его специфику переработки, относятся: низкая насыпная плотность; особенности реологического поведения расплава, обусловленные высоким содержанием геля; повышенная химическая активность вследствие изменений структуры, происходящих при переработке первичного полимера и эксплуатации полученных из него изделий.

В процессе переработки и эксплуатации материал подвергается механохимическим воздействиям, термической, тепло- и фотоокислительной деструкции, что приводит к появлению активных групп, которые при последующих переработках способны инициировать реакции окисления.

Образование при эксплуатации в полиэтиленовой пленке значительного числа карбонильных групп приводит к повышенной способности вторичного полиэтилена низкого давления поглощать кислород, следствием чего является образование во вторичном сырье винильных и винилиденовых групп, которые значительно снижают термоокислительную стабильность полимера при последующих переработках, инициируют процесс фотостарения таких материалов и изделий из них, снижают срок их службы. Чтобы всего этого избежать рекомендуется модифицировать вторичное сырье.

Для оценки оптимальных режимов переработки вторичного полиэтиленового сырья большое значение имеют его реологические характеристики.

Преимущественно отходы полипропилена представляют собой одноразовые товары (например, посуда, пакеты, контейнеры).

Многokратная переработка приводит обычно к увеличению показателя текучести расплава (ПТР), хотя при этом прочностные характеристики материала не претерпевают значительных изменений. Поэтому отходы, образующиеся при изготовлении деталей из полипропилена, а также сами детали по окончании срока эксплуатации могут быть повторно использованы в смеси с исходным материалом для получения новых деталей.

Стоит отметить, что из-за разнообразия тары из полипропилена и её схожести с тарой из полистирола заготовители сырья неохотно берут эти два вида пластика на переработку [5].

Большую часть отходов полиэтилентерефталата составляют изделия, выбывшие из употребления. К ним относят товары широкого потребления, упаковка, емкости для жидкостей, композиционные материалы и так далее.

На сегодняшний день стоимость затрат на утилизацию отходов полиэтилентерефталата остается достаточно высокой. Распространена химическая переработка с получением диметилтерефталата в процессе метанолиза или терефталевой кислоты и этиленгликоля в ряде гидролитических процессов. Однако такие способы переработки имеют существенный недостаток – дороговизна процесса деполимеризации. Поэтому в настоящее время чаще применяется в основном механический рециклинг, в процессе которого конечные изделия формируются из расплава полимера.

Перспективным способом вторичной переработки полиэтилентерефталата является повторное производство бутылок из использованных бутылок. Но для реализации этого процесса необходимы серьёзные капитальные вложения, так как невозможно проведение данного процесса на стандартном оборудовании [6].

Таким образом, в связи с ростом количества полимерных отходов, в том числе полипропилена, полиэтилена низкого давления и полиэтилентерефталата, требуется оптимизировать отдельный сбор отходов в нашей стране, а также отработать схемы рециклинга для получения изделий из вторичного сырья, обладающих достаточным качеством и сроком годности.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ивановский С.К., Бахаева А.Н., Ершова О.В., Чупрова Л.В. Экологические аспекты проблемы утилизации отходов полимерной упаковки и техногенных минеральных ресурсов // Успехи современного естествознания. 2015. № 1-5. С. 813-817.

2. Вольфсон С.А. Вторичная переработка полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2000. Том 42. № 11. С. 2000-2014.

3. Суворова А.И., Тюкова И.С. Вторичная переработка полимеров и создание экологически чистых полимерных материалов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького. 2008. 126 с.

4. Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д. Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 126-129.

5. Клинков А.С., Беляев П.С., Скуратов В.К., Соколов М.В., Однолько В.Г. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. 100 с.

6. Супрун Л.В., Романенко С.В., Цыганкова Т.С. Анализ и решение проблемы утилизации и вторичной переработки полиэтилентерефталат (ПЭТ) отходов в городе Томске // Вестник науки Сибири. 2012. № 4 (5). С. 107-112.

**УДК 514.772.2**

***Попов П.Д., Борzych Ю.Д.***

***Научный руководитель: Латышев С.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.***

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАБОЛОИДА В ТЕХНИКЕ**

Изучение поверхностей важно осуществлять, понимая каким образом поверхности используются на практике. В этой связи интересным становится рассмотрение параболоидов в технических устройствах [1]. Параболоид – поверхность, у которой все сечения, параллельные оси симметрии, являются параблами, а сечения, находящиеся под углом к этой оси, являются другими конусными сечениями, такими как эллипсы, гиперболы или круги. Различают эллиптический и гиперболический параболоиды [2].

Эллиптический параболоид – поверхность, задаваемая функцией вида:

$$z = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}, \quad (1)$$

где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  — координаты;  $a$ ,  $b$  — параметры, характеризующие параболоиды. Такая поверхность образуется при движении параболы,

вершина которой скользит по другой, неподвижной параболе, тогда как ее плоскость, смещаясь параллельно самой себе, остается перпендикулярной плоскости неподвижной параболы. На (рисунке 1) представлен эллиптический параболоид, у которого параметры равны между собой ( $a = b$ ).

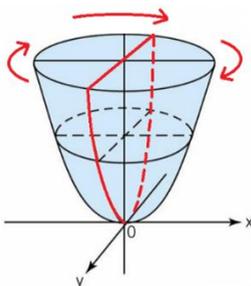


Рис. 1 Эллиптический параболоид

При не равных значениях параметров  $a$  и  $b$  эллиптический параболоид расширяется вдоль оси, переменной которой соответствует больший коэффициент в уравнении (рисунок 2).

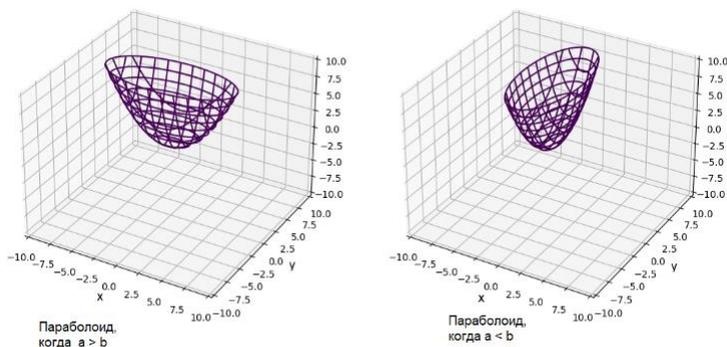


Рис. 2 Эллиптические параболоиды при разных параметрах.

Гиперболический параболоид (рисунок 3) - поверхность, каноническое уравнение которой в декартовых координатах имеет вид:

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}, \quad (2)$$

где  $x, y, z$  — координаты;  $a, b$  — параметры, характеризующие гиперболоид. Гиперболический параболоид, как и эллиптический, можно образовать параллельным переносом одного главного сечения вдоль другого, но теперь подвижная и неподвижная

параболы обращены вогнутостями в противоположные стороны.

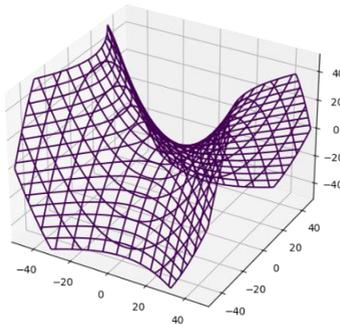


Рис. 3 Гиперболический параболоид.

При разных условиях параметров гиперболический параболоид будет иметь разное направление ветвей.

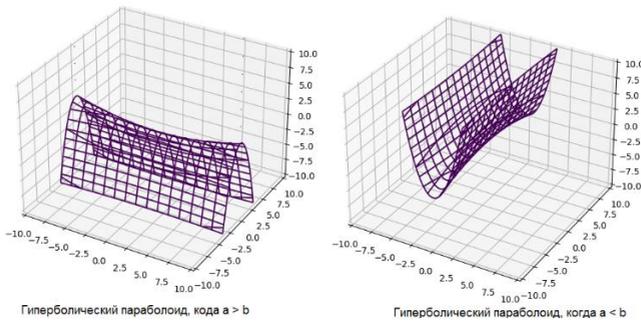


Рис. 4 Зависимость параболоида от параметров.

Одним из свойств параболы и параболоидов, широко используемых в технике, является «оптическое свойство». Сущность этого свойства заключается в том, что лучи, которые параллельны оси параболы, отражаясь от нее попадают в её фокус (рисунок 5).

Оптические свойства эллиптического параболоида используют при изготовлении параболических зеркал, которые получили особую популярность в оптических приборах. Суть работы таких зеркал заключается в получении точечного источника света в фокусе параболы, путем попадания на параболу параллельных лучей или наоборот, например, как в автомобильных фарах [3].

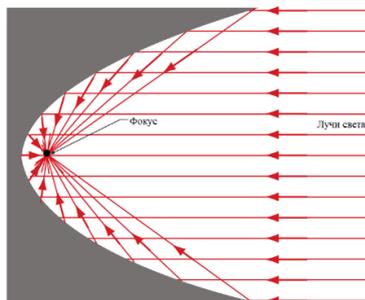


Рис. 5 Схема параболического зеркала.

Такие зеркала применяют в коллиматорах, системах моделирования объекта, системах измерения, радиометрах и в других системах и устройствах. Наибольшее использование параболюиды получили в радиоэлектронике в виде параболических антенн. Параболическая антенна (рисунок 6) - антенна, у которой электромагнитное поле образуется из-за отражения электромагнитной волны от поверхности рефлектора. Источник волны находится в фокусе параболюидного зеркала. Главная цель таких зеркал — получение плоского фронта волн. [4].



Рис. 6 Зеркальная антенна в центре космической связи «Дубна».

Большую популярность получили антенны из-за возможности передачи и приема сигналов между Землей и её искусственными спутниками. Антенны изготавливают из стали (уменьшает стоимость) и дюралюминия (уменьшение веса), но недавно начали использоваться антенны из полимеров и стекловолокна, что помогает сохранить свою форму после деформации [5]. Ведь для качественной работы нужна

идеальная параболическая форма, а вмятины и изгибы отрицательно влияют на работоспособность устройства. Различают прямофокусные и офсетные антенны:

Прямофокусная антенна (рисунке 7) представляет собой «параболическое зеркало», где в фокусе находится излучатель, который собирает всю энергию.

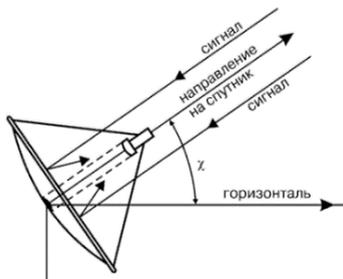


Рис. 7 Схема прямофокусной антенны.

Обычно такие антенны используют в телекоммуникационных центрах и в центрах космической связи. Недостаток такой схемы устройства — намерзание льда и снега на поверхности рефлектора, что ухудшает работоспособность.

Офсетная антенна (рисунок 8) представляет собой антенну, у которой фокус находится под углом, что должно учитываться при настройке оборудования. Чаще всего используются для приема спутникового ТВ из-за простоты и дешевизны изготовления. Разница офсетной и прямофокусной антенны в использовании различных участков параболической поверхности, принцип же работы остается одинаковым.

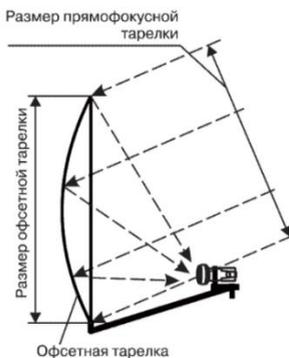


Рис. 8 Схема офсетной антенны.

Параболоиды являются неотъемлемой частью нашей жизни. Телевидение, радио, интернет и многие другие устройства работают, благодаря их главному оптическому свойству. Именно это свойство послужило их распространению и использованию в технике.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Латышев С.С., Чуева Л.П., Влияние геометро-графической подготовки на формировании компетенций у студентов. Сборник докладов VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс»: в 4-х томах, 2015. с. 129-131.

2. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Аналитическая геометрия. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. с.195-200.

3. И.П. Заикин, А.В. Тоцкий, С.К. Абрамов, В.В. Лукин. Проектирование антенных устройств СВЧ /Под ред. А. А. Куликовского. — Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. с.50-100.

4. Справочник по радиоэлектронике / Под ред. А. А. Куликовского. — М.: Энергия, 1967.

5. Строу, Р. Дин, «Книга об антеннах ARRL», 19-е изд. США: Американская радиорелейная лига. 2000., с.15-19.

*УДК 004.056.55*

*Прудникова А.В.*

*Научный руководитель: Коломыцева Е.П., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СРАВНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Высшая математика включает в себя большой спектр разделов, среди которых есть математический анализ, включающий в себя ряды. Ряд – это бесконечная сумма чисел и выглядит она следующим образом:

$$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \quad (1)$$

Числовые ряды применяются не только в математике, но и чтобы определять структуры обломочных пород. Чтобы понять данный пример, необходимо определиться с понятием структура. Структура –

это множество структурных элементов, характеризуемое размерами зерен и их количественными соотношениями. То есть, если  $L$  – параметр, отвечающий за размер элемента в породе и  $N$  – количество элементов с этим размером, то структура – это множество  $(L, N)$ .

