



**ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И
ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И
ОБРАЗОВАНИЯ**

**(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского»)**

В 4-х томах

**Том III: ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
МОНИТОРИНГА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Тамбов

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Администрация Тамбовской области
Fondazione Romualdo Del Bianco (Italy, Florence)
University of Allikante (Spain)
University of Porto (Portugal)
Universita degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" (Italy)
Slovak University of Technology in Bratislava
DTI University (Slovak)

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет
Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского
Российская экологическая академия
Всероссийское общество охраны природы
Федеральный проект «Чистая страна»

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет»
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов
в сельском хозяйстве»
ТОГБПОУ «Аграрно-технологический техникум»
ТОГБПОУ «Уваровский химико-технологический колледж»
ООО «НаноТехЦентр»
Ассоциация «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»



ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ

(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

Том III: ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Материалы Международной научно-практической конференции
29 – 31 мая 2019 г.

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43
И62

В. А. Грачев – президент и генеральный директор Неправительственного экологического фонда имени В. И. Вернадского, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, проф.; **М. Н. Краснянский** – ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», д-р техн. наук, проф. РАН; **Н. В. Молоткова** – председатель Учебно-методического совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», первый проректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р пед. наук, проф.; **Д. Ю. Муромцев** – проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. И. Завражнов** – председатель Научного совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», проф. кафедры технологических процессов и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», акад. РАН, д-р техн. наук, проф.; **Е. С. Мищенко** – проректор по международной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р экон. наук, проф.; **М. А. Конаков** – начальник Управления по охране окружающей среды и природопользованию Тамбовской области, д-р экон. наук, проф.; **В. Ф. Калинин** – вице-президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. В. Козачек** – исполнительный директор Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», зав. кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. пед. наук, доц.; **Е. А. Сергеева** – доц. кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.

И62 **Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования** (к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»). В 4 т. : матер. Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 29 – 31 мая 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. ISBN 978-5-8265-2144-1

Том III: Инженерные технологии мониторинга и обеспечения продовольственной и экологической безопасности. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 12,6 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. ISBN 978-5-8265-2150-2

Включены статьи участников Международной научно-практической конференции «Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования», посвященной 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского».

Предназначены для историков, политологов, социологов, экологов, специалистов органов государственного и муниципального управления, общественных деятелей, краеведов, студентов.

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43

Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2150-2 (т. III) © Федеральное государственное бюджетное образовательное
ISBN 978-5-8265-2144-1 (общ.) учреждение высшего образования «Тамбовский государственный
технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020
© Ассоциация «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ В УСТОЙЧИВОМ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ

Бабайцева И. В., Дегтярев А. А., Сафонова Н. О.

Исследование возможности получения водно-дисперсионных красок на основе пигмента Желтого светопрочного 2 «З» 8

Исаева О. В., Осипова И. А., Желудков А. М., Глебов А. В.

Исследование поверхности полимерных мембран, используемых в производстве колбасных изделий 11

Киселева Д. Ю.

Новые технологические решения производства вафельной продукции из растительного сырья 16

Лобосова Л. А., Селина Н. А., Нестерова И. Ю.

Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий 20

Лунева О. Н., Иванова Т. Н., Назарова А. Н.

Актуальность применения растительных ингредиентов в производстве молочных продуктов 23

Лунева О. Н., Иванова Т. Н., Туравцова И. А.

Актуальность разработки творожных продуктов 26

Назина Л. И., Клейменова Н. Л., Орловцева О. А.

Разработка систем менеджмента безопасности пищевой продукции 30

Тарабрин И. В., Косянок Н. Е.

Об использовании аминокислот и их хелатных комплексов с d-элементами в птицеводстве 33

Филиппова О. Б., Маслова Н. И.

Природный минерал для обеспечения экологической безопасности продукции животноводства 36

Yegorova S. V., Kulakov V. G., Mirakov I. R.

The concept of creating enriched grain products in the strategy of formation of views on food future in the world space 41

ПРОБЛЕМЫ ГЕОРЕСУРСОВ, ЭКОСИСТЕМ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

Алексеев В. В., Мусеева М. В.

Информационные технологии в сфере экологической безопасности 55

Артамонов А. А., Матюкин В. В., Борщев В. Я.

К вопросу о деятельности предприятия с промышленными отходами 57

Балашов Ф. С., Павлинов В. В., Тишкова А. Г., Шашков И. В., Ромашкина Л. В.

Утилизация отходов упаковки из полиолефинов 60

<i>Беспалько Н. Е.</i> Проблема борьбы с коррозией металлов как один из аспектов экологической безопасности в условиях научно-технической модернизации	64
<i>Блиева М. В., Оказова З. П.</i> Применение метода гемеробии для изучения антропологических нагрузок на экосистему	69
<i>Буковский М. Е., Печагина Д. С., Семенова А. В.</i> Определение дат устойчивого перехода температур через климатические пределы в восточной части Тамбовской области	74
<i>Галкин П. А., Кащеева И. Ф., Будникова А. И.</i> К вопросу повышения экологичности производства изделий из полиметилметакрилата	79
<i>Дудник С. Н., Бессонова И. В., Валяева А. М.</i> Динамика минимальных и максимальных температур воздуха в южной части Тамбовской области	81
<i>Дудуев У. С., Оказова З. П.</i> О реликтах особо охраняемых природных территорий Чеченской Республики	86
<i>Ефимов А. А., Красин М. А., Павлинов В. В., Макеев П. В., Ромашкина Л. В.</i> О перспективах утилизации отходов упаковки из полипропилена	91
<i>Жариков Р. В., Сухарева Н. А.</i> Деятельность хозяйствующего субъекта с учетом природоохранной составляющей	94
<i>Козачек А. В., Толстых С. Г., Чекмарев В. В.</i> Разработка информационной системы прогноза болезней растений на основе экологических факторов погоды	100
<i>Козачек А. В., Феоклистов Ю. А., Шанина О. А., Антипова А. А.</i> Оценка возможного содержания свинца в дождевых осадках с. Петровское Петровского района	105
<i>Кузнецова Т. С., Пасько Т. В.</i> Мезопористый углеродный наносорбент для извлечения нефтепродуктов из водных систем	107
<i>Кухар В. В., Ротанов Г. Н.</i> Устойчивое развитие и экологическая безопасность	109
<i>Литницкий В. Ю., Алексеева Н. В.</i> Сокращение количества сточных вод производства белогофора ОБ жидкого	113
<i>Ломакина В. А., Богомолов В. Ю.</i> Расчет мембранной линии очистки стоков, содержащих производные анилина	116
<i>Метальников А. А., Джуматаева А. Т., Матюкин В. В., Борщев В. Я.</i> Оценка условий труда в цехе термической обработки деталей на ОАО «Прогресс»	121
<i>Милосердов А. М., Якунина И. В.</i> Сравнительный анализ традиционных и современных методов переработки и утилизации осадка сточных вод	124
<i>Михайлин М. И., Хорохорина И. В., Лазарев С. И.</i> Экспериментальное исследование ультрафильтрационной очистки сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества	132

<i>Образцова Е. Ю., Жабкина И. А., Рухов А. В.</i> Изучение механизма сорбционного извлечения метилового оранжевого оксидом нанографита, полученным электрохимической эксфолиацией	136
<i>Образцова Е. Ю., Жабкина И. А., Рухов А. В.</i> Кинетические закономерности процесса сорбционного извлечения азокрасителя метилового оранжевого окисленным нанографитом	140
<i>Оказова З. П., Кусова Н. Х.</i> Место индикации в анализе состояния окружающей среды	144
<i>Решетов И. С., Кузьмин К. А.</i> Структура сообществ макрозообентоса водотоков и водоемов, расположенных на низменных водоразделах, в наиболее жаркий период года	148
<i>Ромашкина Л. В., Макеев П. В., Беляев П. С.</i> Получение нового композиционного материала на основе отходов Tetra Pak и отходов цементно-стружечных плит	153
<i>Саблин А. А., Алексеева Н. В.</i> Природоохранные способы водоподготовки	157
<i>Садыков Б. М., Садыкова Д. А., Романова С. М., Сабирова Д. И.</i> Химическая переработка пироксилиновых порохов, не соответствующих нормативным требованиям	160
<i>Садыкова Д. А., Сабирова Д. И., Садыков Б. М., Романова С. М.</i> Химическая модификация устаревших нитратов целлюлозы как способ их утилизации	163
<i>Студеникина Л. Н., Корчагин В. И., Шелкунова М. В., Зудина Е. А., Шпомер Е. Ю.</i> Влияние структуры композитных термопластов на иммобилизацию активного ила	166
<i>Терехова О. Ю.</i> Совершенствование технологии сбора, хранения и переработки ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением, применяемой на региональном уровне	169
<i>Чернова М. А., Панков С. В.</i> Проблема обеспеченности ресурсами поверхностного стока в сельских населенных пунктах	172
<i>Шашков И. В., Беляев П. С., Коржавина Т. В., Морева И. И.</i> Утилизация отходов пленочных термопластичных полимерных упаковочных материалов	175
<i>Ярошевский А. Б., Сабирова Д. И., Курамшина Л. М.</i> Интенсификация процесса обезвоживания осадка нейтрализации триэтилалюминия	179
<i>Jubari M. Qader, Alekseeva N. V.</i> Drinking water in Iraq	184

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
МАТЕРИАЛОВ, БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИРОДНЫХ СРЕД,
ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ**

<i>Балабанов П. В., Жиркова А. А., Дивин А. Г., Мищенко С. В., Рамон Н. А.</i> Разработка системы управления перемещением объекта контроля при гиперспектральном анализе	189
--	-----

<i>Балашов А. А., Грибков А. Н.</i>	
Функциональная модель методологии неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах	193
<i>Болдырев Д. В., Глинкин Е. И., Леньшин С. Г.</i>	
Метод контроля скорости оседания эритроцитов по калибровочным характеристикам . .	198
<i>Болдырев Д. В., Глинкин Е. И., Леньшин С. Г.</i>	
Мультипликативный симметричный критерий контроля высоты слоя плазмы крови	203
<i>Буланов Е. В.</i>	
Программа для управления ходом эксперимента при определении теплофизических характеристик материалов методом плоского импульсного источника тепла	208
<i>Буланова В. О.</i>	
Устройство для измерения теплофизических свойств веществ методом линейного импульсного источника теплоты	211
<i>Буренина А. И., Мордасов М. Д.</i>	
Приготовление раствора на основе синтетической закалочной жидкости «Термовит–М» с заданной охлаждающей способностью	215
<i>Верченев В. С., Никитин А. В., Королев А. П., Филатов И. С.</i>	
Исследование магнитных материалов с помощью туннельной микроскопии	218
<i>Ветров А. Н., Степаненко И. Т.</i>	
Перспективные методы дистанционного мониторинга тепловых режимов биологических процессов и сред	221
<i>Дмитриев О. С., Барсуков А. А.</i>	
Калориметрический метод исследования кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов	224
<i>Закаличная О. В., Мельничук А. Ю.</i>	
Экологические аспекты устойчивости аграрного землепользования на примере Симферопольского района Республики Крым	228
<i>Карпенко Ф. Е., Глинкин Е. И.</i>	
Закономерности калибровки артериального давления	232
<i>Карпенко Ф. Е., Глинкин Е. И.</i>	
Тождественность математических моделей аналитического контроля артериального давления	237
<i>Комоликова С. Я., Осинин В. Ф.</i>	
О вероятных источниках биоритмов в голове человека	242
<i>Краюшкин П. А., Краюшкина В. А.</i>	
Внедрение анализа микроструктуры чугуновых отливок в систему контроля качества продукции и технологического процесса металлургического производства	243
<i>Леньшин С. Г., Болдырев Д. В.</i>	
Способ анализа психоэмоционального состояния человека в программной среде Matlab	244
<i>Маматказин Т. Р., Мордасов Д. М.</i>	
Изучение структуры сплава с памятью формы	247

<i>Матыцина И. А., Коробова Л. А., Абрамов Г. В.</i>	
Разработка элементов информационной системы медицинского назначения диагностики легочных заболеваний	250
<i>Мордасов Д. М., Мордасова Н. А.</i>	
Исследование режимов термической обработки трепела	255
<i>Петренко В. И., Земцова Я. С., Мордасов Д. М.</i>	
Металлографический анализ латуни	258
<i>Петренко В. И., Макарчук А. П.</i>	
Исследование физико-механических свойств изделий, изготовленных методом послойного наплавления	260
<i>Пономарев С. В., Муромцев Д. Ю.</i>	
К вопросу о получении целевой функции, используемой при решении задач оптимизации режимных параметров методов и основных конструктивных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ	264
<i>Селиванова З. М., Куренков Д. С.</i>	
Оперативный метод неразрушающего контроля теплофизических свойств теплоизоляционных материалов интеллектуальной информационно-измерительной системой	267
<i>Селиванова З. М., Куренков Д. С.</i>	
Дистанционный мониторинг контроля качества строительных материалов интеллектуальной информационно-измерительной системой	271

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ В УСТОЙЧИВОМ ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ

И. В. Бабайцева, студент кафедры «Химия и химические технологии»,
А. А. Дегтярев, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
Н. О. Сафонова, студент кафедры «Химия и химические технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ КРАСОК НА ОСНОВЕ ПИГМЕНТА ЖЕЛТОГО СВЕТОПРОЧНОГО 2 «З»

Аннотация. Исследуется возможность получения водоземulsionных красок на основе пигмента желтого светопрочного 2 «З». Был произведен подбор смачивателя для перевода в водную фазу изначально гидрофобного пигмента. В качестве исследуемых смачивателей использовались поверхностно-активные вещества: волгонат, С-10, Triton X-100, ОП-10. Из представленных смачивателей наилучшую эффективность показывает эмульгатор С-10, являющийся поверхностно-активным веществом, которое включает как неионогенную (оксиэтильные группы), так и амфотерную (аминопроизводное сульфокислоты) часть.

Ключевые слова: пигмент Желтый светопрочный 2 «З», С-10, волгонат, ОП-10, Triton X-100, водоземulsionные краски, краевой угол смачивания.

Водно-дисперсионные краски обладают несколькими преимуществами по сравнению с масляными: меньшее время высыхания; меньшая токсичность для человека, окружающей среды и неогнеопасность. Пигмент желтый светопрочный 2 «З», широко используемый для приготовления лакокрасочных материалов на масляной основе, является гидрофобным веществом, несмачиваемым водными эмульсиями, и нашей задачей являлось подобрать смачиватель для его перевода в водную фазу. Данная тематика была рассмотрена в работах [1 – 3].