Исходной операцией для распределения множества частиц по группам должна быть сортировка зерен по их массе, отражаемая рядом:

$$m_1 \geq m_2 \geq \dots \geq m_{n-1} \geq m_n \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  – порядок измерения зерен, а  $n$  – количество этих зерен.

Для проведения определенных классификаций обычно, используют линейные параметры зерна с последовательностью.

$$l^*_1 \geq l^*_2 \geq \dots \geq l^*_{n-1} \geq l^*_n \quad (3)$$

Данная последовательность может иметь значительную длину и никогда не строится. Использовать эту последовательность возможно в двух направлениях:

1) Берется строго упорядоченная последовательность. Для этого необходимо выбросить те элементы, которые равны друг другу, в результате, останется один элемент, представляющий выброшенные элементы.

$$l_1 \geq l_2 \geq \dots \geq l_{n-1} \geq l_n \quad (4)$$

Зачастую используют пределы изменения параметров  $l_i$ , такие как максимальные ( $\max l_i$ ) и минимальные ( $\min l_i$ ) значения размеров зерен.

2) Второе направление последовательности с линейным параметром (3) — использование числовых рядов, которые строятся по принципу указанной выше последовательности, но вместо знака неравенства ставится знак суммы. Упорядоченная процедура смешивания всех последовательностей осуществляется объединением равных элементов и сложением их площадей. В результате, эти последовательности преобразуются в ряды:

$$S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n \quad (5)$$

$$L_1 + L_2 + \dots + L_{n-1} + L_n \quad (6)$$

Здесь  $S$  и  $L$  — это суммарные площадь ( $S_i = \sum S_i$ ) и длина ( $L_j = \sum l_j$ ) всех сечений зерен на изученной поверхности. На практике используются одновременно оба ряда, и записывают это следующим образом:

$$S_1(l_1) + S_2(l_2) + \dots + S_i(l_i) + \dots + S_{n-1}(l_{n-1}) + S_n(l_n) = S \quad (7)$$

Выражение  $S_i(l_i)$  означает, что измеренная площадь - это площадь, которая занята всеми сечениями тех зерен  $i$ , размер которых равен  $l_i$ .

Таким образом, вышесказанное позволяет проводить числовой анализ полученных соотношений:

1)  $l_i$  – это параметр, который можно рассматривать, как значения координатной оси и в результате построить некоторый график. Но такой способ обработки в настоящее время используют редко.

2) последовательность (7) можно выстраивать по убыванию коэффициентов  $S_i(l_i)$ , в результате получается ряд (8).

$$S_1(l_1) + S_2(l_2) + \dots + S_i(l_i) + \dots + S_{n-1}(l_{n-1}) + S_n(l_n) = S \quad (8)$$

Именно этот ряд и будем называть структурой данного сечения породы.

Такое представление структуры позволяет проводить качественное сравнение, как сверток, так и различных структур между собой. Параметр  $S_j(l_j)$  есть элемент структуры, а параметр  $k=l_{\max} - l_{\min}$  — длина структуры. По построению  $n = k$ . Ряд вида:

$$S_1(l_1) + S_2(l_2) + \dots + S_i(l_i) + \dots + S_{n-1}(l_{n-1}) + S_n(l_n) = S \quad (9)$$

будет называться нормированной структурой. Часто нормировка идет таким образом, что полная сумма ряда равна 100 %. Это соответствует распространённому способу описания структуры в геологической практике.

Если параметр  $k=1$ , то структура несет название – элементарная. Следовательно, структура совпадает со своим элементом, и в результате  $S_1(l_1)/S = 100\%$ . Порода состоит из зерен, которые имеют равные параметры, это структура – равномерно – зернистая. Если параметр  $k \geq 2$ , то размер таких зерен изменяется в пределах формулы (SP4). Такие структуры считаются неравномерно-зернистые.

С помощью приведенных выше последовательностей можно сравнивать структуры горных пород. Таким образом, применение математики в изучении и исследовании горных пород упрощает работу в данной области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Механогенные осадочные породы. — Текст: электронный // [cyclowiki: \[сайт\]](https://cyclowiki.org/wiki/Механогенные_осадочные_породы). — URL: [https://cyclowiki.org/wiki/Механогенные\\_осадочные\\_породы](https://cyclowiki.org/wiki/Механогенные_осадочные_породы) (дата обращения: 23.10.2022).

2. Пределы изменения общей пористости некоторых горных пород. — Текст: электронный // [studopedia: \[сайт\]](https://studopedia.org). — URL:

[https://studopedia.net/3\\_43642\\_predeli-izmeneniya-obshchey-poristosti-nekotorih-gornih-porod.html](https://studopedia.net/3_43642_predeli-izmeneniya-obshchey-poristosti-nekotorih-gornih-porod.html) (дата обращения: 23.10.2022).

3. Матричные модели процессов дробления и измельчения / Богданов В.С., Стремнев А.Ю., Василенко О.С., Богданов Н.Э. / Межвузовский сборник статей. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2015. 103-108 с.

4. Наиболее распространенные генетические типы слоистости. — Текст: электронный // helpiks: [сайт]. — URL: <https://helpiks.org/4-3498.html> (дата обращения: 23.10.2022).

5. Структуры обломочных пород. — Текст: электронный // studopedia: [сайт]. — URL: [https://studopedia.su/13\\_43704\\_strukturi-oblomochnih-porod.html](https://studopedia.su/13_43704_strukturi-oblomochnih-porod.html) (дата обращения: 23.10.2022).

**УДК 616.61-02:616.379**

*Пушкина Н.С., Маркелова Л.Л.*

*Научный руководитель: Журавлева Н.В., канд. мед. наук  
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары, Россия*

## **ДОЛГОСРОЧНЫЙ УСТОЙЧИВЫЙ КОНТРОЛЬ ГЛИКЕМИИ И РИСК ДИАБЕТИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-го ТИПА**

Хронические неинфекционные заболевания в современном обществе являются основными причинами смертности и инвалидизации. Вместе с тем планирование и распределение финансов в здравоохранении требует подробных исследований вопросов эпидемиологии и профилактики [1].

Цель исследования. Оценить связь времени достижения целевого уровня гликозилированного гемоглобина (HbA1c) с долгосрочным устойчивым контролем гликемии и риском диабетических осложнений у пациентов с впервые диагностированным сахарным диабетом 2 типа (СД2).

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Центральной городской больницы г. Чебоксары. В исследование включены 77 пациентов с впервые диагностированным СД2 в период с января 2013 года по март 2018 года. Пациенты наблюдались в течение 5 лет. Пациенты были классифицированы в соответствии со временем, необходимым для достижения целевого уровня HbA1c (<7,0%): риски микрососудистых осложнений, включая диабетическую ретинопатию, нефропатию и

невропатию, а также макрососудистые события, включая ишемическую болезнь сердца, ишемический инсульт и заболевания периферических артерий; оценивались с помощью многомерного анализа пропорциональных рисков Кокса. Все пациенты наблюдались у врача-эндокринолога, получали базисную терапию. Регулярно проходили стационарное лечение.

Результаты и обсуждения. В течение периода наблюдения у пациентов произошло 52 микрососудистых и 11 макрососудистых событий, зарегистрированных Республиканской медицинской информационной системе. Поддержание длительного контроля гликемии в течение 5 лет было более вероятным в группах с ранними достижениями, чем в группе с поздними достижениями (24,4%, 29,0% и 15,2%) [2].

Раннее достижение целевого уровня HbA1c было связано с более низким риском сложных диабетических осложнений (скорректированное отношение рисков [ОР, 0,45; 93% доверительный интервал [ДИ], от 0,24 до 0,85 в группе <3 месяцев) (скорректированное ОР, 0,51; 95% ДИ, от 0,23 до 1,10 в группе от 3 до 6 месяцев, в отношении группы  $\geq 6$  месяцев). Аналогичные тенденции сохранялись в отношении рисков микрососудистых и макрососудистых катастроф, хотя статистическая значимость для макрососудистых осложнений не была достигнута [3].

Выводы. Раннее достижение целевого уровня HbA1c было связано с долгосрочным устойчивым контролем гликемии и снижением риска диабетических осложнений при недавно диагностированном СД2.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрина В.Г., Суслонova Н.В., Антонова И.В., Смирнова Т.Л., Журавлева Н.В., Барсукова Е.В. Данные анализа демографической ситуации в регионе как основа формирования национального и федеральных проектов // Общественное здоровье и здравоохранение. 2019. № 3 (63). С. 15-20.

2. Фомина Р.В., Шарапова О.В., Герасимова Л.И., Журавлева Н.В., Барсукова Е.В. Основные механизмы кардиореабилитации и ее эффективность у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями в Российской Федерации и Чувашской Республике (обзор литературы) // Общественное здоровье и здравоохранение. 2021. № 2 (70). С. 40-45

3. Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Дедов И.И. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: что изменилось за последнее десятилетие? // Терапевтический архив. 2019. № 91(10). С. 4-13.

*Сергеев К.В.*

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д-р техн. наук, проф.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕОПОРОЗА**

Остеопороз –заболевание скелета, по статистике Всемирной организации здравоохранения, являющееся самым распространенным заболеванием структуры скелетной ткани. Клиническим признаком данного заболевания является снижение плотности костной структуры. Из-за этого увеличивается ее ломкость и как следствие, увеличивается риск переломов.

Одной из особенностей данного заболевания является безмолвный характер эпидемии. На начальных стадиях заболевания, когда процессы катаболизма костной ткани уже начались, но пока не на высоком уровне, симптомы болезни отсутствуют и больной не замечает и не знает о своем заболевании. Большая часть пациентов узнают о заболевании уже непосредственно после клинического проявления болезни. Остеопороз проявляет себя в характерных для данного заболевания переломах. К таким переломам можно отнести переломы позвонков, переломы Коллеса (перелом лучевой кости), переломы бедра. При этом по мере снижения минеральной плотности кости, риск переломов возрастает [1].

Во всех странах мира данное заболевание является большой проблемой для системы здравоохранения. Согласно докладу Всемирной организации здравоохранения, по распространенности, остеопороз удерживает четвертую строчку, сразу после заболеваний сердечно-сосудистой системы, онкологии и сахарного диабета [2] и утверждает, что 33% женщин и 20% мужчин старше 50 лет имеют проблемы с переломами, связанными с остеопорозом [3]. Для привлечения внимания в 1997 году ВОЗ обозначила 20 октября в качестве Всемирного дня борьбы с остеопорозом. В России день отмечается с 2005 года.

В России проблема остеопороза стоит особенно остро. В группу потенциального риска переломов, вызванных остеопорозом или остеопенией входит 24% населения. Это около 34 миллионов человек. Каждую минуту у лиц старше 50 лет происходит 7 переломов позвонков, перелом шейки бедра происходит каждые 5 минут. Кроме того, в стране отмечается низкий уровень операбельности при переломе

проксимального бедра: лишь 33-40% больных госпитализируется, и только 13% получают оперативное врачебное вмешательство. Следствием этого является высокая смертность среди пациентов после перелома бедра, в некоторых городах России она доходит до 45-52%. Одной из причин высокого распространения данного заболевания, являются проблемы с диагностикой костных заболеваний в России. Медицинские учреждения РФ недостаточно оснащены необходимым оборудованием, а сама денситометрия не входит в программу обязательного медицинского страхования [4].

Исходя из данной статистики можно сделать вывод, что необходимо увеличивать количество диагностических мероприятий, особенно среди пациентов входящих в «группу риска». Для этого необходимо увеличивать количество приборов всех типов, о которых мы подробнее поговорим в следующей главе.

Самыми используемыми методами неинвазивной диагностики заболеваний скелета, на сегодняшний день, являются рентгеновская и ультразвуковая денситометрия, а также биохимический метод, который предполагает обнаружение нарушений обмена веществ в костях. Все эти методы неинвазивны, каждый имеет свои плюсы, однако они различаются по негативным факторам воздействия на организм пациента, по точности диагностики, по значимости для клинической и научной практики, а также по общей доступности.

В клинической практике применяется несколько видов денситометрии, для определения минерализации костей:

периферические устройства рентгеновской денситометрии используют для измерения периферических участков, таких как предплечье, пятка или палец. Данные устройства помогают выявить людей, находящихся в группе риска и которым необходимо дальнейшее обследование;

Компьютерная томография обеспечивает точное, объемное измерение плотности губчатой кости в позвоночнике. Имеет достаточно сильное излучение. Используется в качестве альтернативы рентгеновским аппаратам.

Ультразвуковая денситометрия использует звуковые волны для оценки костной массы и не использует излучение. Данный метод может использоваться для измерения плотности кости в различных периферических участках, таких как пятка, голень, нога, запястье и палец. Ультразвуковые устройства измеряют скорость звука, а также конкретные изменения звуковых волн после прохождения волн через кость. Устройства переводят значения скорости звука в значения «Т-критерий».