В качестве исследуемых смачивателей использовались поверхностно-активные вещества, нашедшие широкое применение как диспергаторы и эмульгаторы для акриловых эмульсий [4] и смачивателей для водных сред: волгонат, С-10, Triton X-100, ОП-10. К дополнительным преимуществам ОП-10 и Triton X-100 можно отнести их хорошую биоразлагаемость [5].

Изучался процесс смачивания тонкого слоя пигмента (10...30 мкм), нанесенного на стеклянную поверхность, водными растворами смачивателей. Эффективность смачивателей оценивалось на основании изменения равновесного краевого угла смачивания (натекания) [6] от концентрации смачивателя, краевой угол измерялся методом сидячей капли без учета эффекта шероховатости.

Результаты исследования приведены на рис. 1 – 3. Данные для Triton X-100 и ОП-10 объединены на одном графике из-за схожести их химических структур (предполагаем, что они будут обладать одинаковой эффективностью).

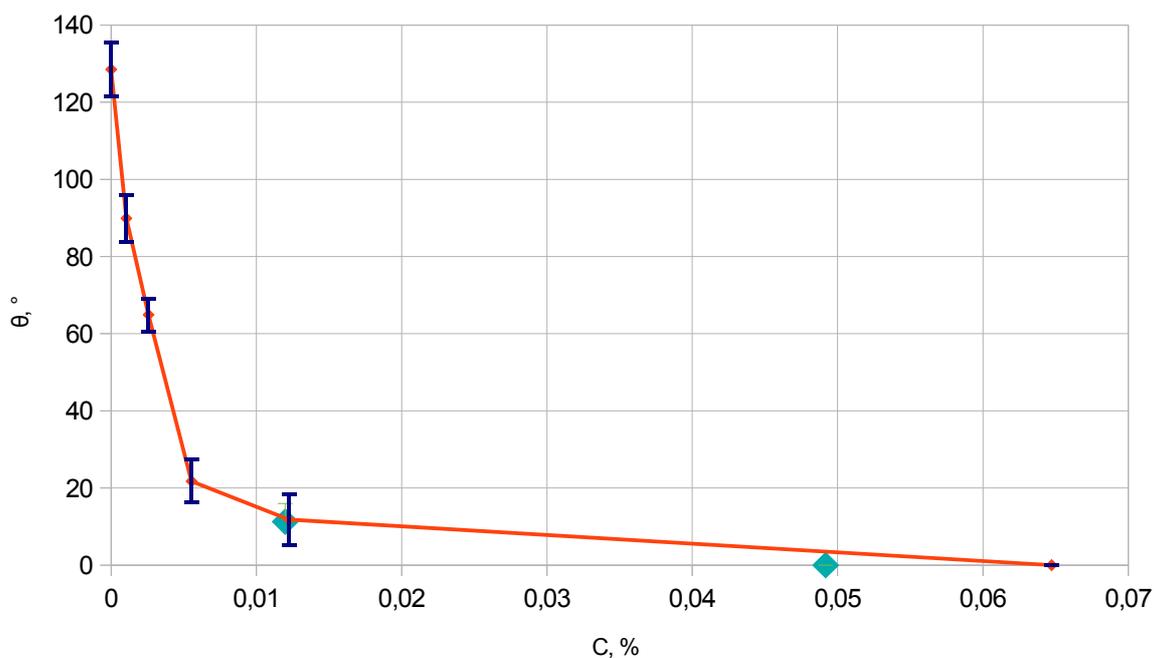


Рис. 1. Изменение краевого угла смачивания от концентрации смачивателя (Тритон – линии + ОП-10 – точки), приведен доверительный интервал для уровня значимости 0,05

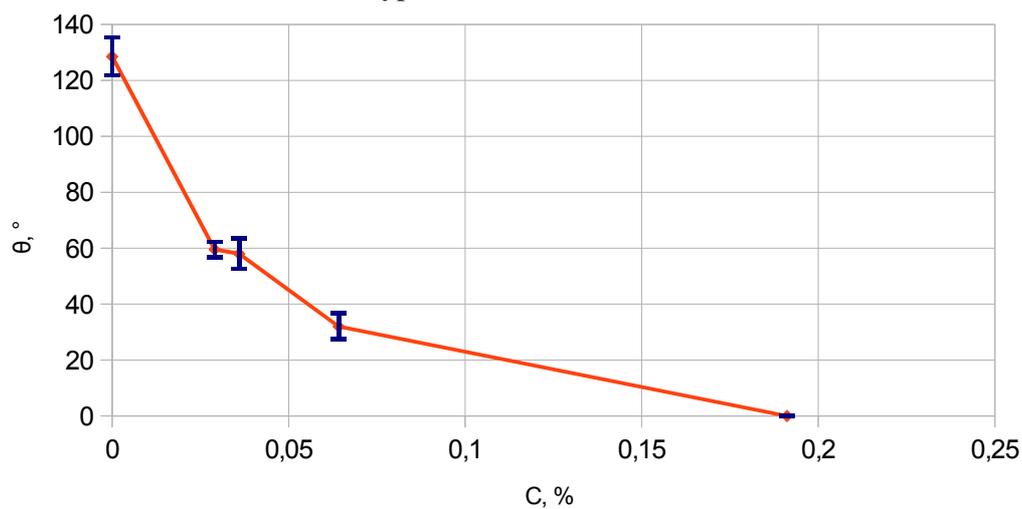


Рис. 2. Изменение краевого угла смачивания от концентрации смачивателя (Волгонат), приведен доверительный интервал для уровня значимости 0,05

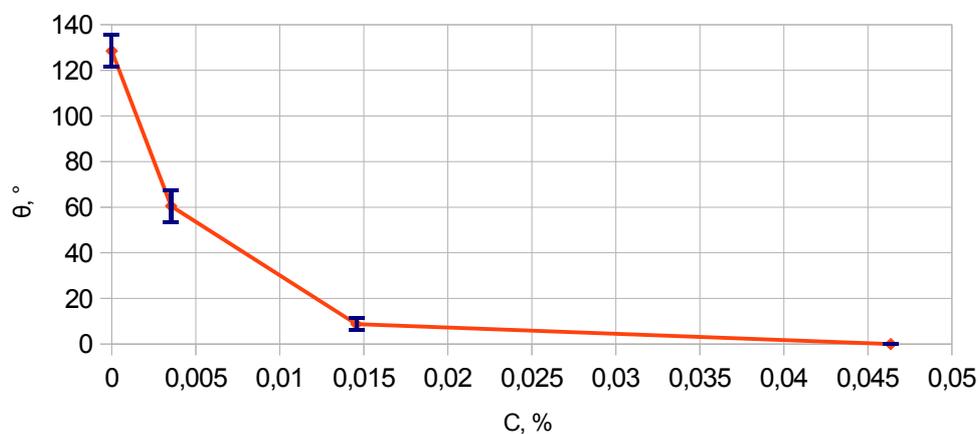


Рис. 3. Изменение краевого угла смачивания от концентрации смачивателя (С-10), приведен доверительный интервал для уровня значимости 0,05

Полученные результаты говорят о физической природе сорбции смачивателя на поверхности пигмента (отсутствие экстремумов на кривых [6]). Для смачивателей Triton X-100 и ОП-10 доказана их одинаковая эффективность.

Из представленных смачивателей наилучшую эффективность показывает эмульгатор С-10, являющийся поверхностно-активным веществом, которое включает как неионогенную (оксиэтильные группы), так и амфотерную (аминопроизводное сульфокислоты) части [7]. Близкую к нему эффективность имеют неионогенные поверхностно-активные вещества Triton X-100 и ОП-10. Значительно более низкую эффективность проявляют анионное поверхностно-активное вещество на основе алкилсульфонатов (эмульгатор волгонат) [8], возможно это связано с его лучшей растворимостью в воде, за счет чего он меньше сорбируется на поверхности пигмента.

В качестве смачивателей исследовались также триэтиламин, полиакрилат натрия и полиакриламид, но они не показали эффекта уменьшения краевого угла смачивания.

Список литературы

1. Лившиц, М. Л. Лакокрасочные материалы : справочное пособие / М. Л. Лившиц. – М. : Химия, 1982. – 360 с.
2. Хайлен, В. Добавки для водорастворимых лакокрасочных материалов / В. Хайлен. – М. : Пэйнт-Медиа, 2011. – 176 с.
3. Мюллер, Б. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур / Б. Мюллер, У. Пот. – М. : Пэйнт-Медиа, 2007. – 237 с.
4. Дринберг, С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочное пособие / Э. Ф. Ицко, С. А. Дринберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1986. – 208 с.
5. Морозова, Ю. П. Исследование различных форм оксазинового красителя методами электронной спектроскопии / О. Н. Чайковская, В. Я. Артюхов, Г.В. Одегова // Журнал физической химии. – 1995. – Т. 69, № 10. – С. 1614.
6. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 416 с.
7. Лебедев, А. В. Эмульсионная полимеризация и ее применение в промышленности / А. В. Лебедев. – М. : Химия, 1976. – 240 с.
8. Кругляков, П. М. Синерезис пен при больших перепадах давления в каналах Плато-Гиббса. 2. Параболическая модель профиля канала / П. М. Кругляков, Л. Л. Кузнецова // Коллоидный журнал. – 1982. – Т. 44, № 2. – С. 242 – 247.

О. В. Исаева, канд. хим. наук, доц. кафедры физики,
И. А. Осипова, канд. пед. наук, доц. кафедры физики,
А. М. Желудков, учащийся Политехнического лицея-интерната «ТГТУ»,
А. В. Глебов, учащийся Политехнического лицея-интерната «ТГТУ»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Представлены результаты исследования поверхности и определения параметров полимерных мембран, используемых в производстве колбасных изделий с использованием металлографического микроскопа и сканирующей зондовой микроскопии. Данные методы позволяют решить задачу визуализации свойств поверхности. Полученные результаты могут использоваться в физическом лабораторном практикуме.

Ключевые слова: полимерные мембраны, металлографический инвертированный микроскоп, сканирующий зондовый микроскоп.

Цель настоящей работы – использование в учебном процессе оптической и зондовой микроскопии, получение топографии поверхности различных полимерных материалов, пленок, в качестве которых использовались оболочки колбасных изделий.

Для изучения поверхности оболочек колбасных изделий использовались металлографический инвертированный микроскоп «МЕТАМ ЛВ-41» и сканирующий зондовый микроскоп «NanoEducator» [1].

В качестве образцов выбраны фрагменты 4 оболочек, используемых в колбасной промышленности согласно ГОСТ Р 52196–2011 [2].

Оболочка ФИБРОСМОК – однослойная пластиковая оболочка, с шероховатой поверхностью, проницаемая для коптильного дыма. Предназначена для производства всех видов полукопченых и варено-копченых, вареных колбас, вырабатываемых по технологиям, включающим копчение. Она проницаема для дыма, имеет высокую механическую прочность и эластичность, высокие барьерные свойства по кислороду [3].



Рис. 1. Внешний вид оболочки ФИБРОСМОК

ТЕЕРАК – фиброузная (вискозно-армированная) оболочка, изготавливается из длинно-волокнуистой фиброузной бумаги, регенерированной очищенной целлюлозой. Применяется при изготовлении всех видов колбасных изделий: сырокопченых, сыровяленых, варено-копченых, полукопченых и вареных колбас, продуктов из мяса птицы, морепродуктов и сыродельных изделий, продуктов специального ассортимента: с обсыпками, белой плесенью, в вакуумной упаковке и т.д. Превосходит по прочности все искусственные влаго-, паро-, дымопроницаемые оболочки. Клипсуется на всех видах клипсаторов, формуется вручную. Имеет повышенную фаршеемкость, выдерживает высокие режимы термообработки. Паро-, газопроницаемость оболочки позволяет достичь желаемого аромата и цвета при копчении. Мелкая пористость оболочки препятствует проникновению микроорганизмов в готовое изделие. Способна к термо- и самоусадке.



Рис. 2. Внешний вид оболочки ТЕЕРАК (Бельгия)

ФАБИОС (Польша) – коллагеновая колбасная оболочка. Применяется для всех видов колбасных изделий: сыровяленых, сырокопченых, варено-копченых, полукопченых и вареных колбас, сарделек, продукции из мяса птицы, сыродельных изделий, продуктов специального ассортимента: с обсыпками, белой плесенью и т.д. Оболочки имеют высокую степень проникновения влаги, пара и дыма. Превосходит натуральную оболочку по эластичности, прочности, а главное – по бактериальной чистоте. Кольцевая оболочка позволяет придать колбасам форму колец или полуколец, аналогичную натуральной кишке. Использование оболочки для производства сырокопченых колбас – это гарантия быстрого созревания колбас и стабильность продукта при хранении.



Рис. 3. Внешний вид оболочки ФАБИОС (Польша)

Натуральная оболочка – кишки свиные. Характеризуется сходством соединительно-тканного белка оболочки и белка фарша, в результате чего не происходит «отслоения» оболочки от поверхности колбасы; естественным внешним видом колбасных изделий; возможностью использования в пищу вместе с содержимым; высокой проницаемостью для дыма; минимальным риском образования бульонно-жирового отека.



Рис. 4. Внешний вид натуральной оболочки – кишки свиные

Образцы колбасных оболочек были нарезаны на кусочки размером 30×50 мм² и использовались на стеклянной подложке.

Для исследований использовались: микроскоп «МЕТАМ ЛВ-41», увеличение $\times 200$, $\times 500$; объект микрометр на отражении, цена деления 1 микрон; сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator; набор датчиков взаимодействия; тестовые образцы. Изображения выводились на компьютер.

Нами было получено изображение образцов с помощью металлографического инвертированного микроскопа и СЗМ. Измерены параметры включений, обнаруженных в оболочке. Результаты представлены на рис. 5 – 9.