Одиночная рентгеновская абсорциометрия используется для измерения периферических участков, таких как пятка и предплечье. Изображение аналогично изображению, полученному с помощью рентгеновской денситометрии.

Рентгеновская диагностика позволяет визуализировать органы на снимке или на экране, что позволяет увидеть характер и масштаб повреждений скелета. Метод позволяет оценивать минеральную плотность костей при потере костной массы на 20%. Остеопороз развивается длительно, оставляя время для принятия лечебных мер. Одним из недостатков данного метода это неизбежная лучевая нагрузка на пациента, высокая стоимость и большие габариты устройств. Метод на основе биохимического анализа дает результат согласно лабораторным исследованиям крови. Но данный метод не может применяться как единственное исследование для постановки диагноза. Он применяется только в комплексе с одним из методов денситометрии. Использование данных методов несет определенные ограничения и дополнительные обязательства, связанные с безопасностью для жизни и здоровья пациента. Ультразвуковая диагностика абсолютно безопасна для пациента, а также позволяет проводить диагностику остеопороза своевременно, на ранних стадиях развития, соответственно облегчает лечение и последствия данного заболевания [5].

Диагностика с использованием ультразвуковых приборов остается наиболее безопасным методом изучения состояния внутренних тканей и органов. Плотность костей оценивается по скорости прохождения ультразвука: чем рыхлее структура, тем быстрее через нее пройдет ультразвуковая волна. Согласно проведенным опросам большинство врачей ставят диагноз остеопороз исходя из ультразвуковой денситометрии [6].

Если в приборе предусмотрена возможность измерения ослабления волны (дБ/МГц), то дополнительно оценивается состояние трабекул (перегородок, формирующих рисунок кости): их количество, пространственная ориентация, наличие микрповреждений. Полученный результат комбинируется с параметром плотности и выводится совокупный показатель – жесткость костной ткани.

Главное преимущество ультразвуковых денситометров – полное отсутствие лучевой нагрузки, поэтому диагностику можно проводить любое количество раз, в том числе в период беременности и лактации. Основной недостаток – невозможность исследовать позвоночник.

Для рентгеновской и фотонной денситометрии необходимо наличие отдельного, специально оборудованного помещения и стационарного оборудования. Также, на пациента воздействует

определенная доза радиации. Одно из преимуществ ультразвуковой денситометрии в сравнении с первыми двумя методами это отсутствие ионизирующего излучения, а также использования портативных малогабаритных приборов.

Так как ультразвуковая денситометрия не сопряжена с лучевой нагрузкой, она может проводиться в период беременности и лактации. Ультразвуковые денситометры мобильны, не требуют специально оборудованного помещения и громоздкого оборудования, имеют низкую стоимость по сравнению с оборудованием на основе других методов. С помощью ультразвуковой денситометрии можно распознать потерю 3-5% костной ткани.

Согласно информации представленной выше можно сделать вывод, что ультразвуковая диагностика может применяться как скрининговая диагностика, для широких слоев населения. Однако в случае более тщательного исследования желательнее отдать предпочтение рентгеновским методам диагностики остеопороза.

На данный момент в мире существует несколько видов ультразвуковых приборов для диагностики состояния костной массы скелета, каждый из которых основан на применении различных технологий измерений.

Первый метод – теневой (абсолютный или режим осевой передачи). Теневое обследование происходит за счет прохождения ультразвука вдоль поверхности кости. Исследования на основе данного режима проводят на длинных костях (лучевая, большеберцовая). На одной стороне кости устанавливают источник и приемник ультразвуковых колебаний.

Второй метод основан на распространении ультразвука поперек кости (режим поперечной передачи). Данный метод позволяет измерить скорость ультразвука в кости при оценке состояния губчатых костей (пяточная кость), а также измерить толщину кости. Датчики приема и передачи ультразвуковых волн располагают на противоположных сторонах диагностируемой кости.

Виды ультразвуковых денситометров:

приборы с нишей для размещения ступни. Это – компактные портативные аппараты, которые через USB-порт подключаются к персональному компьютеру. Область измерения – пяточная кость. Оборудование отличается высокой скоростью работы (сканирование длится 15 сек.), выдает наглядные результаты (печатные цветные диаграммы). Денситометр может быть оснащен встроенным дисплеем и термопринтером. Расходные материалы – специальный гель для проведения ультразвуковой денситометрии.

Приборы с перемещаемым датчиком. Представляют собой классический аппарат с манипулой, которой управляет врач-специалист. Это – универсальное оборудование для определения плотности костной ткани не только у взрослых, но и у детей, включая новорожденных. Область измерения – периферийные участки скелета (фаланги пальцев, плюсовая, лучевая и большеберцовая кости). Результаты диагностики сразу отображаются на мониторе, также их можно распечатать на принтере.

В данной статье рассмотрена проблема остеопороза в России и в мире, а также представлен обзор различных диагностических устройств. Согласно обзору можно сделать вывод, что ультразвуковая диагностика более безопасна, дешевле и имеет сравнимую эффективность с другими методами диагностики остеопороза.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Valerie Chan. Women Living With Osteoporosis: A Meta-Synthesis. [Электронный ресурс] / Valerie Chan, Stefaly Shorey, An article. The Gerontologist 2019 / Valerie Chan // [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net): URL:[https://www.researchgate.net/publication/338195493\\_Women\\_Living\\_With\\_Osteoporosis\\_A\\_Meta-Synthesis](https://www.researchgate.net/publication/338195493_Women_Living_With_Osteoporosis_A_Meta-Synthesis) (дата обращения: 13.09.2022).

2. Дрыгина Л.Б., Трофимова И.В., Саблин О.А., Никифорова И.Д. Современные методы диагностики, профилактики и лечения остеопороза. –Методическое пособие. – СПб: ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, 2011. – 86 с.

3. John A. Kanis. The Diagnosis of Osteoporosis./ John A. Kanis, Joseph Melton, Claus Christiansen, Conrad C. Johnston, Nikolay Khaltaev, Journal of Bone and Mineral Research 1994 / John A. Kanis // [onlinelibrary.wiley.com](http://onlinelibrary.wiley.com): URL: <https://asbmr.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jbmr.5650090802> (дата обращения: 16.09.2022).

4. Аудит состояния проблемы остеопороза в странах восточной Европы и центральной Азии 2010 / IOF., 2011. – 45 с. URL: [http://www.osteoporoz.ru/images/stories/St/russian\\_audit\\_ru.pdf](http://www.osteoporoz.ru/images/stories/St/russian_audit_ru.pdf) (дата обращения: 24.09.2022).

5. Бочкарева А.А. Эхоостеометр для диагностики остеопороза / А.А.Бочкарева, науч. рук. И. О. Болотина // Неразрушающий контроль сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность". – Томск, 23-27 мая 2016 г.: в 3 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический

университет (ТПУ). — 2016. — Т. 2. — 4 с.

б. Никитинская О.А., Торощова Н.В. Состояние проблемы диагностики и лечения остеопороза в реальной клинической практике (пилотное исследование) // Современная ревматология №2, 2014 г. С.47.

*УДК 637.11*

*Скачкова Н.А., Янина А.В.*

*Научный руководитель: Ваулин В.И., канд. пед. наук, доц.,*

*Сингеев С.А., канд. техн. наук, доц.*

*Филиал «Самарский государственный технический университет»,  
г. Сызрань, Россия*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Заводы по производству молочной продукции должны соответствовать нормам СанПиН, однако в процессе производства оборудование загрязняется и становится источником бактерий. Для выпуска безопасной и качественной продукции требуется эффективная очистка оборудования техническими и химическими средствами [4]. Проблема заключается в опасности токсичных веществ, используемых для очистки оборудования на пищевом предприятии и оказывающих вредное воздействие на окружающую среду. Актуальность данной проблемы обусловлена также классом опасности данных веществ (азотная кислота и едкий натр) и их влиянием на окружающую среду и человека.

Для решения данной проблемы целесообразно осуществить поиск технологического решения, которое обеспечивает эффективность санобработки оборудования на заводе молочной отрасли [2].

В процессе производства происходят загрязнения технологического оборудования, в котором остаются элементы продукта: камень молочный, молочный пригар, биопленка [6]. Рассматривая технологию очистки технологических оборудований АО «Данон Россия» филиал «МК Саранский», следует отметить, что для поддержания высокого уровня санитарии на производственных участках разработана процедура регулярной мойки оборудования, которая включает в себя использование щелочного и кислотного моющего раствора рабочей концентрации [1]. В качестве щелочного средства, моющего используется едкий натр с концентрацией 1, 5%, в качестве кислотного – азотная кислота 1, 2%. Данные растворы

производятся на моющих станциях из концентрированного сырья (50% едкого натра и 58% азотной кислоты). Средний расход концентратов в сутки составляет 340 кг щелочи и 150 кг кислоты.

Используемые средства: едкий натр и азотная кислота – являются очень токсичными и опасными веществами. Натрий гидроксид (едкий натр) NaOH – вещество достаточно токсично и едко. Причем обладает щелочными свойствами. В соответствии с ГОСТом 12.1.005-76 натрий едкий является вредным веществом 2 класса опасности. Поэтому мы считаем, что данное вещество нужно исключить из состава моющих средств, т.к. оно при воздействии на кожу, оболочку слизистой глаза образует химический ожог. При воздействии на глаза натрий едкий влияет на зрительные нервы и приводит к их атрофии и потере зрения.

Кислота азотная является концентрированной HNO<sub>3</sub> – негорючей жидкостью, но пожароопасной, в соответствии с ГОСТ 12.1.044, относится к сильному окислителю. В случае попадания на материалы приводит к самовозгоранию, при образовании дыма, интенсивном выделении оксида азота и парообразования кислоты азотной, которая растворяется в воде и создает туман. Относится к 3 классу опасного вещества. Так как парообразования кислоты азотной тяжелее воздуха в 2, 2 раза, то попадая на кожу в концентрированном виде кислота азотная создает ожоги в тяжелой форме. Также кислота азотная раздражает верхние дыхательные пути, влияет на роговицу глаз и образует конъюнктивит.

В процессе производства, после подогрева молочной продукции и ее пастеризации при 75-80<sup>0</sup> С остаются мягкие загрязнения в виде денатурированного белка и фосфатов кальция, при более высоких температурах более 80<sup>0</sup> С появляется твердый осадок [5].

Анализ моющих средств позволяет сделать принять решение, что в целях повышения качества дезинфекции оборудования молочного завода целесообразно использовать сложные смеси с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ). Применение отдельных веществ соды, щелочи, кислот не имеют эффективных моющих способностей для очистки. Так сода каустическая и кальцинированная имеет низкий моющие возможности. При использовании каустика омыляются нейтральные жиры, при использовании кальцинированной соды образуются мыла, по строению представляют собой натриевые соли органических жирных кислот.

ПАВы принадлежат к менее опасному четвертому классу химического вещества и несут меньшую угрозу и вред человеку в соответствии с ГОСТом 12.1.007-76, по предельно-допустимой концентрации с уровнем выше 10 делений и коэффициент возможности

ингаляционного отравления менее 0,3 ПАВ могут быть водорастворимыми и малорастворимыми, ионогенными и неионогенными.

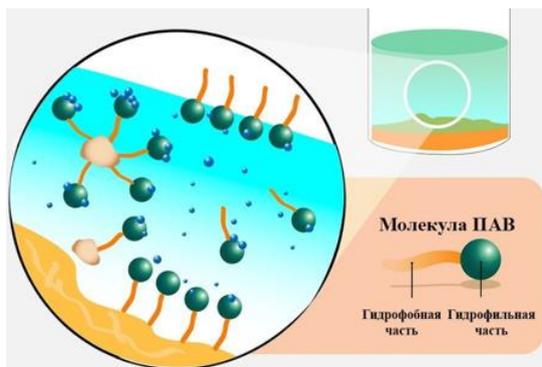


Рис. 1 Молекулярная структура поверхностно-активных веществ

Для удаления свежесформировавшегося на оборудовании камня молочного, при функционировании его в условиях более высоких температур при обработке вакуум-аппаратов, пастеризаторов, бутылкомоечных машин, варочных колов, в воду в процессе ополаскивания целесообразно включать смягчающие средства воды, т.к. в ней содержатся минеральные соли в большом количестве. Молочный камень имеющий свойство застаревать, может удаляться достаточно эффективно кислотным и щелочным раствором моющего средства, в составе которого имеются ПАВ и смягчители воды [1]. Механизм удаления сложных белково-жировых отложений с применением ПАВ, возможно, показать на (рисунке 2).