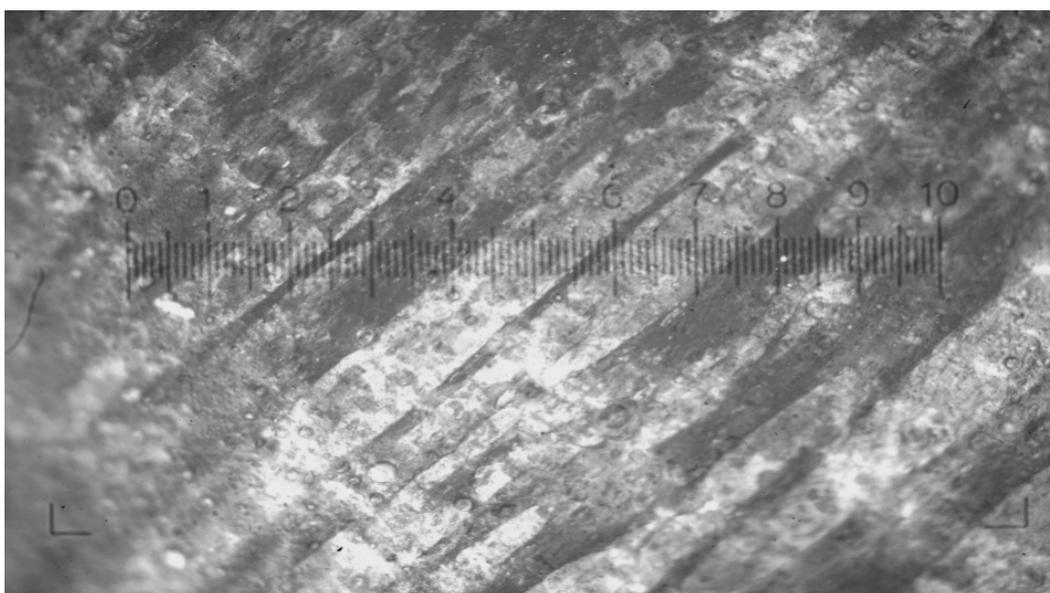


Рис. 5. Изображение поверхности ФИБРОСМОК, полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа $\times 200$

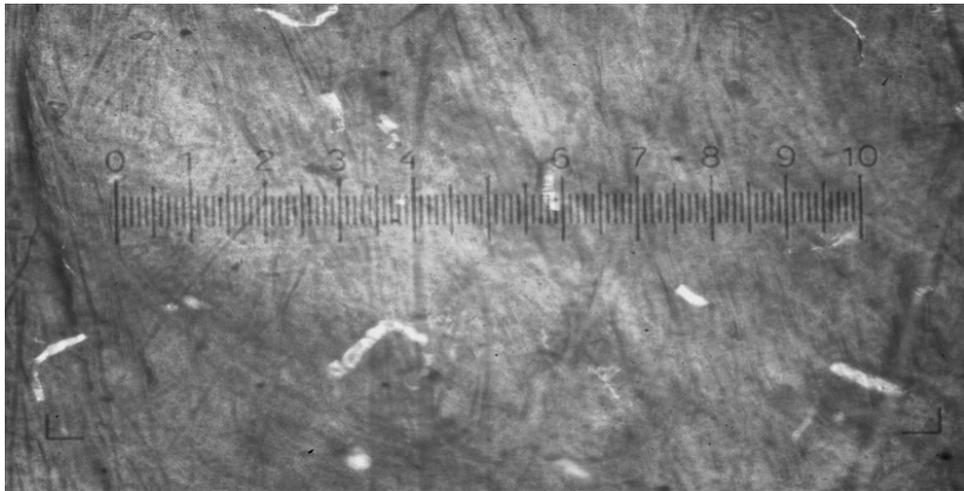


Рис. 6. Изображение поверхности ТЕЕРАК (сухая), полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа $\times 200$

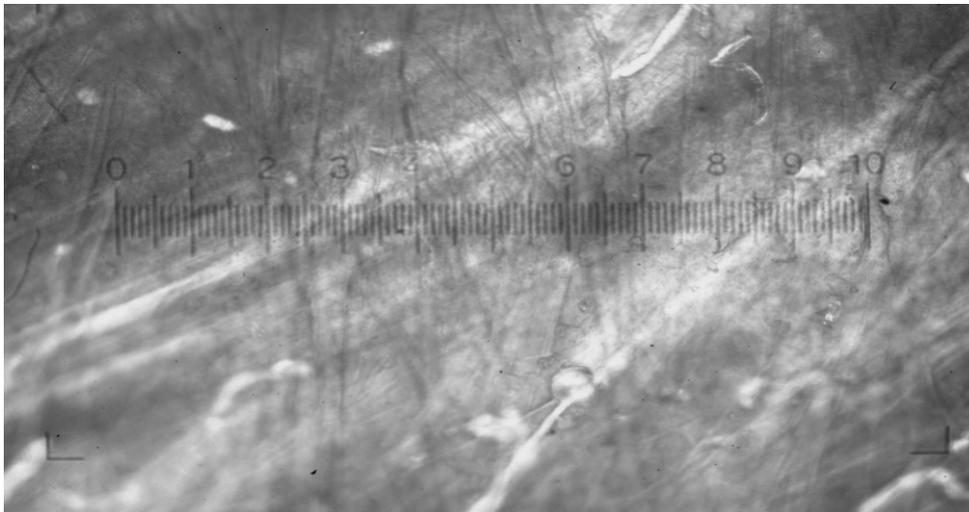


Рис. 7. Изображение поверхности ТЕЕРАК (мокрая), полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа $\times 200$

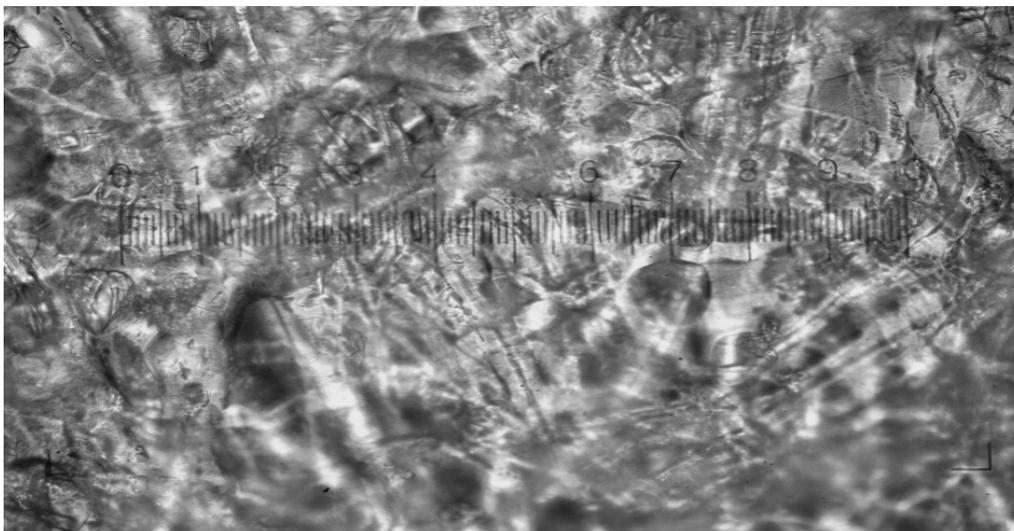


Рис. 8. Изображение поверхности ФАБИОС, полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа $\times 200$

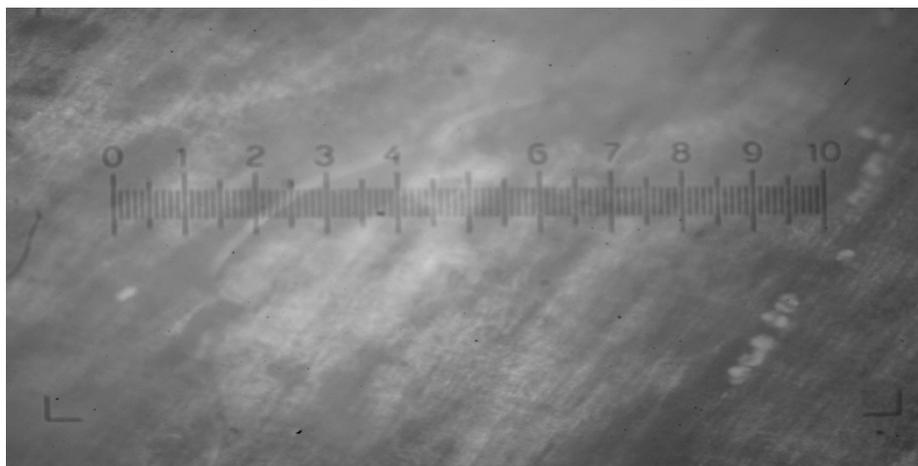


Рис. 9. Изображение поверхности ФАБИОС, полученной с помощью металлографического инвертированного микроскопа $\times 500$

Проведенные исследования поверхности полимерных пленок показали, что они не имеют четко выраженной структуры. В синтетических полимерных оболочках видны волокна целлюлозы, между которыми находятся поры, позволяющие выполнять роль мембраны. Наличие такой структуры позволяет колбасной продукции не портиться долгое количество времени. По 2D- и 3D- СЗМ-изображениям можно предположить, что данные полимерные пленки имеют поры, через которые происходит газовый обмен между пищевой продукцией и окружающей средой.

Список литературы

1. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В. Л. Миронов. – М. : Техносфера, 2005. – 144 с.
2. ГОСТ Р 52196–2011. Изделия колбасные вареные. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2012. – 32 с.
3. Ланг Б. А., Эффенбергер Г. Колбасные оболочки. Натуральные, искусственные, синтетические / Б. А. Ланг, Г. Эффенбергер. – СПб. : Профессия, 2009. – 256 с.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Рассмотрены вопросы поиска новых технологических решений производства вафельной продукции из растительного сырья. В ходе выполнения работы решена задача проведения экспериментальных исследований влияния рецептурных ингредиентов на свойства жировых начинок. Обработка результатов выполнена с использованием программной среды Excel.

Ключевые слова: вафельные изделия, анализ технологических решений, мучные кондитерские изделия, пищевая ценность, информационные технологии.

В настоящее время оценка качества вафельных изделий на кондитерских предприятиях осуществляется экспертным методом. Оценка производится путем дегустации по разработанной пятибальной шкале с использованием коэффициентов весомости, учитывающих значимость каждого показателя [1].

Анализ научных публикаций [2 – 7] показал, что балловый метод органолептической оценки не отвечает требованиям современного кондитерского производства, поскольку оценка структуры осуществляется весьма условно и не может быть достоверно количественно описана. Данный метод лишает технологов возможности прогнозирования структурно-механических свойств готовой продукции, что в условиях современного рынка существенно осложняет проектирование новых видов продукции, не позволяя своевременно реагировать на изменения в предпочтениях потребителей. Одним из наиболее перспективных направлений повышения качества готовой продукции и облегчения проектирования новых продуктов, является переход от экспертной системы оценки показателей качества к инструментальному. Бурное развитие техники и информационных технологий открывает перед кондитерскими предприятиями возможности по внедрению новых методов анализа и оценки показателей качества продукции.

Для определения вязкости и предельного напряжения сдвига изделий наибольшее распространение получили ротационные вискозиметры, которые характеризуются широкими пределами измерения и высокой воспроизводимостью результатов. Рабочий узел таких вискозиметров чаще всего представляет собой два коаксиальных цилиндра (кроме комбинации цилиндр-цилиндр могут применяться конус-конус, полусфера-полусфера и т.д.), в зазор, между которыми наливается исследуемая жидкость. Ротационные вискозиметры работают в режиме либо постоянной скорости деформации, либо постоянного напряжения сдвига. В приборах, работающих в режиме постоянной скорости деформации, один из цилиндров вискозиметра вращается с постоянной скоростью, увлекая за собой исследуемую жидкость, которая, в свою очередь, приводит во вращение второй (измерительный) цилиндр, связанный с динамометрическим устройством. При этом регистрируется изменение крутящих моментов или пропорциональных им напряжений сдвига.

Некоторые современные реометры могут работать в обоих режимах испытаний, но они обладают сложными конструкциями и высокой стоимостью.

Экспериментальные исследования. Новые технологические решения производства вафельной продукции из растительного сырья были получены в ходе проведения экспериментов, выполненных в центре прикладных исследований компании «ЭФКО «Пищевые ингредиенты».

Объектами исследования являлись тыквенный порошок и брусничный экстракт, жировые начинки и вафли, изготовленные с их применением.

Проведена серия экспериментов по изготовлению жировой начинки, отличающихся дозировкой и видом добавок.

В ходе исследований проводилась корректировка температурных режимов стадий приготовления начинки, нанесения начинки на вафельный лист, охлаждения пластов. При изготовлении образцов начинок и вафель проводился постадийный контроль, при этом проверялись следующие показатели:

1) содержание массовой доли влаги в добавке. Метод основан на высушивании навески образца до постоянной массы. Для проведения анализа используется электронный влагомер «Эвлас». Влажность добавки влияет на влажность начинки, тем самым понижая хрусткость вафель;

2) исследование показателей кондитерского жира. Проверялась скорость застывания и вязкость с помощью охлаждающего тоннеля и электронного вискозиметра. Скорость кристаллизации кондитерского жира влияет на время застывания, а, соответственно, на экономию времени и электроэнергии при производстве вафель с жировой начинкой. Вязкость является одной из основных характеристик кондитерского жира, так как напрямую влияет на вязкость начинки, которая влияет на скорость намазки начинки на вафельный лист;

3) текстура начинок и структурно-механические характеристики вафельных изделий. Метод пенетрации, с помощью текстурного анализатора. Структурно-механические свойства вафельных изделий дают наиболее полное представление о существенных аспектах их качества – консистенции и структуре;

4) органолептические показатели образцов. Балловый метод, с помощью дегустационной комиссии. Определены дозировки внесения добавок и разработаны рецептуры; даны рекомендации по корректировке температурных режимов.

На заключительном этапе даны рекомендации по корректировке рецептур и температурным режимам производства вафель с жировой начинкой с внесением добавок. В работе применяли общепринятые и специальные методы исследований сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. При изготовлении образцов проверялись все основные показатели, указанные в типовых технологических инструкциях, а также физико-химические показатели согласно ГОСТ 14031–68 «Вафли. Общие технические условия». Органолептическая оценка проводилась по показателям качества, установленными ГОСТ 14031–68 «Вафли. Общие технические условия».

Результаты исследования, их анализ и обсуждение. Анализ жирно-кислотного состава используемых жиров выявил необходимость использования антиокислительных добавок для предотвращения автоокислительной порчи жировых начинок вафель. Кроме того, в современной экологической ситуации для профилактики метаболических заболеваний, предотвращения возникновения в организме человека высокоактивных молекул в виде свободных радикалов рекомендуется обогащать пищевые продукты антиоксидантными добавками. Таким образом, вносимые добавки выполняют функции ингибиторов окисления

не только в жирах продукта, но и организме человека. Немаловажным для производства не только стойкого при хранении, но и полезного продукта, является выбор типа антиоксидантной добавки.

К природным антиоксидантам относятся: токоферолы (витамины Е), аскорбиновая кислота, β -каротин, фитодобавки флавоноидной природы: дигидрокверцетин, биофлавоноиды, выделенные из сои, экстракт брусники, экстракт из плодов ацеролы, биофлавоноиды, выделенные из цитрусовых, экстракт розмарина, экстракт из листьев подорожника и др.

При исследовании влияния антиоксидантных свойств фитодобавок флавоноидной природы на скорость окисления липидов в качестве модельной среды использовали масло сливочное с массовой долей жира 82%. Фиксировали изменения показателей перекисного числа (ПЧ), характеризующего накопление первичных продуктов распада липидов; тиобарбитурового числа, характеризующего накопление вторичных продуктов распада липидов – малонового диальдегида (МДА).