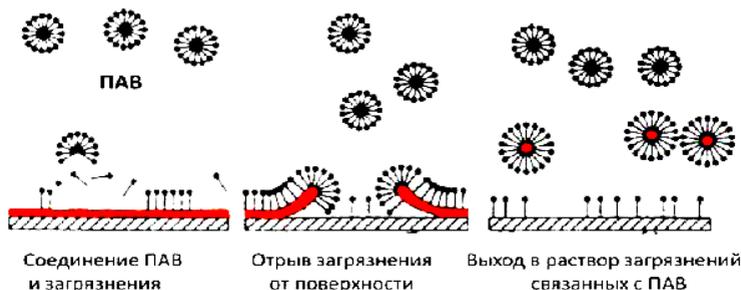


Рис. 2 Механизм удаления сложных белково-жировых отложений с применением ПАВ

Санобработку оборудования линии осуществляют в два этапа, как правило. Сначала производится мойка раствором моющего средства, далее проводится ополаскивание водой, в последующем осуществляют обработку средствами дезинфекции. Эти процессы могут проводиться одновременно, если в составе моющего раствора будут включены средства дезинфицирующие. Это позволит сократить продолжительность санобработки и облегчить процесс очистки оборудования, а также производственной культуры. (рисунок 3).



Рис. 3 Санитарную обработку оборудования

Одной из важных задач обеспечение санитарии в молочном производстве является санобработка линий и трубопроводов, автоцистерн, резервуаров для сохранения молока с применением современных технологий. Обеспечить выполнение данного подхода возможно путем образования композиции моющих средств, которые позволяют в низких температурах выполнить моющие функции и функции дезинфекции. В условиях низких температур роль дезинфицирующего средства в порошковых средствах выполняют агенты с хлорсодержащим составом обеспечивающие бактерицидное действие. Отечественным производителем ПАВ является компания «НИИПАВ» - научно-исследовательский институт занимающийся прикладной разработкой и осуществлением реализации технической политики в молочной отрасли с применением ПАВ и моющих средств. Отгрузки и складские запасы находятся по всей России [1, 3]. Средняя цена – 62.000 рублей за тонну.

Нитраты и азотная кислота поставляются зарубежными странами, следовательно, это выходит значительно выше. Средняя цена – 60.000 рублей за тонну, но из-за поставок из-за рубежа цена вырастает. С

каждым годом цена увеличивается в 2 раза. Таким образом, сравнение цен на ПАВ и кислотные моющие средства позволяет отдать приоритеты ПАВ [5].

Анализ ценовых аспектов свидетельствует, осуществить санобработку технологического оборудования молочного завода целесообразно выполнить с использованием моющего средства специального комплексного действия, которое обеспечит очистку поверхностей оборудования соответствующих СанПиН, являются не вредными человеческого здоровья и не снижают качества производимой молочной продукции, не оказывают разрушительного действия на оборудование, являются экономически выгодными в условиях производства.

В ходе исследования мы теоретически обосновали и экспериментально установили основные закономерности удаления сложных белково-жировых веществ, составляющих отложения молочной продукции. Инновационная технология санобработки оборудования с применением ПАВ, является эффективной для применения по очистке молочного оборудования, является основным источником очистки от бактериального загрязнения молока. Реализация новой технологии, обеспечит условия безопасности и эффективности моющих средств, также снизить пагубного влияния на человека и окружающую среду.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ананьева Н.В. Разработки в области моющих средств // Молочная промышленность. 2010. № 2. С. 67-68.

2. Дегтяров Г.П. Образование загрязнений на молочном оборудовании средства для их удаления // Техника и оборудование для села. - 2009. - № 5. - С. 14-16.

3. Дегтерёв Г. П., Рекин А. М. О новых моющедезинфицирующих средствах для молочных ферм // Молочное и мясное скотоводство. 2000. - № 6. - С. 4-9.

4. Матвеев В.Ю. Меры санитарной обработки молочных линий // Вестник НГИЭИ. 2017. № 3 (70). С. 32-40.

5. Пучин Е.А., Остроухов А.И. Современное моющее средство для очистки доильно-молочного оборудования // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2012. № 5 (56). С. 14-17.

6. Пономарева А.Л. Исследование интенсивности образования биопленок *Listeria monocytogenes* при различных температурах // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2016. № 2 (65). С. 38—39.

Степанова А.А.

Научный руководитель: *Воронов Л.Н., д-р биол. наук, проф.*  
 Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
 г. Чебоксары, Россия

## НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК ПРЕЦЕНТРАЛЬНОЙ ИЗВИЛИНЫ ЛОБНОЙ ДОЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПАТОЛОГИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АЛКОГОЛЯ

В современной литературе очень подробно описаны клеточные и молекулярные механизмы, ведущие к нейродегенеративным заболеваниям, вызванным патологическим воздействием алкоголя, однако почти отсутствуют экспресс-методы, которые способствовали бы обработке большого количества гистологического материала.

Кроме подсчёта нейронов и глии, важно учитывать и форму нейронов (Рисунок 1) – веретеновидную и пирамидную (возбуждающие нейроны) и звёздчатые (тормозящие). Кроме этого у звёздчатых нейронов (окрашенных по Нисслю) - больше оснований отростков дендритов – что усложняет их интегративную функцию.

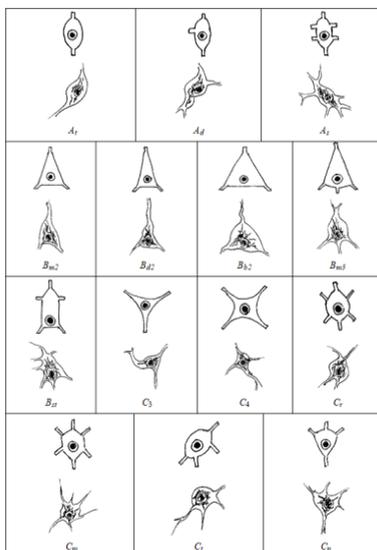


Рис. 1 Классификация нейронов по Л.Н. Воронову (А – веретеновидные, В – пирамидные, С – звёздчатые)

В ходе практической части в лаборатории факультета мною была проведена заливка парафином фиксированного материала гистологических срезов *gyrus precentralis lobi frontalis cerebri*; нарезка блоков на микротоме толщиной среза 5 и 15 мкм; депарафинизация; окрашивание срезов по методу Ниссля (Рисунок 2), Конго красным (Рисунок 3); отцифровка микропрепаратов; анализ полученных данных в программах LevenhukLite и Statistica 10.

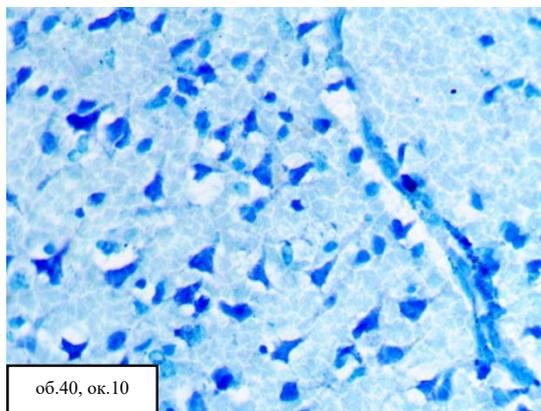


Рис. 2 Микрофотография среза прецентральной извилины лобной доли головного мозга при нейродегенеративном заболевании (контроль, окраска по Ниссля)

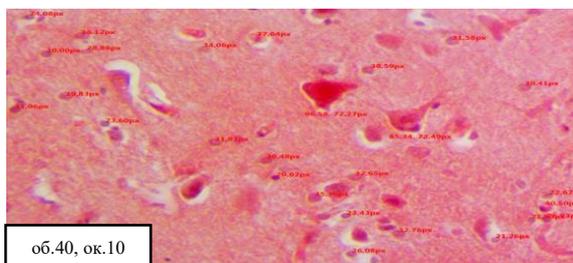


Рис. 3 Микрофотография среза прецентральной извилины лобной доли головного мозга при болезни Паркинсона, случай 1 (окраска Конго красным)

Окраска нервной ткани по Ниссля и Конго красным производилась по методике Г.А. Меркулова [2].

Алкоголь ухудшает функцию нейронов и глии, нарушая широкий спектр функций, включая выживание нейронов, миграцию клеток и дифференцировку глии (астроцитов и олигодендроцитов) [5].

Действие алкоголя на головной мозг человека и нервную систему имеет как кратковременные последствия в виде провалов памяти, нарушений координации, так и постоянный вред вследствие того, что гибнут нейроны и другие клетки мозга [3]. Алкоголь также может запускать механизмы апоптоза путем блокирования протективных факторов роста нервных клеток и инсулиноподобного фактора роста IGF. Алкоголь нарушает экспрессию гена bcl-2, который ингибирует апоптоз [4].

Другим важным механизмом алкогольного повреждения мозга является оксидативный стресс. Образующиеся в процессе метаболизма алкоголя свободные радикалы представляют собой высокореактивные молекулы, которые повреждают нейроны [6].

Источник свободных радикалов – цитохром P 450 2E1 и оксид азота. При повышении продукции свободных радикалов происходит активация перекисного окисления липидов. Вследствие того, что мозг потребляет большое количество кислорода, он особенно чувствителен к данному виду окисления.

Кроме того, алкоголь снижает уровень специфического протеина мозга, который стимулирует рост нейронов, так называемого фактора роста мозга.

Причиной дегенерации нервной системы, вызванной алкоголем, является эпизодическая алкогольная интоксикация ограниченного периода, которая приводит к необратимой нейродегенерации в коре головного мозга, в том числе прецентральной извилине.

Дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, при дальнейшем злоупотреблении алкоголем может перейти в токсическую (алкогольную) энцефалопатию.

Основную роль в формировании двигательных нарушений при болезни Паркинсона играет патология nigrostriального дофаминергического пути [1]. Данное заболевание приводит к значительному снижению нервных клеток в черной субстанции головного мозга. Эти нервные клетки составляют нейрохимический мессенджер дофамина, который отвечает за все сообщения, координирующие нормальные движения. Недостаток дофамина в клетках мозга пациента с БП приводит к моторным осложнениям, постепенно прогрессирующими с годами [7].

Однако по данным лабораторного исследования можно сделать вывод, что наряду с нарушениями в substantia nigra, происходят значительные изменения в lobus frontalis, а именно значительное снижение количества нейронов в gyrus precentralis, которая является моторной областью (поле №4).

В моторной области (поле №4) прецентральной извилины начинается пирамидный путь, который заканчиваясь на мотонейронах спинного мозга и двигательных ядрах черепномозговых нервов обеспечивает сознательные движения.

Также в прецентральной извилине располагается поле №6 - премоторная кора и дополнительная моторная кора (вторичная моторная зона), в которой формируется план и последовательность движений, из этой зоны посылаются эфферентные импульсы в мозжечок и базальные ганглии экстрапирамидной системы. В ходе снижения нейронов в этой зоне наблюдаются двигательные персеверации (повторения), замедленность движений, общая напряжённость мышц.

Предварительные знания качественных и количественных характеристик морфологически измененных клеток головного мозга при данных заболеваниях позволяют с точностью определить достоверную причину смерти пациента, что значительно облегчит деятельность судмедэксперта.

В ходе обработки статистических данных были сделаны следующие выводы:

1. Количество нейронов при токсической (алкогольной) энцефалопатии:  $34 \pm 0,23$ ; при дегенерации нервной системы, вызванной алкоголем:  $143 \pm 45,33$ ; при Паркинсонизме:  $20 \pm 0,17$ ; контроль:  $156 \pm 39,15$ ; при  $P \leq 0,05$ . Количество глии при токсической (алкогольной) энцефалопатии:  $809 \pm 95,56$ ; при дегенерации нервной системы, вызванной алкоголем:  $636 \pm 88,56$ ; при болезни Паркинсона составляет:  $275 \pm 84,87$ ; контроль:  $710 \pm 34,27$ ; при  $P \leq 0,001$ ;

2. При токсической (алкогольной) энцефалопатии были выявлены следующие формы нейронов: Bb2, Vm2, Bst, Bd2, At, As, Ct, Cm, Cr, Cp (2 веретеновидных, 4 пирамидных и 4 звёздчатых). При дегенерации нервной системы, вызванной алкоголем наблюдаются следующие формы нейронов: Ct, Cp, Cm, Ad, At, As, Vm2, Vm3, Bst, Bd2, Bb2 (3 веретеновидных, 5 пирамидных и 3 звёздчатых). При болезни Паркинсона наблюдаются следующие формы нейронов: Vm3, Vm2, Bst, Bd2, Bb2, Ct, At, Ad (2 веретеновидных, 5 пирамидных и 3 звёздчатых нейрона). В контрольном блоке наблюдаются: 3 веретеновидных, 5 пирамидных, 5 звёздчатых;

3. Статистический анализ площади нейронов в коре мозга людей при нейродегенеративных заболеваниях по критерию Стьюдента выявляет, что все показатели достоверно различаются при  $P \leq 0,001$ ;

4. Кластерный анализ площади нейронов в коре мозга людей с нейродегенеративными заболеваниями показывает, что данные

распадаются на два кластера: болезнь Паркинсон и дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем; токсическая энцефалопатия и контроль;

5. Факторный анализ нейронов в коре мозга людей с нейродегенеративными заболеваниями показывает, что по фактору 1 большие корреляционные связи имеют параметры болезни Паркинсона и токсической (алкогольной) энцефалопатии;

6. Статистический анализ глии в коре мозга людей с нейродегенеративными заболеваниями выявляет, что по критерию Стьюдента все показатели достоверно различаются при  $P \leq 0,001$ , кроме данных дегенерации нервной системы, вызванной алкоголем и токсической энцефалопатии;

7. Кластерный анализ площади глии в коре мозга людей с нейродегенеративными заболеваниями показывает, что в первый кластер попали данные болезни Паркинсона, во второй – дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем и токсическая энцефалопатия; в третий – контроль;

8. Факторный анализ глии в коре мозга людей с нейродегенеративными заболеваниями показывает, что по первому фактору большие корреляционные связи имеют параметры контроля и болезни Паркинсона;

Проведенный в ходе исследования анализ клеток прецентральной извилины лобной доли головного мозга при отдельных нейродегенеративных заболеваниях (токсическая энцефалопатия, дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, болезнь Паркинсона) позволил выявить определенные особенности и закономерности каждой патологии. Полученные данные могут обеспечить экспресс-метод для исследования большого количества гистологических срезов.