В тыквенном порошке в значительных количествах содержатся такие биологически важные компоненты, как пищевые волокна, представленные пектином, клетчаткой и гемицеллюлозой, и каротиноиды (β -каротин). Доказано, что овощные порошки, содержащие пектин, могут выводить из организма человека ионы тяжелых металлов. А каротиноиды являются антиоксидантами.

Результаты сенсорного анализа по органолептическим показателям, форме, консистенции, ломкости, хрусткости и салиточти представлены на рис. 1.

Были построены графические зависимости изменения вязкости жировой начинки от скорости сдвига. Обозначения образцов на графике соответствуют обозначениям образцов таблицы. Вязкость жиров и масел зависит от молекулярной массы жирных кислот, входящих в состав триглицеридов. С увеличением молекулярной массы жирных кислот вязкость увеличивается и снижается с увеличением числа двойных связей. Вязкость натуральных жиров и масел колеблется в относительно узких пределах, однако этот показатель имеет существенное значение при установлении природной чистоты жира.

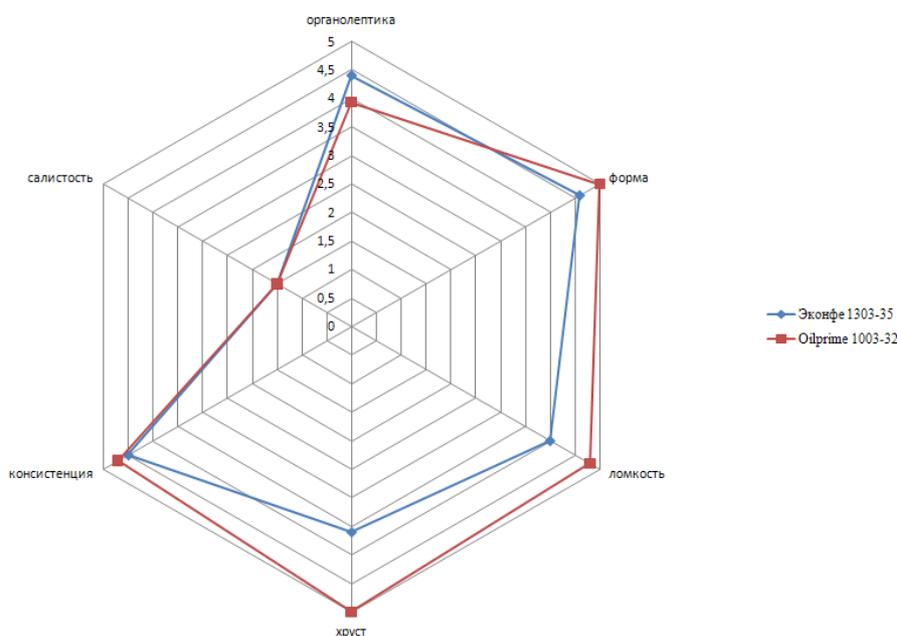


Рис. 1. Результаты оценки вафель с жировой начинкой без добавок

Заключение. В результате выполненных исследований были сделаны следующие выводы:

1) осуществлен анализ информационных источников по способам производства вафельных изделий с жировой начинкой, с помощью которого была разработана новая рецептура и усовершенствована технология производства вафельных изделий;

2) внесение тыквенного порошка в количестве позволяет обогатить вафельные изделия каротиноидами и пищевыми волокнами;

3) проведена оценка органолептических показателей, пищевой, биологической и энергетической ценности вафельных изделий. Внесение предложенных компонентов позволяет уменьшить энергетическую ценность продукта, увеличить количество витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон;

4) решена задача проведения экспериментальных исследований влияния рецептурных ингредиентов на свойства жировых начинок и обработки их результатов в среде Excel.

Список литературы

1. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий : учебное пособие / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, И. В. Протникова и др. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 440 с.

2. Немтинов, К. В. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов / К. В. Немтинов, А. К. Ерусланов, В. А. Немтинов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 1(153). – С. 75 – 83.

3. Немтинов, В. А. Автоматизированное проектирование технологических процессов производства изделий машиностроения с учетом оценки фактора профессионального риска для обслуживающего персонала / В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова // Вестник машиностроения. – 2010. – № 12. – С. 73 – 77.

4. Немтинов, В. А. Применение теории нечетких множеств и экспертных систем при автоматизированном выборе элемента технической системы / В. А. Немтинов, С. Я. Егоров, П. И. Пахомов // Информационные технологии. – 2009. – № 10. – С. 34 – 38.

5. Зимнухова, Ж. Е. О подходе к построению автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений для проектирования процессов производства изделий из металлов / Ж. Е. Зимнухова, В. А. Немтинов // Информационные технологии. – 2008. – № 9. – С. 29 – 34.

6. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е. Н. Малыгин, В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.

7. Мокрозуб, В. Г. О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

Л. А. Лобосова, канд. техн. наук, доц.
Н. А. Селина, И. Ю. Нестерова, студенты
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Обоснован выбор новых сырьевых источников для расширения ассортимента мучных кондитерских изделий. Представлен химический состав черемуховой муки. Определены показатели качества изделий.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, кексы, мука из черемухи.

Одной из важнейших социально-экономических задач государства является обеспечение населения экологически чистыми продуктами питания высокого качества, обогащенных функциональными ингредиентами [1, 6]. Для этого необходимо повышать интенсивность производства по выпуску продуктов питания, создавать стабильные экономические условия для развития рынка продовольствия, повышать производительность труда, осуществлять поиск новых сырьевых источников для расширения ассортимента выпускаемой продукции.

Нами предложена технология получения кексов с черемуховой мукой.

Согласно ГОСТ 15052–2014, кекс – мучное кондитерское изделие на основе муки, сахара, жира и яйцепродуктов с крупными и (или) мелкими добавлениями (цукаты, орехи, изюм, шоколадная крошка и др.) или без них, с начинкой или без нее, с отделкой поверхности или без нее, массовой долей сахара не менее 9%, массовой долей жира не менее 5%, массовой долей влаги не более 30%.

Анализ рецептур данной группы изделий говорит о коррекции химического состава.

Достичь этого можно введением веществ, полезных для здоровья: витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, аминокислот [2].

Полезные свойства муки из черемухи обусловлены ее богатым химическим составом: органические кислоты, и фитонциды, дубильные вещества, пигменты каротиноиды, пищевые волокна. На 22% продукт состоит из углеводов, на 7% – из протеинов, много витаминов: E, C, B₁, B₂, A, P.

Черемуховая мука оказывает противовоспалительное действие; насыщает организм витаминами и минералами для нормальной жизнедеятельности; регулирует работу кишечника; снижает уровень холестерина в крови; повышает иммунитет [4, 5].

Показатели качества муки представлены в табл. 1.

1. Органолептические и физико-химические показатели качества муки из черемухи

Показатель	Мука из черемухи
Размер частиц	20...200 мкм
Цвет	Коричневый
Вкус и запах	Слегка горьковатый, миндальный
Массовая доля сухих веществ, %	93,33
Влагоудерживающая способность, г/1 г продукта	2,0
Адсорбционная способность,	15,0
Водопоглотительная способность	0,22

Провели ряд пробных лабораторных выпечек.

За контрольный образец принята рецептура кекса «Столичный». Проводили частичную замену муки пшеничной в/с на черемуховую муку в количестве 15, 25, 50%, в пересчете на сухие вещества.

Установили, что оптимальным количеством муки является дозировка 20%. Введение меньшего количества муки не оказывает влияния на пищевую ценность продукта, а при внесении более 20% происходит ухудшение органолептических показателей (у готовых изделий появляется ярко выраженный хруст на зубах).

Мякиш разработанных изделий шоколадного цвета.

Структурная схема получения кексов представлена на рис. 1.

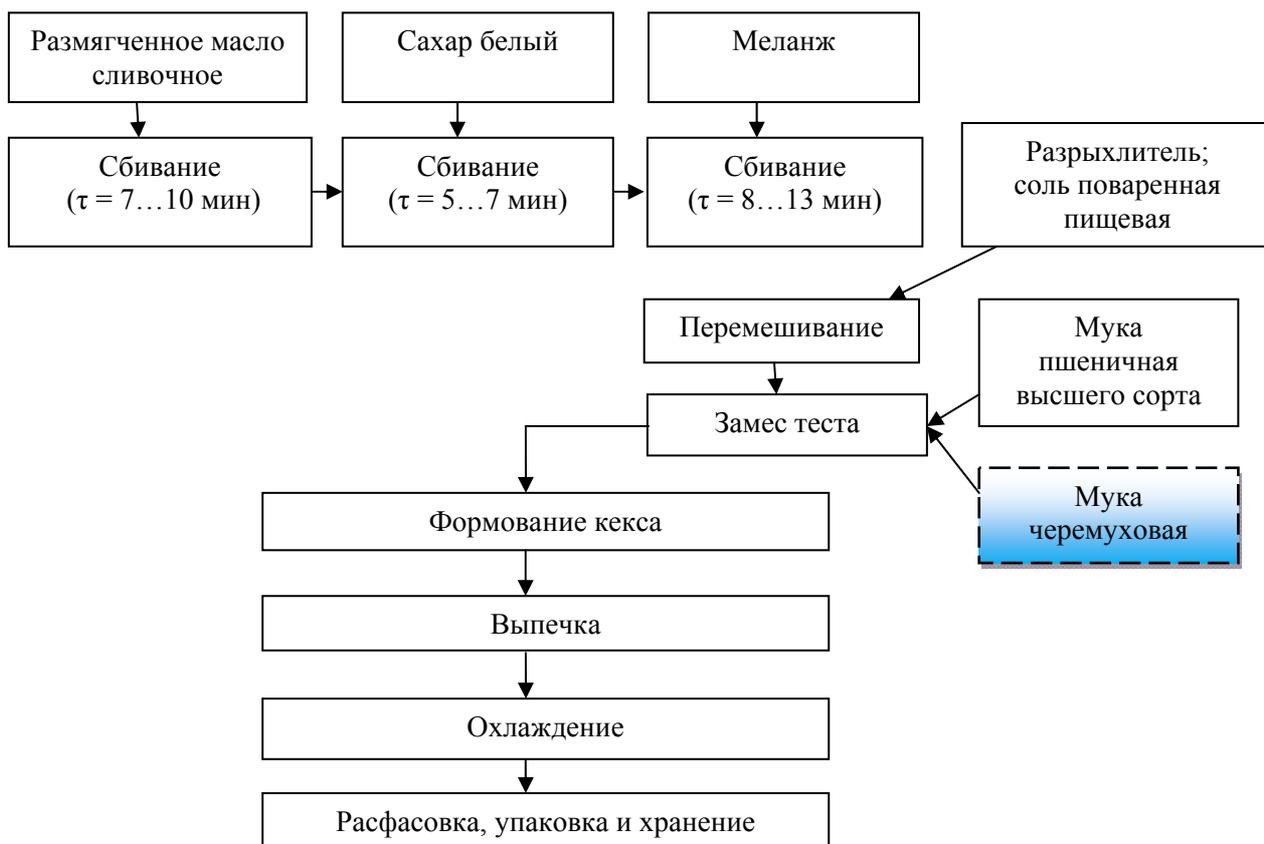


Рис. 1. Структурная схема приготовления кексов на химических разрыхлителях по разработанной технологии

Определены органолептические и физико-химические показатели изделий [3]. Кекс имеет приятный вкус, запах и аромат, свойственный миндалю, цвет – коричневый. Массовая доля влаги – 23,6 %, плотность – 0,50 г/см³.

Произведен расчет пищевой и энергетической ценности. Образец кекса с черемуховой мукой содержит в 1,1 раз больше кальция, витамина С в 1,1 раза, витамина В₁ в 5,1 раза, чем контрольный образец.

Энергетическая ценность нового изделия 303 ккал, что на 19 ккал меньше, чем в контрольном образце.

Таким образом, разработанное новое изделие является функциональным, оно будет полезно всем категориям потребителей, заботящимся о своем здоровье.

Список литературы

1. Гребенникова, А. А. Основы продовольственной безопасности государства // А. А. Гребенникова, Т. А. Дзюба / Экономика и современный менеджмент: теория и практика : матер. XLIII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибАК, 2014.
2. Функциональные кондитерские изделия с нетрадиционным сырьем / Л. А. Лобосова, Т. Н. Малютина, М. Г. Магомедов, И. Г. Барсукова // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2013. – № 3. – С. 25–26.
3. Лурье, И. С. Технология и технокимический контроль кондитерского производства / И. Е. Лурье. – М. : Легкая и пищ. пром., 2001. – 328 с.
4. Кексы повышенной пищевой ценности с новыми видами сырья / Л. А. Лобосова, К. Ю. Топорова, Н. А. Профатило, И. Ю. Нестерова / Техника и технология пищевых производств : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. ; 19–20 апреля 2018. – Могилев, 2018. – С. 242–243.
5. Магомедов, Г. О. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий : учебное пособие / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, И. В. Плотникова, Л. А. Лобосова. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 440 с.
6. Мизюркина, Л. А. Проблемы и особенности обеспечения национальной продовольственной безопасности / Л. А. Мизюркина, О. Н. Сафронова // Продовольственная политика и безопасность. – 2015. – Т. 2, № 3. – С. 127 – 142.

О. Н. Лунева, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технология продуктов питания и организация ресторанного дела», **Т. Н. Иванова**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Товароведение и таможенное дело», **А. Н. Назарова**, магистр 2-го курса кафедры «Технология продуктов питания и организация ресторанного дела» (Орловский государственный университет имени И. С Тургенева, Орел, Россия)

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Обоснована актуальность применения растительных ингредиентов в производстве молочных продуктов с целью улучшения структуры питания.

Ключевые слова: функциональное питание, компоненты растительного происхождения, молочные продукты.

В последние годы перед молочной промышленностью поставлена задача улучшения структуры питания за счет совершенствования существующих и создания новых продуктов питания, вырабатываемых по ресурсосберегающей технологии и имеющих повышенную биологическую и пищевую ценность.

Используя традиционные продукты питания, решение поставленной задачи не может быть основано только на известных технологических решениях, поэтому необходим поиск новых теоретических и практических подходов, направленных на разработку новых прогрессивных технологий, основанных на комбинировании сырья животного и растительного происхождения, в том числе и нетрадиционного [1].

Современные тенденции совершенствования структуры питания населения ориентированы на разработку продуктов сложного сырьевого состава, сбалансированных по пищевой и биологической ценности, что достигается за счет поликомпонентности их состава [2].

Данная задача в молочной отрасли решается по нескольким направлениям, среди которых особого внимания заслуживают следующие:

- использование, наряду с молочными, компонентов немолочного происхождения;
- обогащение молочных продуктов витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, белками путем внесения компонентов растительного происхождения.

Качество готового продукта, и в первую очередь, его основные показатели – пищевая и биологическая ценность функционально зависят от качества всех составляющих его ингредиентов (белок, жир, углеводы, минеральные вещества, витамины и др.).

Молоко и молочные продукты являются важнейшими продуктами питания, которые употребляют ежедневно, и входят в состав рационов практически всех категорий населения. Это объясняется уникальным составом и свойствами молока, а также возможностью вырабатывать из него большое количество разнообразных продуктов питания [2].

Молочные белки выполняют роль буферов, участвуют в поддержании постоянной реакции среды в плазме, цереброспинальной жидкости, кишечных секретах, имеют большое биологическое значение благодаря высокому содержанию метионина, принадлежащего к липотропным веществам, необходимым для функции печени. Кроме того, молочный белок в отличие от белков мяса, не содержит пуриновых оснований, избыток которых вредно влияет на функцию почек. Находящиеся в растворенном состоянии белки молока легкодоступны для пищеварительных протеиназ без предварительного денатурирования. Помимо белков,

с молочными продуктами в организм поступает также большое количество других биологически важных веществ: кальций, фосфор, калий, магний, цинк, железо, медь, рибофлавин, витамины А, В и D. Молочные продукты уникальны по своей пищевой ценности настолько, что, по данным исследований, общее качество питания при их потреблении повышается [1].

В то же время в молоке недостаточно витаминов С, В, Е, фолиевой кислоты, мало содержится полиненасыщенных жирных кислот. Учитывая рекомендации специалистов по питанию к снижению потребления животных, в том числе молочных жиров, молочная промышленность постоянно увеличивает объемы производства низкожирных молочных продуктов. Однако, с другой стороны, уменьшение массовой доли молочного жира с целью снижения его атерогенного действия одновременно приводит и к удалению содержащихся в нем жирорастворимых витаминов А, D, Е и различных каротиноидов. В процессе сепарации, нормализации, пастеризации и стерилизации, при сушке и восстановлении молока его пищевая, прежде всего витаминная ценность снижается, и, следовательно, обогащение его становится не только целесообразным, но и абсолютно необходимым [3].

Следует подчеркнуть, что сочетание молочных и растительных компонентов представляет собой более совершенную композицию по аминокислотному составу. Именно молочно-растительные системы наиболее полно соответствуют формуле сбалансированного питания. Кроме того, при введении в рецептуру растительных компонентов происходит обогащение продукта витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами, пищевыми волокнами. Производство комбинированных кисломолочных продуктов может решить задачу производства «здоровых продуктов», наиболее биологически полноценных для организма человека [3].

В настоящее время выявлено несколько тенденций в совершенствовании рецептур и технологий поликомпонентных молочных продуктов. Традиционно в молочные продукты вносят фруктово-ягодные добавки. Этот вид наполнителя является наиболее распространенным. Плоды и ягоды (облепиха, черная смородина, калина, шиповник, яблоки, груши, вишня и т.д.) вводятся в естественном состоянии, измельченном, в виде пасты и в переработанном виде (соки, концентраты, варенья, джемы, спиртовые морсы, экстракты). Наполнитель, помимо дополнительных вкусовых оттенков, обогащает продукты пищевыми волокнами, пектином, углеводами, изменяет их реологические характеристики, что обуславливает появление натуральных структурированных продуктов.

Также продукты комбинируют с овощными наполнителями, например, тыквой, морковью, свеклой, топинамбуром. Овощи вносятся в виде пюре (пасты), соков, концентратов, в том числе порошков и экстрактов. Овощные наполнители обогащают продукты витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, в частности пектином, инулином, которые являются бифидогенными факторами.

Для придания молочным продуктам статуса лечебно-профилактических их витаминизируют, обогащают лактулозой, медом, экстрактами лекарственных трав (крапива, Melissa, горец птичий, зверобой и др.), компонентами сои. Сравнительно новым направлением является комбинирование молочных и кисломолочных продуктов с морепродуктами – кукумарией (в виде гидролизата), межклеточным соком мидий, пектином из морской травы (зостерином).

В последние годы активно развивается направление комбинирования молочных продуктов с растительными ингредиентами.

Нами изучена возможность комбинирования творожных продуктов с зерновыми. Зерновые компоненты вносят главным образом в виде муки, измельченного или жидком состоянии, известна идея комбинирования молочных продуктов с солодовыми и полисоло-

довыми экстрактами (пшеница, ячмень, рожь, кукуруза). Зерновые культуры обогащают продукты аминокислотами, витаминами, ферментами и другими биологически активными веществами, минеральными веществами, растительными жирами, легко усвояемыми углеводами и пищевыми волокнами [4]. Кроме того, из группы природных сорбентов токсических веществ вследствие доступности, хороших технологических свойств и эффективности весьма перспективно использование пищевых волокон отрубей. Диетологи установили, что пищевые волокна отрубей больше связывают холевую кислоту и другие продукты обмена холестерина по сравнению с пищевыми волокнами трав, овощей и фруктов. В отличие от пектина цитрусовых, они способны исключать их печеночно-кишечной циркуляции конъюгаты чужеродных веществ, что уменьшает частоту возникновения опухолей толстого кишечника. Существует мнение, что добавление к пище растительных пищевых волокон усиливает внутрикишечный синтез некоторых витаминов, в том числе группы В.

Побочные продукты мукомольного производства – пшеничные отруби и зародыш – являются ценным источником и других важных в питании человека биологически активных веществ и в настоящее время используются как самостоятельно, так и в виде добавок к другим продуктам.

В состав отрубей, помимо пищевых волокон, входят многие другие органические вещества, ассимилируемые организмами в гидролизованном состоянии – нутриенты (белки, углеводы, жиры и др.). Все они, как и волокнистые структуры, принимают активное участие в процессе пищеварения, вносят свой вклад в суммарный физиологический эффект употребления пищевых волокон, процессы биологического обмена веществ. Так, на долю белка в составе отрубей приходится 25,6...29,2% от общего его количества в сырье [5].

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что в создании новых диетических пищевых продуктов сложного сырьевого состава наиболее перспективно направление по комбинированию молочного и растительного сырья. Это дает возможность создания функциональных продуктов с заданным составом в соответствии с основными требованиями науки о питании.

Список литературы

1. Генералова, Н. А. Витаминизированный белковый продукт для детского питания / Н. А. Генералова, Е. Н. Широкова // Молочная промышленность. – 2003. – № 10. – С. 7–8.
2. Степанова, Л. И. Творожные продукты с растительными жирами / Л. И. Степанова // Пищевая промышленность. – 2003. – № 2. С. 16 – 18.
3. Гаврилова, Н. Б. Роль молока и кисломолочных продуктов в организации диетического и профилактического питания / Н. Б. Гаврилова // Аналит. обзор. – Семипалатинск : Семипалатинский ЦНТИ. – 1996.– 21 с.
4. Комаров, В. И. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой промышленности – источник получения кормовых и пищевых биологически активных добавок / В. И. Комаров, Т. А. Мануйлова // Пищевая промышленность. – 2001. – № 5. – С. 7–8.
5. Колпакова, В. В. Белок из пшеничных отрубей. Биологическая, пищевая ценность, функциональные свойства и направления использования в пищевых производствах / В. В. Колпакова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 2. – С. 46 – 48.

О. Н. Лунева, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технология продуктов питания и организация ресторанного дела», **Т. Н. Иванова**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Товароведение и таможенное дело», **И. А. Туравцова**, магистр 1-го курса кафедры «Технология продуктов питания и организация ресторанного дела»
(Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия)

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТВОРОЖНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Изучены уже существующие рецептуры и технологии творожных продуктов, а также актуальность разработки новых видов продуктов функциональной направленности.

Ключевые слова: функциональное питание, творог, молочные продукты, обогащенные продукты.

Сохранение и укрепление здоровья населения является важнейшей задачей любого государства. Здоровье каждого человека и нации в значительной мере определяется типичным рационом питания. Продукты питания кроме снабжения организма человека энергией, необходимыми нутриентами выполняют и другие функции, наиболее важная из которых – профилактика и лечение ряда заболеваний [1].

Пищевой рацион человека постоянно должен включать более 600 нутриентов. Примерно 95% из них обладают лечебно-профилактическими свойствами. От их содержания и соотношения зависят диетические качества продукта.

Демографические проблемы, стрессовые нагрузки, увеличение количества людей с различными заболеваниями, ухудшение здоровья населения выявили необходимость создания функциональных продуктов питания [1].

Важная роль в рациональном питании принадлежит белкам животного происхождения. В последнее время в рационе питания россиян выявлен недостаток белка, содержащего все незаменимые аминокислоты. Наиболее подходящей основой для белковых продуктов с функциональными свойствами являются молочные продукты, в частности творог и творожные продукты. В связи с этим были изучены разработанные технологии с использованием функциональных ингредиентов для производства творожных продуктов, предназначенных для питания различных групп населения, представленных на рис. 1.

Одной из проблем нарушения пищевого статуса населения является дефицит в рационе питания биологически активных компонентов, в том числе белков животного происхождения. Сложившаяся неблагоприятная экологическая обстановка, широкое применение антибиотиков и химических препаратов, стрессы и другие факторы приводят к нарушениям состава нормальной микрофлоры кишечника, процессов пищеварения и обмена веществ, что снижает иммунную активность организма человека и способствует росту заболеваемости [2]. Основные алиментарно-зависимые заболевания и их причины представлены на рис. 2.

Для обеспечения населения здоровым питанием перед предприятиями пищевой отрасли стоит задача, направленная на производство пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище, в том числе для питания в организованных коллективах [3].



Рис. 1. Творожные продукты с функциональными ингредиентами



Рис. 2. Основные алиментарно-зависимые заболевания и их причины

Молоко и молочные продукты могут быть обогащены самыми разнообразными биологически активными добавками с определенными функциональными свойствами, направленными на укрепление здоровья и профилактику алиментарно-зависимых заболеваний. Наряду с традиционными продуктами в ежедневном рационе питания обязательно должны быть продукты обогащенные. По мнению диетологов – их доля должна составлять около 30% рациона [4].

Творог представляет собой традиционный белковый кисломолочный продукт, обладающий высокими пищевыми и лечебно-диетическими свойствами. Он полезен для всех слоев населения. Творог представляет собой концентрат молочного белка. Важность белка в нашей жизни общеизвестна: это тот материал, из которого строятся все клетки организма, ферменты, а также иммунные тела, благодаря которым организм обретает стойкость к заболеваниям [4]. Организм человека получает белки вместе с пищей, расщепляет их до аминокислот и из них строит молекулы новых белков, присущих только нашему организму. Для этого ему необходим набор из 20 аминокислот. Из числа последних в продуктах питания наибольший дефицит представляют метионин и триптофан, которые играют важную роль в процессах деятельности нервной системы, кроветворных органов и органов пищеварения. Творог является основным поставщиком этих аминокислот. Наряду с белками для нормальной жизнедеятельности организма необходимы и минеральные вещества, важнейшие из которых – соединения кальция и фосфора. Они составляют основу костной ткани и зубов, также необходимы для нормальной деятельности сердечной мышцы и центральной нервной системы. Кальций является постоянной составной частью крови, входит в состав клеточных структур, играет важную роль в свертывании крови, поддержании нормального состояния и возбудимости нервной системы и мышечной ткани [5].

По количеству солей кальция и фосфора, а также по соотношению их между собой, творог выгодно выделяется среди других пищевых продуктов: их в нем содержится примерно 0,4%.

На основании вышесказанного очень часто творог используют в качестве основы комбинированных молочно-растительных продуктов. Это обусловлено его популярностью в традиционном рационе питания, отличными функциональными и технологическими свойствами. Разработка технологии новых видов комбинированных творожных продуктов, чаще всего, базируется на предварительных теоретических и практических исследованиях, позволяющих оптимизировать технологический процесс [5].

На сегодняшний день существуют продукты питания, содержащие в себе все компоненты, необходимые для обеспечения организма белками, жирами, углеводами и микро-нутриентами. Поэтому существует необходимость создавать комбинированные пищевые продукты, обогащенные биологически активными и питательными веществами до уровня физиологических потребностей людей различных возрастных групп.

Решение данной проблемы базируется на поиске и подборе перспективных источников сырья с высокими санитарно-гигиеническими и медико-биологическими показателями, а также применение современных технологических приемов, позволяющих существенным образом влиять не только на органолептические и физико-химические показатели сырья и готовой продукции, повышая их пищевую ценность, но и придавать им определенные свойства.

Таким образом, разработка творожных продуктов, сочетающих в себе сырье растительного и животного происхождения, позволит создать продукты, сбалансированные по составу.

Список литературы

1. Жукова, П. П. Творог профилактического назначения / П. П. Жукова, Э. Г. Жукова, Н. В. Безалтынных // Молочная промышленность. – 2000. – № 12. – С. 42–43.
2. Харитонов, В. Д. Продукты лечебного и профилактического назначения: основные направления научного обеспечения / В. Д. Харитонов, О. Б. Федотова // Молочная промышленность. – 2003. – № 12. – С 28–29.
3. Просеков, А. Ю. Научные основы производства продуктов питания : учебное пособие / А. Ю. Просеков // Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 234 с.
4. Степанова, Л. И. Творожные продукты с растительными жирами / Л. И. Степанова // Пищевая промышленность. – 2003. – № 2. – С. 16 – 18.
5. Касьянов, Г. И. Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста / Г. И. Касьянов, А. А. Запорожский, С. Б. Юдина. – М. : МАРТ, 2001. – 192 с .

Л. И. Назина¹, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры управления качеством и технологии водных биоресурсов, **Н. Л. Клейменова**¹, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры управления качеством и технологии водных биоресурсов,

О. А. Орловцева², канд. техн. наук, доц., директор Офиса коммерциализации инновационных проектов и разработок

(¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия,

²Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Одной из составляющих концепции обеспечения продовольственной безопасности России является выпуск продукции, безопасной для потребителя и окружающей среды. В настоящее время прослеживается тенденция перехода от локальной системы менеджмента к интегрированной, объединяющей в себе несколько различных систем менеджмента – менеджмента качества, безопасности выпускаемой продукции, экологической безопасности, охраны труда и здоровья персонала и др.

Ключевые слова: менеджмент безопасности, оценка рисков.

Одной из составляющих концепции обеспечения продовольственной безопасности России является выпуск продукции, безопасной для потребителя и окружающей среды. Выпуск безопасной и качественной продукции позволяет предприятиям получить дополнительную прибыль, обеспечивать развитие производства и социальной инфраструктуры, что определяет переход к системному подходу в управлении качеством продукции [1].