Статистический анализ всех трёх нейродегенеративных заболеваний показал определенную связь между ними.

При этом общее количество нейронов при нейродегенеративных заболеваниях, вызванных алкоголем, обусловлено увеличением количества возбуждающих нейронов (веретеновидных и пирамидных), чем можно объяснить агрессивное поведение у алкоголиков и тремор конечностей при болезни Паркинсона. В контрольном блоке наблюдается равенство между тормозящими и возбуждающими нейронами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луцкий И.С., Евтушенко С.К., Симонян В.А. Симпозиум «Болезнь Паркинсона (клиника, диагностика, принципы терапии)/ И.С. Луцкий, С.К. Евтушенко, В.А. Симонян// Международный неврологический журнал. -2011.- №5.- с.159-174
2. Меркулов Г.А. Курс патологогистологической техники/ Г.А.Меркулов. – Издание четвертое. – Государственное издательство медицинской литературы МЕДГИЗ, Ленинградское отделение, 1961.- 343 с.
3. Шабанов П.Д. // Основы наркологии. – СПб., 2002. – С. 555.
4. Casoli T., Di Stefano G., Gracciotti N., Fattoretti P., Solazzi M., BertoniFreddari C. Agerelated effects of moderate alcohol consumption on GAP43 levels in rat hippocampus.Mech Ageing Dev. 2001; 122 (15): p.17231738.
5. de la Monte, S.M., Kril, J.J. Human alcohol-related neuropathology. Acta Neuropathol 127, 71-90 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00401-013-1233-3>
6. Iorio K.R, Reinlib L., Tabakoff B., Hoffman P.L.) Chronic exposure of cerebellar granule cells to ethanol results in increased NMDA receptor function. Mol Pharmacol. 1992; 41:p.1142–1148
7. Jagadeesan AJ, Murugesan R, Vimala Devi S, et al. Current trends in etiology, prognosis and therapeutic aspects of Parkinson's disease: a review. Acta Biomed. 2017;88(3):249-262. Published 2017 Oct 23. doi:10.23750/abm.v88i3.6063

*УДК 579.61*

*Федорова М.С., Каюмов А.Р.*

*Научный руководитель: Тризна Е.Ю., канд. биол. наук, доц.  
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия*

### **ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ПОВЫШАЮТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *PSEUDOMONAS* *AERUGINOSA* К АНТИБИОТИКАМ**

В настоящее время более 80% хронических инфекций во всем мире вызваны активным распространением бактерий, обладающих повышенной устойчивостью к антимикробным препаратам, вызванной способностью бактерий к формированию биопленок [1, 2]. Известно, что бактериальные биопленки обладают различными механизмами толерантности в отношении антимикробных агентов и иммунного

ответа хозяина, поэтому заболевания, вызванные биопленками, трудно поддаются лечению [3...5]. Кроме этого, частой причиной возникновения стойких хронических инфекций у человека является формирование биопленок на медицинских устройствах. Однако в настоящее время известно мало антимикробных средств, эффективных против инфекций, ассоциированных с образованием биопленок, разработка новых терапевтических стратегий для борьбы с ними является актуальной задачей [6...9].

Наиболее распространенным условным патогеном и причиной широкого спектра внутрибольничных инфекций является *Pseudomonas aeruginosa* [10]. Множественная толерантность данного представителя заключается в наличии целого набора факторов вирулентности, а также его быстрой адаптации, в том числе за счет способности к образованию полирезистентных биопленок, включающих комбинации различных механизмов устойчивости [11, 12]. Таким образом по сей день остается необходимостью в поиске и разработке новых терапевтических подходов для борьбы с инфекциями подобного рода. На сегодняшний день возможной альтернативой антимикробным препаратам являются антимикробные метаболиты, продуцируемые бактериями, исследования которых могут стать основой для разработки новых подходов противомикробной терапии [13, 14].

Ранее было показано, что чувствительность *P. aeruginosa* к антибиотикам широкого спектра действия повышается в смешанной культуре *Staphylococcus aureus* - *P. aeruginosa* [15]. Вероятно, подобный эффект обусловлен действием метаболитов, продуцируемых клетками *S. aureus*. Для подтверждения этой гипотезы оценивали антимикробную активность бесклеточной культуральной жидкости (КЖ) *S. aureus* как в отношении открепившихся клеток *P. aeruginosa*, так клеток в составе биопленки. На первом этапе был проведен подбор оптимальных условий культивирования *S. aureus* с целью получения культуральной жидкости с максимальным антимикробным действием. Для этого клетки стафилококка выращивали в разных средах (LB и VM) в течение суток с последующим получением бесклеточной культуральной жидкости. Затем, культуральную жидкость *S. aureus* вносили к клеткам *P. aeruginosa* и инкубировали 24 ч при 37 °С без качания, после чего с помощью МТТ-теста оценивали жизнеспособность бактерий в открепившемся состоянии и составе биопленки (рис.1).

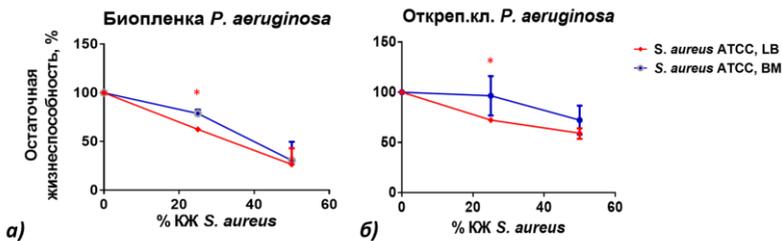


Рис. 1 Оценка жизнеспособности с помощью МТТ-теста клеток *P. aeruginosa* после добавления культуральной жидкости *S. aureus*, выращенного на различных средах (LB, BM) в различных концентрациях (0%, 25%, 50%): А, В – в отношении биопленки *P. aeruginosa*; В, Г – в отношении отклеившихся клеток *P. aeruginosa*

Снижение жизнеспособности клеток *P. aeruginosa* зависело от вносимой концентрации КЖ *S. aureus* и проявляло доза-зависимый эффект. При этом активность культуральной жидкости, полученной при культивировании золотистого стафилококка в питательной среде LB была выше. Таким образом, для дальнейших исследований была использована питательная среда LB.

Известно, что некоторые антимикробные метаболиты способны повышать эффективность различных антибиотиков, проявляя синергетическое действие [16]. Возможно, культуральная жидкость *S. aureus* также способна потенцировать действие антимикробных препаратов. Чтобы проверить данное предположение, к зрелым биопленкам *P. aeruginosa* вносили 25% культуральной жидкости *S. aureus* в сочетании с антибиотиком широкого спектра действия (амикацин). Для того, чтобы исключить эффект голодания, в качестве контроля вносили 0.9% раствор NaCl. Через сутки оценивали остаточную жизнеспособность открепившихся клеток и в составе биопленки *P. aeruginosa* с помощью качественного резазуринового теста (рис.2).

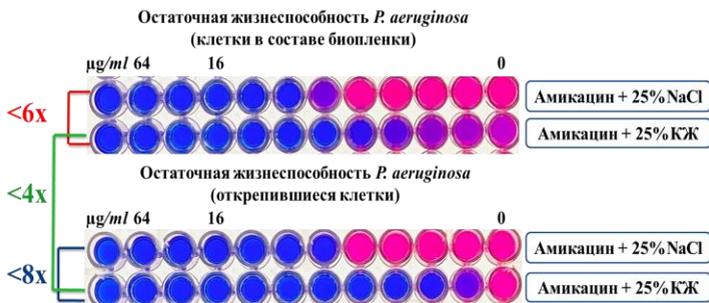


Рис. 2 Оценка сочетанного действия культуральной жидкости (КЖ) *S. aureus* и амикацина в отношении открепившихся клеток и в составе биопленки *P. aeruginosa* с помощью резазуринового теста (КЖ – культуральная жидкость)

В результате было установлено, что присутствие бесклеточной культуральной жидкости золотистого стафилококка повышает эффективность амикацина: в отношении свободноплавающих клеток *P. aeruginosa* в 8 раз, а в отношении клеток в составе биопленки в 6 раз. Таким образом, использование бесклеточной культуральной жидкости может способствовать повышению эффективности антимикробной терапии, что может служить основой для разработки новых подходов для борьбы с инфекциями, связанными с формированием биопленок *P. aeruginosa*.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pompilio A., Scribano D., Sarshar M., Di Bonaventura G., Palamara A. T., Ambrosi C. Gram-negative bacteria holding together in a biofilm: the *Acinetobacter baumannii* way // *Microorganisms*. 2021. V.9. №. 7. P. 1353.
2. Singh A., Amod A., Pandey P., Bose P., Pingali M.S., Shivalkar S., Varadwaj P.K., Sahoo A.K., Samanta S.K. Bacterial biofilm infections, their resistance to antibiotics therapy and current treatment strategies // *Biomedical Materials*. 2022. V.17. P.22.
3. Saxena P., Joshi Y., Rawat K., Bisht R. Biofilms: architecture, resistance, quorum sensing and control mechanisms // *Indian journal of microbiology*. 2019. V.59. P.3-12.
4. Malone M., Radzieta M., Schwarzer S., Jensen S.O., Lavery L.A. Efficacy of a topical concentrated surfactant gel on microbial communities in non-healing diabetic foot ulcers with chronic biofilm infections: A proof-of-concept study // *International Wound Journal*. 2021. V.18. P.457-466.

5. Ding L., Wang J., Cai S., Smyth H., Cui Z. Pulmonary biofilm-based chronic infections and inhaled treatment strategies // *International Journal of Pharmaceutics*. 2021. V. 604. P. 120768.
6. Dumaru R., Baral R., Shrestha L. B. Study of biofilm formation and antibiotic resistance pattern of gram-negative Bacilli among the clinical isolates at BPKIHS, Dharan // *BMC Research Notes*. 2019. V.12. №1. P.1-6.
7. Mulcahy L.R., Isabella V. M., Lewis K. *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in disease // *Microbial ecology*. 2014. V.68. P.1-12.
8. Caldara M., Belgiovine C., Secchi E., Rusconi R. Environmental, Microbiological, and Immunological Features of Bacterial Biofilms Associated with Implanted Medical Devices // *Clinical microbiology reviews*. 2022. V.35. P.16-20.
9. Olivares E., Badel-Berchoux S., Provot C., Prévost G., Bernardi T., Jehl F. Clinical impact of antibiotics for the treatment of *Pseudomonas aeruginosa* biofilm infections // *Frontiers in microbiology*. 2020. V.10. P.2894.
10. Bessa L.J., Manickchand J.R., Eaton P., Leite J.R.S., Brand G.D., Gameiro P. Intragenic antimicrobial peptide Hs02 hampers the proliferation of single- and dual-species biofilms of *P. aeruginosa* and *S. aureus*: A promising agent for mitigation of biofilm-associated infections // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. V.20. P.3604.
11. Moradali M.F., Ghods S., Rehm B.H. *Pseudomonas aeruginosa* lifestyle: a paradigm for adaptation, survival, and persistence // *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 2017. V.7. P.39.
12. Hentzer M., Teitzel G.M., Balzer G.J., Heydorn A., Molin S., Givskov M., Parsek M.R. Alginate overproduction affects *Pseudomonas aeruginosa* biofilm structure and function // *Journal of bacteriology*. 2001. V.183. P.5395-5401.
13. Newstead L.L., Varjonen K., Nuttall T., Paterson G.K. Staphylococcal-produced bacteriocins and antimicrobial peptides: Their potential as alternative treatments for *Staphylococcus aureus* infections // *Antibiotics*. 2020. V.9. P.40.
14. Lynch D., O'Connor P.M., Cotter P.D., Hill C., Field D., Begley M. Identification and characterisation of capidermicin, a novel bacteriocin produced by *Staphylococcus capitis* // *PLoS One*. 2019. V.14. P.541.
15. Trizna E.Y., Yarullina M.N., Baidamshina D.R., Mironova A.V., Akhatova F.S., Rozhina E.V., Fakhruллин R.F., Khabibrakhmanova A.M., Kurbangalieva A.R., Bogachev M.I., Kayumov A. R. Bidirectional alterations in antibiotics susceptibility in *Staphylococcus aureus*—*Pseudomonas aeruginosa* dual-species biofilm // *Scientific reports*. 2020. V. 10. №1. P.1-18.

16. Grassi L., Maisetta G., Esin S., Batoni G. Combination strategies to enhance the efficacy of antimicrobial peptides against bacterial biofilms // *Frontiers in Microbiology*. 2017. V.8. P. 2409.

*УДК 544.654.2*

*Шестериков А.Е., Шестерикова Д.А.*

*Научный руководитель: Троян П.Е., д-р техн. наук, проф.*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

## **УЛУЧШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНОК ОЛОВА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ**

Получение высококачественных оловянных покрытий является важной задачей в производстве печатных плат, а также при создании припоев для корпусирования интегральных микросхем СВЧ диапазона [1]. Одним из перспективных методов формирования оловянных покрытий с точно контролируемой толщиной и физическими свойствами является электрохимическое осаждение. Основными проблемами при электрохимическом осаждении олова являются сложности получения осадка с плотной структурой и равномерной толщиной по всей площади поверхности образца [2]. Также проявляются сложности в стабильном получении осадка белого олова ( $\text{Sn}^2$ ), которое при несоответствии технологических условий может переходить в серое олово ( $\text{Sn}^4$ ), которое не пригодно для использования в качестве припоя [3]. В данной статье будут рассмотрены методы улучшения равномерности оловянных покрытий, полученных методом электрохимического осаждения.

Электролиты для осаждения олова подразделяются на сернокислые и щелочные. Щелочные электролиты обладают лучшей рассеивающей способностью (РС) и более стабильны во времени. Однако выход по току для данных электролитов составляет около 60%, что увеличивает время процесса осаждения примерно в 2 раза по сравнению с сернокислыми электролитами. Также щелочные электролиты не пригодны при осаждении через фоторезистивную маску, что часто применяется в микроэлектронике. По этим причинам в данной работе рассматриваются методы улучшения равномерности для сернокислых электролитов оловянирования.

Неравномерность толщины покрытий при электрохимическом осаждении связаны с неравномерным распределением электрического

поля по пластине, а также наличием локальных неровностей, что приводит к высокой плотности силовых линий электрического поля в этих местах (рис. 1).

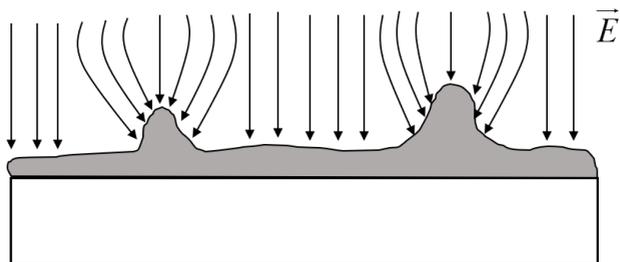


Рис. 1 Вид силовых линий электрического поля при наличии неровностей на поверхности

Чем выше напряженность поля, тем будет выше локальная плотность тока и соответственно скорость осаждения, что приводит к росту «сталагмитов» в этих местах. Данный процесс увеличивает рыхлость покрытия и делает невозможным адекватной оценки его толщины. На решение данной проблемы направлено импульсное электрохимическое осаждение.

Импульсное электрохимическое осаждение. В этой системе металлизации используется периодически изменяющееся направление тока с прямого на противоположное. Выпрямитель создает импульс с прямым катодным током, который перемежается короткими анодными импульсами (рис. 2) [4].

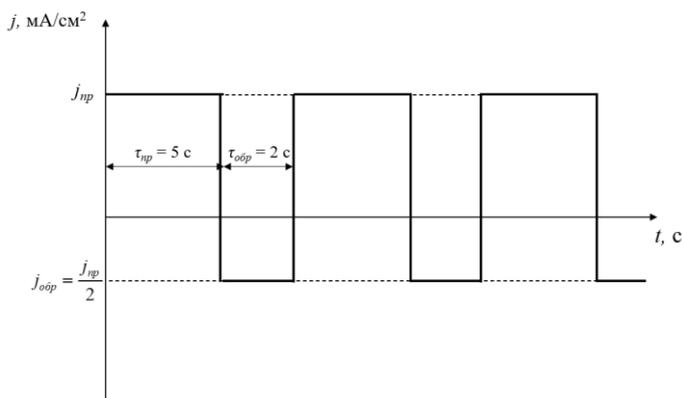


Рис. 2 Временная зависимость тока при импульсном электрохимическом осаждении:  $\tau_{np}$  – время прямого импульса;  $\tau_{обр}$  – время обратного импульса

На рис. 3 представлены два экспериментальных образца медной фольги, покрытые оловом с осаждением на постоянном токе (справа) и с применением импульсного осаждения (слева).

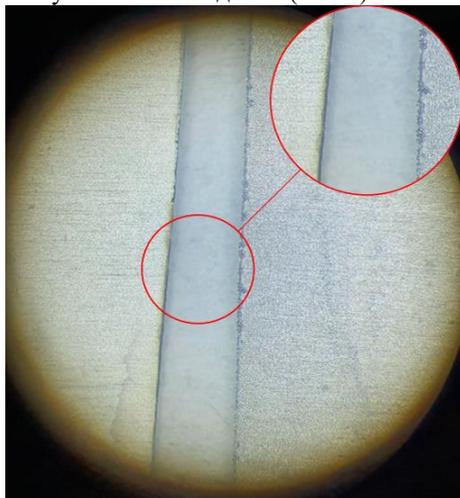


Рис. 3 Сравнение экспериментальных образцов с осаждением на постоянном и импульсном токе

Области с низкой плотностью прямого тока получают соответственно более низкий импульс обратного тока, поэтому скорость осаждения здесь снижается в меньшей степени, чем в областях с высокой плотностью тока. Это приводит к значительному улучшению распределения толщины металлизации.

Сопутствующими факторами при улучшении равномерности металлизации являются: *перемешивание электролита*; *параллельность катодных и анодных штанг* (система с равномерным распределением электрического поля).

Система с вращающимся катодом. При необходимости достижения разброса в толщине покрытия на уровне 1% наиболее передовой технологией является использование вращающегося катода в реакторе электрохимического осаждения (рис. 4) [5]. Система вращения позволяет снизить зависимость толщины покрытия от положения по площади пластины.

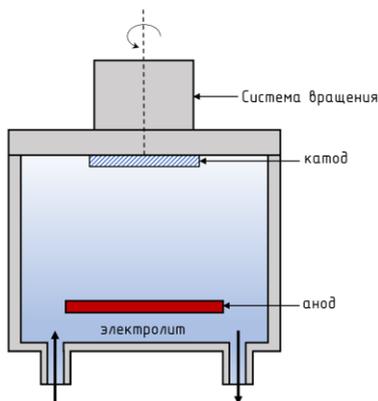


Рис. 4 Реактор электрохимического осаждения с вращающимся катодом

Контролируя скорость вращения можно добиться наилучшего возможного распределения осадка металла по площади пластины (рис. 5).

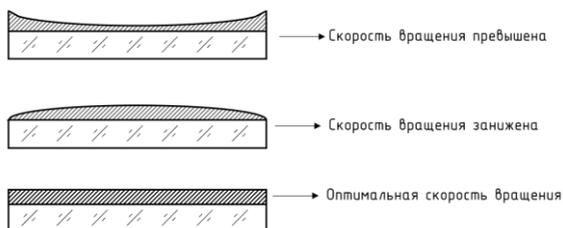


Рис. 5 Зависимость распределения толщины металлизации от скорости вращения катода

Таким образом, применяя все перечисленные технические решения по улучшению равномерности покрытий олова, полученных методом электрохимического осаждения из сернокислых электролитов, возможно добиться разброса по толщине покрытия на уровне  $0,5 \div 1\%$ . В совокупности с высокими скоростями осаждения (порядка 1 мкм/мин) и высоким выходом по току.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dušek K., Bušek D., Veselý P., Pražanová A., Placek M., Del Re J. Understanding the Effect of Reflow Profile on the Metallurgical Properties of Tin–Bismuth Solders // Metals. 2022. Т. 12. №. 1. С. 121.

2. Медведев А., Сержантов А., Шкундина Е. Параметры управления электрохимическими процессами в производстве печатных плат //Технологии в электронной промышленности. 2019. №. 7. С. 31-37.

3. Walsh F. C., Low C. T. J. A review of developments in the electrodeposition of tin //Surface and Coatings Technology. 2016. Т. 288. С. 79-94.

4. Выпирайло С. Ю., Киреева С. Н., Киреев С. Ю. Электрохимическое осаждение покрытий оловом с использованием импульсного электролиза //Вестник Пензенского государственного университета. 2015. №. 3 (11). С. 128-132.

5. Суханов Д. Оптимизация гальванических процессов или как добиться непревзойденной повторяемости процесса// ВЕКТОР высоких технологий. 2021. №3 (53). С 14-25.

**УДК 625.72**

***Ширяшкина Д.Р.***

***Научный руководитель: Алексиков С.В.***

*Институт архитектуры и строительства ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия*

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНА РЕМОНТА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ РОВНОСТИ [R]**

Модернизация экономики и реализация национальных проектов в РФ оказали положительное влияние на развитие дорожной отрасли и способствовали началу масштабной диагностики автомобильных дорог. Вместе с тем темпы роста качества дорожного строительства требуют одновременного повышения уровня содержания автомобильных дорог для обеспечения нормативных значений ровности и сцепных качеств покрытия. Под ровностью дорожного покрытия понимают качественную характеристику поверхности по геометрическим параметрам, способным оказывать влияние на колебания движущегося транспортного средства.

На данный момент существует необходимость в разработке специальных методов и нормативных документов, регулирующих экспресс-оценку долговечности дороги по упрощенной схеме измерения и расчета для значительных объемов. При изменении ровности покрытия изменяется динамический коэффициент и увеличивается величина необратимых деформаций покрытий, что снижает прочность дорожного покрытия [1].

Категория дороги	Ровность по индексу IRI, м/км, не более			
	Группа улиц	Тип дорожной одежды		
		Капитальный	Облегченный	Переходный
IA, IB	A	4,0	–	–
IB, II	B	4,5	–	–
III	B	5,0	5,5	
IV	Г, Д	6,0	6,5	
V	E	–	7,5	8,0

Рис. 1 Значения предельно допустимых показателей продольной ровности покрытия (по ГОСТ Р 50597-2017).

Основой разрабатываемой методики формирования плана ремонта дорожной сети по показателю ровности IRI является структурная последовательность:

1. Общая характеристика.
2. Мониторинг текущего состояния проезжей части.
3. Методика обработки и представление результатов измерений (продольная ровность, глубина колеи, площадь повреждений, показатель растрескивания).
4. Оценка состояния проезжей части на соответствие действующим требованиям.
5. Разработка стратегии ремонтных мероприятий по улучшению состояния проезжей части.
6. Оценка экономической эффективности принятой стратегии ремонтных мероприятий.
7. Методика прогнозирования остаточного срока службы.

На 1 этапе производится сбор данных об автомобильной дороге (участке автомобильной дороги): ее шифр, начало и конец, протяженность, техническая категория, а также тип покрытия. Часть необходимой информации содержится в техническом задании на диагностику автомобильных дорог, часть собирается самостоятельно. Дополнительно определяются координаты начала и конца для каждой автомобильной дороги. На 2 этапе проводится диагностика автомобильной дороги, с помощью диагностической машины, которая позволяет определить перечень дефектов. На 3 этапе производится обработка полученных данных в программе ПИК Дорога – ПРО, а также формируются итоговый отчет результатов измерений. На 4 этапе производится оценка соответствия текущего состояния АД требованиям нормативных документов. Примеры отчетов представлены на рисунке 2.