Актуальной задачей для предприятий агропромышленного комплекса является разработка и внедрение систем менеджмента безопасности, базирующихся в первую очередь на принципах ХАССП [2]. Внедрение системы ХАССП предполагает разработку алгоритма мероприятий, выполнение которых гарантирует безопасность выпускаемой продукции. С этой целью анализируются технологические процессы производства, выделяются опасные факторы, возникающие в ходе выполнения всех операций процесса, рассчитываются риски возникновения этих факторов и тяжесть последствий, определяются контрольные пределы, разрабатываются мероприятия по снижению рисков, программы мониторинга за ходом процесса [3, 4].

С принятием Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» внедрение системы, основанной на принципах анализа рисков и критических контрольных точек ХАССП, стало для перерабатывающих предприятий обязательным.

Однако в настоящее время прослеживается тенденция, когда предприятия и организации осуществляют переход от локальной системы менеджмента к интегрированной. Интегрированная система менеджмента (ИСМ) объединяет в себе несколько различных систем менеджмента – менеджмента качества, безопасности выпускаемой продукции, экологической безопасности, охраны труда и здоровья персонала и др. (табл. 1).

Такая система менеджмента позволяет увязывать требования ко всем процессам в единое целое, использовать единый набор правил и методик и единую структуру управления, проводить одновременный аудит нескольких систем, упрощать процесс непрерывного

совершенствования и т.п. Все системы ИСМ разрабатываются на основе общих принципов и совместимы друг с другом. Интегрированная система менеджмента имеет общую идеологию управления, базирующуюся на принципах Всеобщего управления качеством, системном и процессном подходе.

1. Возможная структура интегрированной системы менеджмента

Интегрированная система менеджмента					
Менеджмент качества ISO 9001	Управление безопасностью продуктов питания ISO 22000	Энергетический менеджмент ISO 50001	Менеджмент промышленной безопасности и охраны труда OHSAS 18000	Менеджмент непрерывности бизнеса ISO 22301	Менеджмент информационной безопасности ISO/IEC 27001

При разработке ИСМ возникает необходимость оценки не только рисков использования продовольственного сырья и изготовления пищевой продукции, несоответствующих требованиям безопасности, но и рисков, связанных с охраной здоровья и безопасности труда сотрудников, нарушения работоспособного состояния технологического оборудования, рисков возникновения аварийных ситуаций и т.п.

Оценка риска может быть применена на всех стадиях жизненного цикла продукции – от проектирования до потребления (утилизации). Можно выделить следующие этапы оценки риска:

- а) идентификация опасностей;
- б) оценка вероятностных характеристик риска и тяжести последствий;
- в) выбор и оценка мероприятий по управлению;
- г) разработка системы мониторинга в критических контрольных точках.

Оценка риска (рис. 1) является частью процесса менеджмента риска, представляет собой алгоритм действий, которые включают определение способов достижения поставленных целей, анализ последствий и вероятности возникновения опасных событий для принятия решения о необходимости обработки риска. Оценка риска позволяет определить:

- какие события могут произойти и какова их причина;
- каковы последствия этих событий;
- какова вероятность их возникновения;
- какие факторы могут сократить неблагоприятные последствия или уменьшить вероятность возникновения опасных ситуаций;
- является уровень риска приемлемым, или требуется его дальнейшая обработка.

Среди методов оценки рисков – экспертные методы, анализ рисков и критических контрольных точек, анализ дерева неисправностей, анализ дерева событий, анализ сценариев, причинно-следственный анализ, анализ скрытых дефектов, анализ показателей надежности и др. [5].

Важной составляющей частью ИСМ является разработанная процедура управления рисками, рассматривающая вопросы планирования управления рисками, идентификации и оценки рисков, планирования реагирования на риски, мониторинг и контроль рисков.

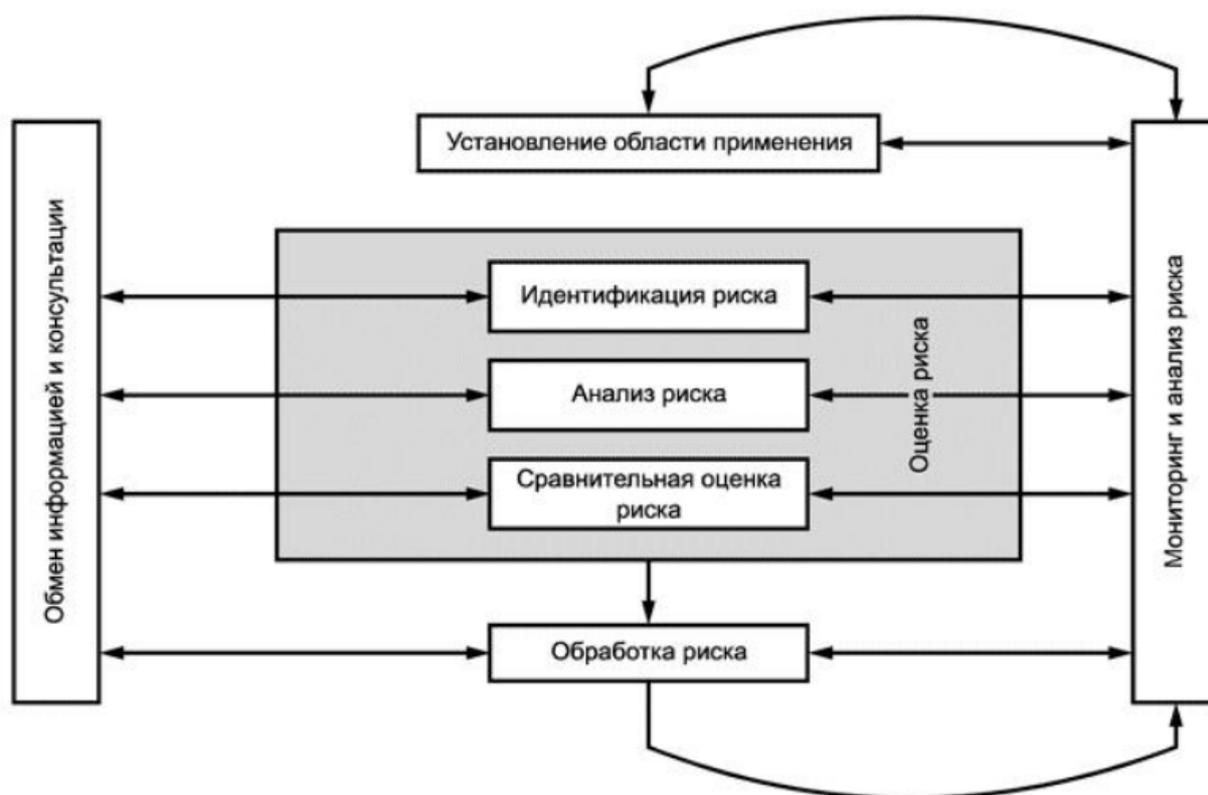


Рис. 1. Процесс менеджмента риска

Таким образом, для обеспечения производства безопасной пищевой продукции наиболее целесообразны для внедрения на предприятиях Интегрированные системы менеджмента, обладающие такими свойствами, как целостность, устойчивость, целеориентированность, надежность. Внедрение таких систем на предприятиях Российского агропромышленного комплекса позволит решить задачу обеспечения продовольственной безопасности России.

Список литературы

1. Аршакуни, В. Л. ХАССП в России / В. Л. Аршакуни // Методы оценки соответствия. – 2012. – № 11. – С. 5 – 7.
2. Куприянов, А. В. Система обеспечения качества и безопасности пищевой продукции / А. В. Куприянов // Вестник оренбургского государственного университета. – 2014. – № 3(164). – С. 164 – 167.
3. Назина, Л. И. Обеспечение конкурентоспособности продукции предприятий на основе анализа рисков технологических процессов / Л. И. Назина, Л. Б. Лихачева // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2014. – № 1(6). – С. 35 – 39.
4. Клейменова, Н. Л. Разработка элементов системы ХАССП на предприятии ОАО Кондитерский комбинат «Сластена» / Н. Л. Клейменова, А. Н. Пегина, А. А. Жашков // Актуальная биотехнология. – 2014. – № 1(8). – С. 48 – 51.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – М. : Стандартинформ, 2012. – 70 с.

И. В. Тарабрин, канд. биол. наук, доц. ВАК, доц. кафедры физиологии и кормления с.-х. животных, **Н. Е. Косянок**, канд. фармацевт. наук, доц. ВАК, доц. кафедры химии (Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АМИНОКИСЛОТ И ИХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С D-ЭЛЕМЕНТАМИ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Аннотация. Поиск новых источников микроэлементов, сочетающих в себе возможность минимизации их введения с сохранением высокой эффективности действия, является актуальным направлением исследований.

Ключевые слова: аминокислота, комплексное соединение, d-элементы, птица, продуктивность, микроэлементы.

Птицеводство является интенсивно развивающейся отраслью животноводства. На долю мяса птицы в Краснодарской крае, в сравнении с другими отраслями животноводства, приходится 2/3 всей произведенной продукции. Это предъявляет особые требования к качеству получаемой продукции и экологической безопасности производства. Кроме того, разработка новых высокоэффективных кормовых добавок в виде хелатов позволит повысить экономическую эффективность отрасли.

Генетический потенциал животных может быть реализован только при использовании кормов сбалансированных по всем элементам питания. В настоящее время в кормлении используются микроэлементы (d-элементы) в виде неорганических солей. Исключение из рациона анионов неорганических кислот (сульфатов, хлоридов, карбонатов и т.д.) позволит снизить метаболическую нагрузку на организм, уменьшить дозировку тяжелых металлов и повысить экологическое качество продукции.

В кормопроизводстве используются добавки хлоридов и сульфатов тяжелых металлов, таких как медь, цинк, марганец, кобальт, железо и пр. Применение этих соединений, с одной стороны, повышает метаболическую нагрузку на организм, а с другой стороны характеризуется невысокими коэффициентами усвояемости металлов. В итоге значительная часть этих элементов выводится с пометом и утилизируется. Это является одним из источников загрязнения почвы и грунтовых вод. Предварительные исследования показали целесообразность применения хелатных соединений микроэлементов. При этом решается задачи повышения продуктивности с учетом экологических аспектов создания безопасной продукции птицеводства и снижения загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

В современных птицеводческих хозяйствах зафиксированы значительные различия в эффективности выращивания птицы, обусловленные рационом питания. Сведения о показателях роста и развития органов птицы при использовании различных источников питательных и биологически активных веществ также отличаются. Известно, что уровень белка и особенно его аминокислотный состав является важнейшим фактором высокой продуктивности [1]. Вместе с тем роль достаточного количества микроэлементов, поступающего с кормом, не вызывает сомнения в усвоении питательных веществ и регуляции биохимических

процессов. Однако микроэлементный состав кормов сильно различается в зависимости от вида растений, климатических условий, видов почв, вегетационной фазы, способом хранения, технологических приемов выращивания и пр. По этим причинам часто фиксируется несбалансированность элементов. В результате это приводит к снижению показателей продуктивности и качества получаемой продукции, конверсии корма. Чтобы этого не допустить, в качестве минеральных добавок используют различные соединения главных макро- и микроэлементов, но их биологическая доступность недостаточна. При балансировании рационов принято вносить недостаток микроэлементов путем введением их в неорганической форме в виде солей (сульфаты, гидрокарбонаты, карбонаты, хлоридов, фосфаты и т.д.). Однако известно, что неорганические формы биогенных элементов «агрессивны» и в ряде случаев характеризуется антагонизмом между отдельными металлами. Появление новых факторов сопровождается необходимостью изменения подходов к нормированию микроэлементов [2].

В натуральных источниках биогенные микроэлементы связаны с протеинами, аминокислотами, т.е. находятся в составе органических соединений [3]. Поэтому использование комплексных хелатных соединений в кормлении животных в качестве альтернативы неорганическим соединениям имеет достаточное биологическое обоснование. Имеются сведения о положительном опыте применения комплексных солей микроэлементов с аминокислотами [4]. При нормировании минеральной и аминокислотной составляющих в комплексной соли необходимо учитывать обеспеченность организма аминокислотами за счет содержания их в рационе. Основными лимитирующими аминокислотами при использовании кормов растительного происхождения являются лизин, треонин, триптофан и др. Птицы наиболее чувствительны к дисбалансу незаменимых кислот, что проявляется депрессией роста, нарушением развития организма и функций органов. Поэтому перспективными являются исследования применения хелатных соединений аминокислот с микроэлементами в птицеводстве [5, 6].

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает высокий интерес к использованию хелатных соединений в животноводстве. Их относят к препаратам второго поколения, которые имеют более высокий потенциал усвояемости в сравнении с минеральными солями [7]. Считается, что хелатные комплексы микроэлементов с аминокислотами предотвращают образование стойких труднодоступных для организма соединений с продуктами гидролиза в желудочно-кишечном тракте [8]. Применяют хелатные соединения биометаллов с органическими соединениями (лимонной, янтарной кислотой, витаминами, аминокислотами и др.). Органическая часть комплексного соединения после отщепления микроэлемента вовлекается в процессы обмена и является дополнительным источником пластических веществ или энергии. Высокая биологическая доступность микроэлементов из ряда комплексных соединений положительно влияет на яичную продуктивность, сохранность поголовья, прирост живой массы и пр. В течение ряда лет ученые во всем мире занимаются синтезом, изучением их свойств и применением в кормлении. Это связано с тем, что при образовании соединений аминокислот с неорганическими веществами изменяются их химические и биологические свойства. Ионы металлов в сочетании с аминокислотами могут приобретать новые химические и биологические свойства. Есть данные о снижении их токсич-

ности и снижении дозировки в рационах. Поэтому на основе соединений аминокислот с d-элементами возможно создание новых коферментных препаратов и биокатализаторов, лекарственных средств и биологически активных добавок [9].

Однако нужно отметить, что на сегодняшний день недостаточно экспериментальных данных о влиянии комплексных соединений на метаболические процессы птиц, в том числе на фоне снижения уровня вводимых в рацион микроэлементов. Кроме того, дополнительного изучения требуют вопросы, связанные с балансом микроэлементов находящихся в химусе, а также их доступности в различных отделах желудочно-кишечного тракта.