автомобильная дорога "Средняя Ахтуба (км 2) – Куйбышев – Суходол – до границы Ленинского района" - 12,088 км					
20.08.2019					
ROWN1	ROWN2	DL	RDL	CLASS OR	PAVEMENT
8,00	5,52	100	100	4	1
6,25	4,75	100	200	4	1
5,23	5,67	100	300	4	1
5,07	4,60	100	400	4	1
4,87	5,42	100	500	4	1
4,89	5,07	100	600	4	1
5,53	5,92	100	700	4	1
6,56	6,11	100	800	4	1
5,01	4,90	100	900	4	1
4,44	3,64	100	1000	4	1
3,04	3,71	100	1100	4	1

Рис. 2 Пример отчета о соответствии IRI нормативным требованиям

Для показателя ровности IRI предъявляются следующие требования:

Таблица 1 – Требования к ровности для оценки состояния покрытия

Состояние покрытия	IRI, м/км
Отличное	Менее 2
Хорошее	от 2 до 4
Удовлетворительное	от 4 до 6
Неудовлетворительное	более 6

На 5 этапе необходимо разработать план проведения ремонтных мероприятий. Именно здесь важно учесть не только степень соответствия проезжей части нормативным требованиям, но и интенсивность движения, состав транспортного потока, а также среднюю скорость движения. Диагностика показала, что на территории Волгоградской области есть ряд автомобильных дорог с высокой степенью износа, которые фактически не используются: интенсивность движения на них составляет не более 20 приведенных единиц в сутки. Таким образом, вытекает задача определения приоритетности назначения ремонтных работ в рамках выделенного объема финансирования [2...4].

На этом этапе предлагается, воспользоваться полученными авторами уравнениями регрессии. Тогда модель для назначения ремонтных работ примет следующий вид:

1. Для определения приоритетности участков ремонтных работ вводится комплексный показатель ( $S$ ) равный сумме потерь, связанных с ростом себестоимости перевозок и снижением безопасности дорожного движения:

$$S = (C_{at} + D_{at})k_i$$

где –  $k_i$  коэффициент дефляции, учитывающий динамику изменения цен.

2. Для определения приоритетности проведения ремонтных работ задаемся функцией максимизации разности рассмотренного выше показателя при фактических ( $S_{\Phi}$ ) и нормативных условиях ( $S_{Н}$ ):

$$\Delta = S_{\Phi} - S_{Н} \rightarrow \max$$

3. При этом затраты на ремонт автомобильных дорог не должны превышать плановый объем финансирования ( $C_f$ ). С учетом этого ограничения математическая модель формирования плана ремонта региональных дорог примет вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N S_{\Phi}^i - S_{Н}^i \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^N L_i C \leq C_f \end{cases}$$

где –  $N$  количество автомобильных дорог.

На 6 и 7 этапе оценивается экономический эффект от реализации предложенного плана дорожно-ремонтных работ, а также прогнозируется остаточных срок службы автомобильных дорог, или их участков. Для примера воспользуемся результатами диагностики Ленинского района Волгоградской области и опробуем на нем разработанную модель. Всего было исследовано 16 автомобильных дорог, протяженность, которых с а/б покрытие составляет 214,6 км. Требованиям, предъявляемым к продольной ровности, соответствует 90%, по наличию повреждений на проезжей части – 84% [4...5].

После разрабатывается расчетная таблица для определения приоритетности ремонтных работ. При этом важно учитывать, что при необходимости производится разбиение автомобильной дороги на характерные участки по показателю продольной ровности. После этого определяется среднее значение IRI для каждой дороги (участка) и

производится автоматический расчет по предложенной математической модели. Затем расставляем приоритетность исходя из условия  $\Delta \rightarrow \max$ .

Таким образом, исходя из произведенных расчетов Разработана математическая модель и описана методики формирования плана ремонтных работ по показателю ровности IRI, преимуществами которой являются:

1. Простота алгоритма оптимизации плана ремонта дорожной сети, направленного на восстановление ровности проезжей части автомобильных дорог;

2. Использование в качестве основного критерия показатель продольной ровности IRI, получаемый с помощью современного диагностического оборудования.

Затем проведена апробация, полученной математической модели, представлены расчетные таблицы в программе Excel и определена приоритетность назначения ремонтных работ на территориальной дорожной сети в Ленинском районе Волгоградской области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрижевский, Д. А. Исследование повышения безопасности дорожного движения путем учета индекса IRI и комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния / Д. А. Стрижевский, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2014. – №3(7). – С. 13 – 28.

2. Васильев, А. П. Справочная энциклопедия дорожника. Том 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / М.: Информавтодор. 2004. – 1192 с.

3. Кривко, Е. В. Особенности планирования мероприятий по проведению дорожно-ремонтных работ / Е. В. Кривко, В.В. Базов // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Международный сборник научных трудов. Хабаровск. – 2017. – Т.17. – С. 161 – 167.

4. Лушников, Н. А. О взаимосвязи некоторых показателей продольной ровности дорожных покрытий / Н. А. Лушников, П. А. Лушников // Дороги и мосты. – 2018. – №1(39). – С. 12.

5. Чванов, В.В. Исследование влияния продольной ровности поверхности дорожного покрытия на безопасность дорожного движения В.В. Чванов, Д. А. Стрижевский//Дороги и мосты: Сборник ст. ФГУП РосдорНИИ. Вып. №21/1. – М., 2009

*Щербаков А.С., Копнина О.В., Мерзликina А.И.*  
*Научный руководитель: Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.*  
*Белгородский государственный технологический университет*  
*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО И ПОЛИМЕРКОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В СТОМАТОЛОГИИ**

Полимеры и полимеркомпозиты стали широко применяться во всех видах промышленности и сферах услуг. Полимеры – это высокомолекулярные соединения, состоящие из большого количества звеньев (мономеров), связанных между собой химическими связями. Полимерные соединения являются основой для производства пластмасс, резин, волокон, упаковки, лакокрасочных материалов и т.д. Однако, помимо своего промышленного применения полимерные соединения очень востребованы в медицине и стоматологии. Именно со стоматологии началось освоение полимерами медицины [1].

Успехи современной стоматологии зависят не только от знаний и прогресса медицины, но и от достижений в химии и материаловедении. Процесс совершенствования стоматологических материалов обусловлен улучшением следующих факторов:

- механических свойств;
- эстетических свойств;
- биологической совместимости изделия или соединения с тканями организма человека;
- безвредностью и нетоксичностью;
- простоты производства, хранения и применения в условиях стоматологической клиники или кабинета

Также к стоматологическим компонентам, материалам и изделиям предъявляются особые требования, которые регламентируются соответствующими документами(ГОСТ /ISO). Основными определяющими показателями компонентов и составов стоматологического применения являются:

- текучесть
- вязкость
- пластичность
- упругость
- твердость

- прочность

Стоматологические материалы подразделяются на 2 группы: материалы, применяемые в терапевтической стоматологии и материалы, применяемые в ортопедической стоматологии.

1) Терапевтическая стоматология – раздел медицины, занимающийся диагностикой и лечением болезней зубов, околозубных тканей и слизистой оболочки полости рта. Сюда относятся полимерные пломбировочные материалы, которые могут быть ненаполненными на основе акриловых и эпоксидных смол или наполненными (композиционными) на основе органической матрицы БИС-ГМА[2;5].

Ненаполненные пломбировочные материалы на основе акриловых смол представляют собой систему «порошок-жидкость». Порошок - частицы полимера (полиметилметакрилата) с осажденными на его поверхности пигментами (оксидом цинка, диоксидом титана), равномерно распределен в жидкости, которая представляет собой мономер (метилвый эфир метакриловой кислоты) смешанный с ингибитором (гидрохиноном). Системой заполняется пораженный орган или участок, которая полимеризуется при необходимых условиях и получается отвержденная полимерная композиция.

Наполненные пломбировочные материалы представляют собой композит - пространственное трехмерное сочетание или комбинация по крайней мере двух химически различных материалов, которые имеют четкую границу раздела. Эта комбинация имеет более высокие показатели свойств, чем каждый из компонентов в отдельности. Композит включает в себя: органическую матрицу (полимерное связующее) и неорганический наполнитель. В качестве дополнительных компонентов служат: полимерный ингибитор, катализатор, инициатор полимеризации, ускоритель полимеризации, светопоглотитель, красители. Композит классифицируются в зависимости от размера входящего в состав наполнителя, по степени наполнения, по способу отверждения (светотверждаемые и химического отверждения).

2) Ортопедическая стоматология – одна из обширных и известных направлений в клинической стоматологии, главной задачей которой является восстановление, исправление деформационных повреждений, нарушений здоровья зубов, а также всего челюстно-лицевого аппарата. Материалы, применяемые в данном разделе, бывают основными, из которых непосредственно изготавливается протез и вспомогательными, которые используют на различных стадиях его изготовления[3;5-6].

К основным относятся пластмассы на основе:

а) базисных акрилатов (этакрил, фторакс, акрел, акронил, синма);

- b) самоотверждающихся акрилатов (карбопласт, редонт, ротакрил, стадонг);
- c) силикона (эладент, ортосил);
- d) полихлорвинила (боксил, ортопласт);
- e) хлорвинила и бутилакрилата (эластопласт);
- f) нейлона (валпласт).

К вспомогательным относятся различные воски, пасты, органические растворителии т.п.

Сегодня полимеры и композиты могут применяться в стоматологии как:

- ◆ протез в виде жесткого базисного полимера холодного отверждения;
- ◆ протез в виде эластичного базисного полимера;
- ◆ облицовочные материалы для жестких несъемных конструкций протезов;
- ◆ светоотверждаемые полимеры для пломбировочных материалов и материалов применяемых при протезировании;
- ◆ композит для изготовления временных конструкций протезов;
- ◆ композит для изготовления постоянных конструкций протезов;
- ◆ полимеры и композиты применяемые для шинирования зубов (временного, постоянного, вантового).

С развитием и внедрением современных инноваций и технологий, стоматология также подвергается значительным изменениям[4]. В настоящее время активно внедряется 3D-моделирование и CAD/CAMтехнологии.

Теперь врачу не следует подбирать необходимый состав и условия для отверждения композиции, рассчитывать количество того или иного компонента. Все необходимые стадии и процессы происходят непосредственно на производстве в момент, когда изготавливаются необходимые полимерные(полимеркомпозиционные) блоки или диски. Стоматологу в кабинетных условиях необходимо иметь компьютер, портативный сканер и систему CAD/CAMфрезерования. Для начала производится сканирование ротовой полости, проектирование необходимо протеза, а затем блок или диск погружается в машину для фрезерования, на которой и будет изготовлен (вырезан) необходимый протез. Внедрение новых технологий значительно упрощает работу специалиста и экономит время как врача, так и клиента.

Таким образом полимеры и композиты на их основе активно занимают все ниши производства и потребления и, тем самым, вытесняют привычные нам товары, изделия и материалы. В процессе разработки новейших материалов и модификации на их основе особое

внимание уделяется простоте дальнейшей работе с ними, т.е. сокращению стадий изготовления конечного товара(изделия), которое может заключаться в производстве, обработке или переработке материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестерко Е. Э. Применение полимерных материалов в современной стоматологии / Е. Э. Нестерко, М. В. Бутова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 24.1 (104.1). С. 49-51.
2. Боровский Е. Б., Максимовский Ю. М. [и др.]. Терапевтическая стоматология. М.: «МИА», 2010. 789 с.
3. Иорданишвили А. К. Клиническая ортопедическая стоматология, М.: «МЕДпрессинформ» 2007. 248 с.
4. Современные материалы в стоматологии: учеб. пособие / Сост.: А. И. Булгакова, И. В. Валеев, Ф. Р. Хисматуллина, Л. М. Хазиева, И. Р. Шафеев – Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2014. 174с.
5. Попков В. А., Нестерова О. В., Решетняк В. Ю. Стоматологическое материаловедение. ООО «МЕДпресс-информ», 2009. 400с.
6. Ключникова Н. В., Гордеев С. А., Гордиенко М. Д. Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 126-129

*УДК 544.478.02, 665.658.26*

*Яковлев А.В.*

*Научный руководитель: Черемисина О.А., канд. хим. наук, доц.  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ И КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ

Одним из наиболее значимых свойств промышленных катализаторов гидроочистки, помимо гидрообессеривающей и деазотирующей активности, является высокая механическая прочность. Под прочностью катализатора понимают его способность сопротивляться дроблению и износу под воздействием внешнего

трения, удара, температуры и среды. Эти виды нагрузок неизбежно оказывают воздействие на катализатор при его производстве, транспортировании, хранении, загрузке и эксплуатации [1]. Недостаточная механическая прочность является причиной разрушения и истирания зёрен катализатора, что приводит к снижению его срока службы, росту гидравлического сопротивления в реакторе, загрязнению продукта осколками и пылью [2].

Высокие требования, предъявляемые к современным катализаторам гидроочистки, накладывают существенные ограничения на их химический состав и структурные свойства. Для производства дизельного топлива с ультранизким содержанием серы (не более 10 ppm), соответствующего экологическому стандарту ЕВРО-6, требуется катализатор, носитель которого имеет развитую систему пор и величину удельной поверхности выше 300 м<sup>2</sup>/г, сохраняя при этом достаточную механическую прочность. Данным критериям отвечает носитель на основе мезопористого  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, позволяющий регулировать свою пористую структуру путём варьирования концентраций модифицирующих добавок и условий проведения синтеза. Кроме того, хорошая формуемость пасты, из которой готовится носитель, позволяет получать гранулы катализаторов различных размеров и форм сечения, в том числе и сложного профиля (трилистник и четырёхлистник), широко используемых в импортных образцах.

В литературе встречаются различные методы определения механической прочности катализаторов в области нефтехимии. Принцип их действия заключается в раздавливании или истирании как отдельных гранул, так и целых навесок в статических и динамических нагрузках [3]. Для катализаторов процесса гидроочистки, работающих под давлением до 8 МПа и подвергающихся эрозии при контакте с движущейся газо-жидкостной смесью из реагентов и продуктов [4], большую значимость имеет прочность на раздавливание.

В отечественной практике определение прочности на раздавливание катализаторов гидроочистки преимущественно проводится в соответствии с ОСТ 38 01130-95 «Катализаторы гидроочистки. Методы испытаний», раздел 2, п. 5 «Методика выполнения измерений коэффициента прочности и размера экструдатов в катализаторах, оксиде алюминия активном – носителе для катализаторов, осушителях газов и адсорбентах» [5]. В зарубежных работах (и в ряде отечественных) применяются методы, основанные на измерении прочности отдельных, тщательно отобранных гранул, такие как ASTM D4179 (сопротивление раздавливанию одного зерна сферической формы или таблетки), ASTM D6175 (радиальная

прочность на раздавливание экструдатов) [6] и на определении прочности гранул, находящихся в слое, (ASTM D7084 и SHELL SMS-1471). В связи с высоким различием методик измерения и используемого оборудования, имеющего свои преимущества и недостатки, представляет интерес проведение сравнительного анализа результатов определения прочности на раздавливание.

**Экспериментальная часть.** В качестве объектов исследования использовался ряд алюмооксидных носителей и катализаторов гидроочистки дизельного топлива:

- носители АОА-НД 2-3 (трилоб) и АОА-НД 2-4 (тетралоб), синтезированные на кафедре ОХТ и катализа СПбГТИ(ТУ);
- носитель катализатора КГШ-08 и катализатор КГШ-08, разработанный ООО НПФ «ОЛКАТ»;
- носитель марки ЕСМ-140 производства фирмы EuroSupport (г. Литвинов, Чехия)

Образцы АОА-НД 2-3, АОА-НД 2-4 были получены с использованием псевдобемита, произведенного по нитратно-аммиачной технологии. Приготовление носителя осуществлялось методом сухого смешения с последующей пептизацией порошка раствором 10н азотной кислоты и увлажнением водой до полной пластификации массы. Далее образец формовали на лабораторном экструдере с фильерами, имеющими профиль трилоба и тетралоба, высушивали на воздухе в течение 24 часов и дробили с отсевом мелочи. Экструдаты подвергали ступенчатой термообработке со следующими стадиями: сушка при 120 °С 4 часа для удаления свободной влаги, прокаливание при 300 °С 4 часа (потеря структурно-связанной воды и начало перехода гидроксида алюминия в оксид), прокаливание при 550 °С 4 часа (завершение формирования  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ).

Прочность образцов определялась на следующих приборах:

- прибор для определения прочности МП-2С, кафедра ОХТ и катализа СПбГТИ (ТУ);
- приборы для определения прочности на боковое раздавливание (ТБТ-4 фирмы Эрвека) и по ножу (ППК-1), предоставлены ООО НПФ «ОЛКАТ»;
- универсальный прибор для определения прочности на раздавливание фирмы Vinci Technologies для определения прочности на боковое и объемное раздавливание, предоставленный лабораторией каталитических технологий СПбГТИ (ТУ).

**Результаты и обсуждения.** В данной работе была проведена серия экспериментов по определению механической прочности носителей и катализаторов гидроочистки дизельного топлива. Результаты

измерений объёмной прочности, прочности на раздавливание, а также их насыпной плотности  $\Delta$  и суммарного объёма пор  $V_{\Sigma}$  представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механическая прочность исследуемых образцов

	АОА-НД 2-3 трилоб	АОА-НД 2-4 тетралоб	КГШ-08 нос.	КГШ-08 кат-р.	ESM-140 трилоб	ESM-140 тетралоб
$K_n$ , кг/мм (ТБТ-4)	0,87	0,93	0,35	0,33	0,22	0,64
$K_n$ , кг/мм (ППК-1)	0,35	0,45	-	-	0,54	0,42
Объёмная прочность (Vinci), МПа	0,69	0,42	1,74	2,55	0,61	0,59
$\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	0,63	0,64	0,40	0,45	0,42	0,36
$V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г	0,73	0,75	0,62	0,56	1,0	1,1
$d_r$ , мм	1,7	1,8	1,8	1,8	0,9	1,8

Для представлявших наибольший интерес образцов АОА-НД 2-3 и АОА-НД 2-4 дополнительно было проведено определение коэффициента прочности на приборе МП-2С. Полученные значения составили 2,07 и 3,4 кг/мм соответственно. Носитель и катализатор КГШ-08 представляет собой сферу, диаметром  $1,8 \pm 0,3$  мм, поэтому измерение прочности на раздавливание по ножу не проводилось.

При близких значениях параметров пористой структуры носителей серии АОА-НД наблюдается повышение коэффициента прочности на раздавливание отдельных гранул при переходе от формы сечения трилоба к тетралобу. При этом объёмная прочность тетралоба оказалась ниже, чем у трилоба, что вероятно связано с более плотной упаковкой гранул в слое. Аналогично, при незначительном расхождении коэффициентов прочности носителя и катализатора КГШ-08, значение объёмной прочности катализатора оказалось в 1,5 раза выше. Исследование двух носителей марки ESM-140, диаметры которых отличались в два раза, показало существенное изменение коэффициента прочности на раздавливание (0,22 и 0,64 кг/мм), однако не выявило существенных отличий в объёмной прочности.

Одним из преимуществ прибора для определения прочности на раздавливание фирмы Vinci Technologies является возможность регулирования усилия на раздавливание образца и скорости раздавливания. Результаты измерений коэффициента прочности

носителей АОА-НД 2-3 и АОА-НД 2-4, полученных при различных значениях данных параметров, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента прочности носителей от величины усилия на раздавливание и скорости раздавливания гранул

	АОА-НД 2-3 (трилоб)			АОА-НД 2-4 (тетралоб)		
Усилие, даН	50	100	100	50	100	100
Скорость раздавливания, мкм/с	10	50	100	10	50	100
$K_p$ , кг/мм (Vinci)	0,51	0,76	0,66	0,44	0,56	0,47

Согласно полученным данным, коэффициент прочности носителя АОА-НД 2-3, имеющего форму трилоба, превысил аналогичные значения тетралоба в каждом из проведённых экспериментов. Для всех образцов наибольшее значение коэффициента прочности было достигнуто при усилении в 1 кН и скорости раздавливания 50 мкм/с.

Отсутствие корреляции между результатами определения механической прочности различными методами свидетельствует о необходимости интерпретации результатов исключительно в совокупности с информацией об используемой методике измерения и её параметрах. Среди описанных методов измерения прочности носителей и катализаторов гидроочистки к наиболее приближенным к реальным условиям эксплуатации можно отнести определение прочности на раздавливание слоя в соответствии со стандартами ASTM D7084 и SMS-1471 (метод SHELL). Однако даже они не позволяют достоверно смоделировать все возможные механические нагрузки, которым подвергаются гранулы при загрузке в реакторы и, особенно, в условиях эксплуатации при высоких температурах, давлениях и колебании потоков сырья. Таким образом, для того, чтобы получить более полное представление о механической прочности исследуемых носителей и катализаторов гидроочистки, необходимо проводить её определение различными методами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мальцева, Н.В. Определение механической прочности дисперсных пористых тел: катализаторов, носителей и сорбентов: мет. указ. / Н.В. Мальцева, Ю.В. Александрова. СПбГТИ(ТУ) – СПб, 2010. - 47 с.
2. Галимов Ж. Ф. Методы анализа катализаторов нефтепереработки // Ж. Ф. Галимов, Г. Г. Дубинина, Р. М. Масагутов. -

Москва : Химия, 1973. - 191 с.

3. Алиев, Р. Р. Катализаторы и процессы переработки нефти. М.: Химия, 2010. - 398 с.

4. Надеина, К.А. Новые подходы к синтезу высокоактивных и высокопрочных Со-Мо катализаторов гидроочистки: дис. канд. хим. наук. Новосибирск, 2015 – 133 с.

5. Гостеева Н. В. Разработка технологии извлечения молибдена из отработанных молибденовых катализаторов гидроочистки нефтепродуктов методами возгонки и выщелачивания: дис. канд. тех. наук. Москва, 2008. - 121 с.

6. ASTM D6175-02-2019 – Стандартный метод определения сопротивления радиальному раздавливанию прессованного катализатора вытянутой формы и частиц носителя катализатора, 2019 – Москва: ФБУ КВФ Интерстандарт, 2020 – 6 с.

*УДК 721.011.12*

*Пахомова А.Ю.*

*Научный руководитель: Любавская И.В., канд. техн. наук, доц.*

*Липецкий государственный технический университет,*

*г. Липецк, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ФАСАДОВ ЗДАНИЙ В СЛОЖИВШЕЙСЯ ЗАСТРОЙКЕ**

Многоэтажное жилое строительство является динамично развивающимся и приоритетным сектором российской строительной индустрии. В настоящее время возводится достаточно новых жилых зданий. Однако сложившаяся типовая застройка города требует проведения комплексного капитального ремонта.

Основными причинами проведения капитального ремонта являются: моральный и физический износ здания, устаревшие характеристики теплозащитных свойств и энергосбережения жилого фонда, а также отрицательное влияние монотонности массового типового строительства в архитектурном облике города.

В послевоенный период 1945-1991 годов был внедрен метод типизации проектов жилых зданий. Максимальная скорость, простота и дешевизна являлись абсолютными приоритетами для массового строительства, но нигде не было указано об эстетическом качестве жилых домов [1]. Бешенная скорость типового возведения зданий привела к формированию монотонной жилой среды.

В настоящее время ликвидация безликости и однообразия зданий

происходит за счет капитального ремонта фасадов многоквартирных домов. Ремонт фасада помогает не только решить эстетическую проблему застройки, но и повышает эксплуатационные качества жилища.

При проведении капитального ремонта проблемы монотонности зданий решаются простыми способами: игрой цвета, выделением форм, добавлением декоративных элементов. Например, в 2022 году нескольким домам г. Ельца (Липецкая область) на улице Коммунаров вернется их исторически запланированный вид. Эти дома являются постройками 50-60 годов прошлого века, по формообразованию и объемно-планировочной структуре относятся к так называемому «советскому классицизму», но постановление ЦК КПСС об «устранении излишеств» в 1955 году при Хрущёве лишило постройки декоративных элементов. При разработке решений капитального ремонта фасадов улицы были проанализированы детали, характерные для «советского классицизма» в городе Ельце и учтены при подготовке паспорта архитектурно-градостроительного облика объекта. Так, зданиям вернутся пилястры, наличники с замковыми камнями и филенки между этажами.



Рис. 1 Проектные решения фасадов улицы Коммунаров в городе Елец

Важной особенностью при ремонте фасада является его колористическое решение. Оно складывается из особенностей здания, его расположения в структуре города/квартала и его функциональным назначением. Колористическое решение обязательно утверждают с главным архитектором города, чтобы не нарушить облик города.

Цвет способен полностью изменить представление об объекте. Выбирая цвета для покраски многоквартирного дома, необходимо помнить об особенностях, присущих всем цветам: выгорании, поглощении тепла, воздействием на психологическое состояние человека.



Рис. 2 г. Липецк, микрорайон 15-й, д. 33

Таким образом, с помощью цвета был преобразован многоквартирный дом, расположенный в городе Липецке (рис. 2). При покраске был использован метод акцентирования – это хорошее решение для дома простой формы с минимумом архитектурных деталей. Сейчас здание выглядит необычно среди серых панелей, оно выделяется и обращает на себя внимание жителей.

С каждым годом возрастает потребность в капитальном ремонте жилых зданий, поскольку ускоряется общий процесс старения сложившейся застройки, появляются новые архитектурные веяния и увеличивается желание уйти от безликости и серости города, в котором ты живёшь. Поэтому необходим творческий подход к проблеме капитального ремонта фасадов жилых зданий в части вписывания их в сложившуюся застройку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калабин, А.В. Массовая жилая застройка проблемы и перспективы / А.В. Калабин, А.Б. Куковякин. – Текст: непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2017. - №3(34). - С. 55-60

2. Бойко, М.Д. Технологическое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / М.Д. Бойко. - Москва: Стройиздат, 1993. - 207 с/ - Текст : непосредственный

3. Васильев, Н.Ю. Эволюция типологии массового жилища в советской архитектуре межвоенного периода / Н.Ю. Васильев. – Текст: непосредственный // Массовое жилище как объект творчества. Роль социальной инженерии и художественных идей в проектировании жилой среды. Опыт XX и проблемы XXI века / отв. Ред. Т.Г. Малинина. - М.: НИИ теории и истории изобразительных искусств при Российской академии художеств. - БуксМАрт, 2015. - С. 110-121