Список литературы

1. Тарабрин, И. В. Роль аминокислот в регулировании аппетита / И. В. Тарабрин // Животноводство России. – 2006. – № 9. – С. 19–20.
2. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных / В. Г. Рядчиков. – Краснодар, 2014. – 616 с.
3. Światkiewicz, S. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies / S. Światkiewicz, A. Arczewska-Włosek, D. Józefiak // World's Poultry Science Journal. – 2014. – V. 70. – P. 475 – 486.
4. Тарабрин, И. В. Выращивание перепелов при использовании в рационе хелата меди / И. В. Тарабрин, Н. Е. Косянок, Е. А. Кайгородова // Птицеводство. – 2018. – № 3. – С. 13 – 17.
5. Effect of Diets Supplemented with Different Levels of Manganese, Zinc, and Copper from their Organic or Inorganic Sources on Egg Production and Quality Characteristics in Laying Hens / A. A. Gheisari et. al. // Biological Trace Element Research. – 2011. – V. 142. – P. 557 – 571.
6. Тарабрин, И. В. Жироотложение в тушке мясных перепелов на рационе с лизинатом меди / И. В. Тарабрин, В. В. Усенко, Н. С. Комарова // Advances in Agricultural and Biological Sciences. – 2017. – Т. 3, № 6. – С. 23 – 32.
7. Тарабрин, И. В. Обоснование использования в рационе птицы комплексных соединений микроэлементов / И. В. Тарабрин, Н. Е. Косянок // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сб. ст. по материалам 73-й науч.-практ. конф. преподавателей. – 2018. – С. 259–260.
8. Кебец, Н. М. Смешаннолигандные комплексы биометаллов с витаминами и аминокислотами и их биологические свойства / Н. М. Кебец. – Кострома : КГСХА, 2008. – 230 с.

О. Б. Филиппова, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник,
и.о. зав. лаборатории технологии производства молока и говядины,
Н. И. Маслова, младший научный сотрудник лаборатории технологии
производства молока и говядины
(ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия)

ПРИРОДНЫЙ МИНЕРАЛ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация. Природный минерал глауконит, который добывается в Бондарском районе Тамбовской области, обладает высокой адсорбирующей способностью. Для увеличения его сорбционных свойств минерал переведен в натриевую форму путем химической обработки. В эксперименте с концентратом (50%) глауконита на модельном растворе наибольший сорбционный эффект отмечен в отношении Cu(II) – 87% ее исходной концентрации.

Ключевые слова: глауконит, способ подготовки, Na-форма, адсорбент, сорбционные свойства.

Введение. В мировой практике накоплен большой опыт применения природных алюмосиликатов – бентонитов и цеолитов в сельском хозяйстве. Их используют в производстве комбикормов, в качестве кормовой добавки для повышения продуктивности животных и птицы, вывода токсинов, а также снижения уровня токсичного воздействия тяжелых металлов и радионуклидов на организм животных. Одним из таких веществ является глауконит – широко распространенный глинистый природный минерал с уникальными сорбционными свойствами [1]. Глаукониту присуща высокая ионообменная способность, т.е. обменные катионы одного ряда могут заменяться катионами другого ряда. Ионообменная емкость глауконита обусловлена наличием отрицательного заряда в структурной ячейке минерала, появляющегося в результате замещения четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием или двухвалентным магнием в кристаллической решетке. Кроме того, катионы водорода ОН-групп, прикрепленных к атомам кремния, располагающихся на боковых гранях кристаллов глауконита, при определенных условиях могут вступать в обменную реакцию [2]. Отличительная особенность глауконита из Бондарского месторождения в Тамбовской области заключается в его составе. Например, в нем содержится в 1,5 – 2,0 раза меньше окислов алюминия, чем в глауконите других месторождений. В результате термического анализа в минерале Бондарского месторождения обнаружена значительная примесь монтмориллонита или набухающего смешанослойного глауконит-монтмориллонитового минерала, а также присутствие в них тонкодисперсной органики. Монтмориллизированные глаукониты обладают лучшими поглотительными свойствами. При использовании глауконитов для дезактивации радиоактивных отходов и для очищения грунтовых вод от тяжелых металлов примесь тонкорассеянной органики усиливает эти способности.

Сорбционные способности глауконита Бондарского месторождения изучались в экспериментах, посвященных возможности умягчения питьевой и питательной воды котлов высокого давления [3, 4]. Согласно проведенным исследованиям, концентрат глауконита может использоваться в качестве сорбента при очистке воды и доведения ее жесткости до уровня, соответствующего нормативным требованиям.

Для улучшения эксплуатационных и функциональных свойств природных минералов применяют различные физические и химические методы модифицирования [5]. В результате таких модификаций происходит направленное изменение структуры материала, приводящее к увеличению его удельной поверхности, числа обменных центров и, как следствие, усилению сорбционных и ионообменных свойств. Так, например, перевод природных глин в Na-форму повышает их ионообменные свойства, способность к диспергированию в воде [6]. Такая обработка приводит к замещению протонов в (–ОН)-обменных центрах, а также к увеличению межплоскостного расстояния в структуре глауконита. При этом в дальнейшем Na-форма наиболее хорошо диспергируется при перемешивании, а катионы Na^+ легко заменяются ионами иных форм.

Таким образом, для решения задач умягчения воды как комплексного метода защиты окружающей среды и улучшения здоровья населения путем снижения объема высокоминерализованных стоков целесообразно использовать природные сорбенты, в частности глауконит. Данный минерал является не только экологически чистым, широко распространенным сорбентом, но имеет и другие преимущества. Например, используемый продукт можно не регенерировать, а использовать в качестве кормовой добавки скоту.

Однако, в процессе сорбции токсичных катионов, в частности, Ni(II) и Cu(II) , будут накапливаться в сорбенте, что может негативно сказаться на организме животных, которым в дальнейшем будут его скармливать. Эти обстоятельства требуют оценки относительной сорбционной способности катионов указанных химических элементов на концентрате глауконита. Поэтому возникает необходимость исследовать дополнительно сорбционные свойства глауконита, поскольку его активность в процессе подготовки минерала для использования в технологическом процессе умягчения воды существенно возрастает.

Методы и объекты исследования. В работе был использован 50 %-ный концентрат глауконита. Подготовка Na-формы глауконита осуществлялась в емкости объемом 30 литров с установленной в ней мешалкой на электрическом приводе. Алгоритм процесса подготовки:

- 1) 1,5 кг 50 %-ного глауконита + 30 л 0,1 М NaOH – перемешивание в течение 20 мин., промывка водой через фильтр.
- 2) Глауконит + 30 л 0,1 М HCl – перемешивание в течение 20 мин., промывка водой через фильтр до уровня pH 5-6.
- 3) Глауконит + 30 л 3 М NaCl – перемешивание в течение 60 мин., промывка водой через фильтр.
- 4) Сушка глауконита при температуре 65 °С.

Результаты исследования. Концентрат глауконита предварительно был подготовлен – переведен в натриевую форму. Одновременно он был промыт от загрязнений и просушен при температуре 65 °С. Предварительная обработка глинистых минералов рекомендована для предотвращения вымывания в растворах большого количества катионов Mg^{2+} или Ca^{2+} [6]. Моделирование процесса очистки воды от катионов жесткости и металлов-загрязнителей было проведено в следующем порядке:

- 1) в емкость помещали 30 л воды с растворенными хлоридами металлов в следующих концентрациях:

$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,506 г/л, соответственно $m(\text{Mg})$ – 5 ммоль-экв/л;

CaCl_2 – 0,276 г/л, $m(\text{Ca})$ – 5 ммоль-экв/л;

$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 2,686 мг/л, $m(\text{Cu})$ – 1,0 мг/л, ПДК_{Cu} = 1,0 мг/л [7];

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,283 мг/л, $m(\text{Ni})$ – 0,07 мг/л, ПДК_{Ni} = 0,1 мг/л [7].

2) В емкость с раствором помещали 1,5 кг глауконита (в Na-форме) и перемешивали 40 мин.

3) Раствор фильтровали, глауконит подсушивали при температуре 65 °С.

Такая обработка приводит к замещению протонов в (–ОН)- обменных центрах, а также к увеличению межплоскостного расстояния в структуре глауконита. В дальнейшем Na-форма наиболее хорошо диспергируется при перемешивании, а катионы Na⁺ легко заменяются ионами иных форм.

В таблице 1 представлено содержание некоторых элементов в исходном глауконите и в прошедшем технологическую обработку. Очевидно, что после подготовительной обработки в минерале изменилось содержание элементов и их соотношение. Особенно заметно уменьшилось количество таких макроэлементов, как кальций, магний и калий. Структурно глауконит представляет собой смесь микроагрегатных зерен размером от 0,5 до 0,001 мм, часть которых, возможно, самых мелких, при подготовке неизбежно теряется.

1. Содержание элементов в концентрате глауконита (50%)

Элементы	Содержание в исходном глауконите	Содержание в отработанном глауконите
Ед. измерения	мкг/г	мкг/г
V	47,2 ± 1,0	57,0 ± 4,6
Cr	74,5 ± 8,2	66,5 ± 6,1
MnO	179,2 ± 4,8	192,3 ± 14,6
Co	19,9 ± 1,4	25,0 ± 7,6
Ni	21,7 ± 3,1	19,8 ± 1,1
Cu	26,5 ± 4,3	37,4 ± 2,0
Zn	49,9 ± 17,4	96,9 ± 6,0
Sr	227,3 ± 16,7	282,0 ± 9,8*
Pb	39,2 ± 0,2	97,9 ± 8,4**
Ед. измерения	мг/г	мг/г
Fe ₂ O ₃	49,9 ± 1,8	49,6 ± 2,0
P ₂ O ₅	1,93 ± 0,2	1,83 ± 0,1
Al ₂ O ₃	0,95 ± 0,36	2,07 ± 0,97
TiO ₂	3,80 ± 0,01	3,84 ± 0,15
CaO	3,73 ± 1,43	1,66 ± 0,06
K ₂ O	17,3 ± 0,3	16,4 ± 0,4
MgO	2,39 ± 0,3	1,43 ± 0,1*

* p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01.

Подготовленный глауконит (в Na-форме) в количестве 10 г поместили в 100 мл модельного раствора с повышенным содержанием катионов жесткости (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и металлов-поллютантов (Cu^{2+} , Ni^{2+}). Наибольшее влияние на уровень жесткости воды оказывает количество катионов кальция, несколько в меньшей степени – магния. Катионы стронция, железа и марганца также оказывают влияние на жесткость воды, однако их вклад в общую жесткость воды так мал, что на практике обычно пренебрегают их значениями.

После перемешивания модельного раствора с глауконитом с помощью магнитной мешалки в течение 40 минут при комнатной температуре был проведен анализ состава раствора методами титрования и спектроскопии. Результаты представлены в табл. 2.

Наибольший сорбционный эффект отмечен в отношении меди – после экспозиции с глауконитом в растворе осталось 13,4% от ее исходной концентрации. Количества ионов никеля, кальция и магния уменьшились соответственно до 63, 68 и 72% от исходных.

2. Сорбционные свойства глауконита в процессе очистки воды от катионов жесткости и ионов других металлов

Ионы, мг/л	Раствор № 1 (исходный)	Раствор № 2 (после очистки)
Ca^{2+}	100	68
Mg^{2+}	129,6	93,6
Cu^{2+}	0,47165	0,06331
Ni^{2+}	0,04051	0,02572
Zn^{2+}	1,9177	0,06535
Fe^{3+}	0,09217	0,05208
Pb^{2+}	0,01145	0,01743
Mn^{2+}	0,01639	-

Поскольку емкость, в которой происходило смешивание модельного раствора и глауконита, была изготовлена из оцинкованного железа, то в исходном растворе были обнаружены небольшие концентрации цинка и железа, а также следовые количества свинца и марганца. После обработки глауконитом содержание железа в растворе уменьшилось на 43%, цинка – на 96%, а марганца – на 100%. В результате перемешивания глауконита в растворе незначительно увеличилось содержание свинца, что также было связано с использованием металлических емкостей и мешалки.

Заключение. Теоретическое изучение сорбционных свойств глауконита Бондарского месторождения позволяет научно обоснованно применять его в практической деятельности, в том числе расширить арсенал кормовых добавок для животноводства на его основе. Разработанный способ модификации глауконита позволяет использовать минерал в качестве кормового энтеросорбента для сельскохозяйственных животных. Такие добавки-сорбенты способствуют выведению металлов-токсикантов, попадающих в организм животных в избыточном количестве через воду и корма, что обеспечивает получение экологически безопасной продукции животноводства, необходимой для питания населения.

Список литературы и источников

1. Атлас нетрадиционных видов агрохимического минерального сырья СССР / П. О. Абламатов и др. – М. : Недра, 1989. – 64 с.
2. Николаева, И. В. Кристаллохимические особенности минералов группы глауконита в решении вопросов палеографии, геохронологии и эволюции осадконакопления / И. В. Николаева, Э. В. Бородаевская, Г. А. Голубова // Кристаллохимия минералов и геологические проблемы. – М. : Наука, 1972. – С. 69 – 74.
3. Использование глауконита Бондарского месторождения в качестве безрегенерационного сорбента при умягчении питьевых и котельных вод / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, О. Б. Филиппова и др. // Вестник ТГУ Сер. Естественные и технические науки. – 2015. – Т. 20, Вып. 6. – С. 1816 – 1829.
4. Глауконит как экологически безопасный сорбент для умягчения питьевой и питательной котельной воды / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, О. Б. Филиппова, и др. // Химическая технология. – 2016. – Т. 17, № 3. – С. 129 – 137.
5. Chemical and thermal modification of natural HEU-type zeolitic materials from Armenia, Georgia and Greece / G. E. Christidis, D. Moraetis, et al. Keheyan E. // Applied Clay Science. – 2003. – V. 24, № 1-2. – P. 79 – 91.
6. Тарасевич, Ю. И. Адсорбция на глинистых минералах / Ю. И. Тарасевич, Ф. Д. Овчаренко. – Киев : Наукова думка, 1975. – 352 с.
7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26 сентября 2001 г. № 24). – URL : <http://www.vashdom.ru/sanpin/2141075-01/>

S. V. Yegorova, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor, Coordinator of the Profile
“Grain Processing Technologies»,
V. G. Kulakov, Ph. D. Student, Head. Lab., **I. R. Mirakov**, Ph. D. Student
(K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University), Moscow, Russia)

THE CONCEPT OF CREATING ENRICHED GRAIN PRODUCTS IN THE STRATEGY OF FORMATION OF VIEWS ON FOOD FUTURE IN THE WORLD SPACE

Abstract. The design of new grain products forms the views of scientists on the creation of “food of the future”. The development of new integrated technologies contributes to the attraction of new labor resources, economic development of countries, prevention of migration. The introduction of natural food additives into the formulation of baked grain products from rice flour creates prerequisites for the production of new enriched products. Further research will change the theoretical and practical concepts in the field of functional and specialized grain products through the introduction of personalization principles. The application of the experience of diagnosing the early rejection of the human genetic passport and the use of the principles of nutrigenomics will allow the obtained information to be included in the development of personalized dietary nutrition with grain and plant products. The research is becoming important for the gerontological nutrition of people and patients with Alzheimer's disease. It is natural that the future of generations is inextricably linked with moving forward to new world transformative projects that closely connect all areas of knowledge: technical, economic and humanitarian, science and practice, innovation.

Keywords: grain, grain production, food future, food security.

1. Introduction

For the purpose of rational use of grain raw materials and physical availability of the product according to individual, personal characteristics, an important role is the formation of views on the design of new grain products. To create the “food of the future”, new integrated technologies are needed to attract new labor resources, economic development of countries, prevention of migration of the population [1].

Forming views on “food of the future” it is necessary to consider strategic aspects of its production based on rationality, safety and availability.

When considering the improvement of the formulation of baked breakfasts from rice flour, special attention should be paid to the introduction of food additives into the formulation [2]. Since rice flour itself is not a rich source of vitamins and minerals, and in the production and may lose some of them, we investigate the introduction of various food additives in the formulation to improve the nutritional value of the final product.

On the basis of research the preconditions for the creation of new enriched products line “baked Breakfast of rice flour – enriched.”

Studying the modern food additives used in the production of baked breakfasts from rice flour, we note that the impact is aimed at three main functions, consisting of:

- increasing the shelf life, in order to further transport them to different parts of the world;
- give the products are needed and nice features, nice color, attractive flavor and aroma, thick consistency;
- increase nutritional value.

With the development of production technology of baked Breakfast rice flour special attention was paid to the possibility of the use of this product all the groups. So we got ready and functional products, which analogues do not exist.

2. Material and methods

2.1. Foodadditive

Natural food additives introduced into the recipe of baked breakfasts from rice flour in order to increase their nutritional value and functionality are considered.

Food additive chlorophyll is a natural dye, obtained from plants, algae. Chlorophyll is good for human health. It is proved that it has anti-cancer properties, due to the ability to reduce the activity of enzymes that cause the transformation of some chemicals into destructive.

Plant chlorophyll is an essential element for the removal of various toxins from the human body.

By combining this food Supplement with rice products, we get an incredible product that has a huge number of beneficial factors for the body:

- cancerprevention;
- cardiovasculardisease;
- useful for people with gastrointestinal problems.

In addition, rice products will get a beautiful olive color.

Dietary Supplement β -carotene-yellow-orange plant pigment, unsaturated hydrocarbon from the carotenoid group. It is a powerful antioxidant. It is found in many vegetables and fruits. Also, this additive can be obtained by synthetic means, naturally all its useful properties disappear at once.

Therefore, we will consider only additives derived from vegetables and fruits such as carrots, sea buckthorn, apricots.

In the fruits of sea buckthorn found 15 trace elements, including iron, magnesium, manganese, boron, sulfur, aluminum, silicon, titanium.

100 grams of sea buckthorn fruit contains vitamins:

C (ascorbic acid) 54...316 mg;

P (bioflavonoids) 75...100 mg;

B1 (thiamine) 0.016...0.085 mg;

B2 (Riboflavin) 0,030...0,056 mg; B9 (folic acid) 0,79 mg; provitamin A (carotene) 0,9...10,9 mg; E (tocopherol) 8...18 mg;

vitamin K group (phylloquinones) 0.9...1.5 mg [3].

The special value of sea buckthorn is that it is able to maintain its useful and therapeutic properties even after heat treatment.

Food additive milk whey is a derivative product from milk. It is formed after folding milk in the form of liquid. This additive is low-calorie (only 20 kcal per 100 grams of product) and has a huge number of useful properties. Included in the whey serotonin helps fight bad mood and has a sedative effect on the nervous system.

Dietary Supplement "beet Extract" promotes the splitting and assimilation of animal and vegetable proteins, takes part in the formation of choline, which improves the functioning of liver cells. Betaine increases the strength of capillaries, removes vascular spasms.

Food additive has a high anti-radiation and anti-carcinogenic effect. The dye betanine prevents the development of cancer and the formation of malignant tumors. In the human body, betaine is absorbed from the gut and acts as an antioxidant, protecting the body's cells.

The dye is sensitive to light and heat, and when they are exposed to disintegrates. Therefore, the food additive is mainly used in frozen or dried products, as well as in products with a short shelf life.

Food additives should be introduced into the formulation in liquid form, when mixing all the components.

2.2. Methods of production of baked breakfasts from rice flour with natural additives

The dough for baked breakfasts from rice flour is prepared in a non-stick batch method in a kneading machine. When kneading the dough in the bowl kneading machine batcher liquid components fed solutions of food additives and warm water. Stir for 2 minutes. The batcher of free-flowing components serving the rice flour and the recipe provided in dry food additives.

The initial test temperature 30...32 °C, humidity 26%.

Next, the dough is fed to the dough machine, where first a layer of dough is formed with the help of rollers. Also, this dough sheeter is provided for cutting the dough layer into the necessary shapes.

The finished dough pieces are fed to the tunnel oven. The advantage of this furnace is that it can be installed in different areas of the required temperature and humidity. Baking is carried out in a baking chamber with moisture in the first zone of the oven. In the zone of high temperatures 270...290 °C, the environment of the baking chamber is not moistened, the previously moistened test billet, getting into this zone, first slightly increases in volume, and then the achieved volume of the billet is quickly fixed with the formation of a solid crust. In the last baking zone, the temperature is 120 °C in it, the processes of crumb and crust formation continue and end. The total duration of the bake 16 – 20 minutes.

Further, the finished products come to the conveyor table, where the control of marriage. With the help of the conveyor, the products are fed to the device for packing and packing products.

From research methods used standard-to determine the composition of proteins, lipids and carbohydrates, as well as modern instrumental methods for assessing the qualitative composition of raw materials, food additives and finished products.

The recipe and mode of preparation of the test are presented in table 1.

Physical and chemical indicators of the quality of baked rice breakfasts presented in table 2.

Table 1. The recipe and the cooking mode test

Name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Raw material consumption and process parameter
	dough
Riceflour, kg	72,0
Water, kg	12,12
Humidity,%, notmore	29,0
Temperature, °C	30...32

Table 2. Physical and chemical indicators of the quality of baked rice breakfasts

Name of indicator	Value of indicator
Humidity, %, notmore	11,0
Alkalinity, degrees, notmore	1,5
Acidity, degrees, notmore	–
Mass fraction of ash insoluble in 10-th hydrochloric acid solution, %, nomorethan	0,1

Quality indicators were determined in several repetitions, in table 2 average values are specified.

The nutritional and energy value of cooked baked breakfasts from rice flour are presented in table 3.

Table 3. Food and energy value of ready baked Breakfast from rice flour

Name	Per 100 g of product:
Proteins	3,3
Fats	8,3
Carbohydrates	80,0
Calories	19.4% of daily value

The amount of energy received by a person from the food components of baked breakfasts from rice flour is 19.4% of the daily caloric intake.

1.3. Experimental development of dosage of food additives in baked breakfasts

The introduction of various food additives in the formulation is analyzed.

Three samples of baked products from rice flour with a mass fraction of the introduced food additive “Chlorophyll” equal to 3%, 5%, 8% are considered. The studied samples were assigned the following designations:

1. Baked products with 3% whey-PH-3 (best option);
2. Baked goods with 5% whey-MS-5;
3. Baked goods with 8% whey-MS-8.

Tasting evaluation of organoleptic properties of the finished product was carried out on a fifteen-point scale, the results of which are presented in table 4.

Analysis of organoleptic characteristics of the finished product with different amounts of food additive “Chlorophyll” in the form of a diagram of evaluation of samples on four grounds (appearance, color, taste and smell, consistency) is shown in fig. 1.

With an increase in the content of the food additive “Chlorophyll” in samples from 3 to 8%, an increase in the saturation of taste and smell occurs. Also, other signs of organoleptic characteristics change significantly. The introduction of 3% of the food additive “Chlorophyll” to the total mass of flour stains the product in a delicate olive color, which attracted this percentage of tasters. Adding 5% or 8% of the food additive significantly changes the consistency of the product, color and taste.

Table 4. Tasting evaluation of samples of rice cookies with food additive “Chlorophyll”

Maximums core	Organoleptic characteristic	PH-3	PH-5	PH-8
4	Appearance	4	3	3
3	Color	4	4	3
5	Taste and smell	4	3	2
3	Consistency	3	2	3
Sub total		15	12	12

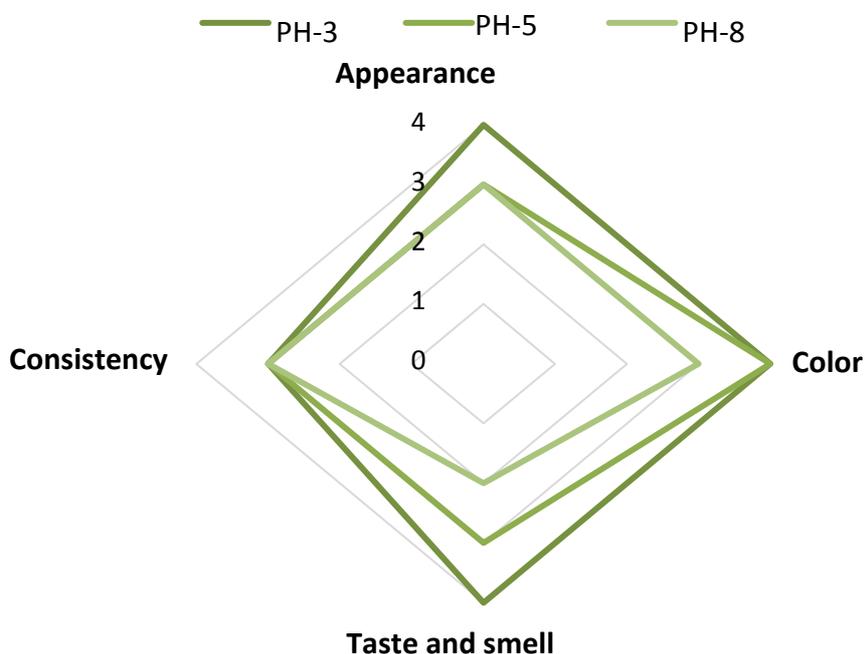


Fig. 1. The results of the taste evaluation of samples of cooked rice products with different contents of dietary supplements “Chlorophyll”

The paper considers three samples of rice breakfasts with a mass fraction of the introduced sea buckthorn juice equal to, 10%, 15%, 20%.

The studied samples were assigned the following designations:

1. Baked rice Breakfast with 10% sea buckthorn juice-OS-10;
2. Baked rice Breakfast with 15% sea buckthorn juice-OS-15 (bestoption);
3. Baked rice Breakfast with 20% sea buckthorn juice – OS-20.

Tasting evaluation of organoleptic properties of the finished product was carried out on a fifteen-point scale, the results of which are presented in table 5.

Analysis of the organoleptic characteristics of the finished product with different addition of sea buckthorn juice is presented in the form of a diagram of evaluation of samples on four grounds (appearance, color, taste and smell, consistency) in fig. 2.

Table 5. Tasting evaluation of samples of baked products with sea buckthorn juice

Maximumscore	Organoleptic characteristic	OS-10	OS-15	OS-20
4	Appearance	4	4	4
3	Color	2	2	4
5	Taste and smell	3	4	5
3	Consistency	3	3	2
Sub total		12	13	15



Fig. 2. The results of the tasting evaluation of the samples of rice Breakfast with different percentages of sea buckthorn juice

Adding sea buckthorn juice in any percentage equivalent had a strong impact on the organoleptic quality of the finished product. With increasing dosage of sea buckthorn juice, rice cookies became more yellow, enhanced sweet and sour taste of sea buckthorn. When adding 20% sea buckthorn juice to the recipe, the consistency of the finished product has changed greatly. The product was too viscous.

The paper considers three samples of baked products from rice flour with a mass fraction of the introduced whey equal to 8 %, 10%, 12%. The studied samples were assigned the following designations:

1. Baked goods with 8% whey-MS-8;
2. Baked goods with 10% whey-MS-10;
3. Baked goods with 12% whey-MS-12 (best option).

Tasting evaluation of organoleptic properties of the finished product was carried out on a fifteen-point scale, the results of which are presented in table 6.

Analysis of the organoleptic characteristics of the finished product with different amounts of whey is presented in the form of a diagram of evaluation of samples on four grounds (appearance, color, taste and smell, consistency) in fig. 3.

Table 6. A tasting of samples of rice cakes with milk serum

Maximum score	Organoleptic characteristic	MS-8	MS-10	MS-12
4	Appearance	3	4	4
3	Color	3	3	3
3	Taste and smell	2	2	3
3	Consistency	3	2	4
	Sub total	10	11	14

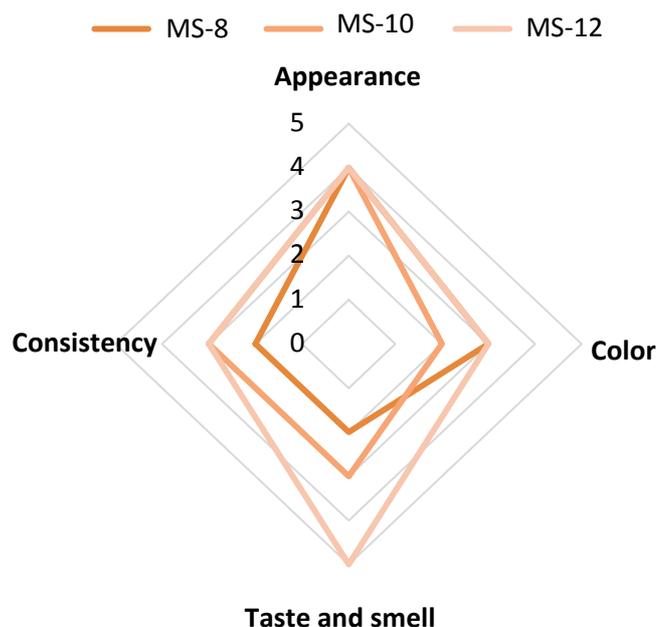


Fig. 3. The results of the taste evaluation of samples of cooked rice products with different contents of milk whey

With an increase in the content of whey in samples from 8 to 12% there is an increase in the saturation of taste and smell. Other signs of organoleptic characteristics change slightly.

Adding 8% whey has virtually no effect on the organoleptic properties of the product, an increase of up to 10% leads to a pleasant taste of whey, 12% whey is finally noticeable rich pleasant taste, reminiscent of the taste of ice cream.

In this paper, three samples of baked products from rice flour with a mass fraction of the introduced beet extract equal to 2%, 5%, 6% will be considered. The studied samples were assigned the following designations:

1. Baked goods with 2% beet Extract additive-ES-2 (bestoption);
2. Baked goods with 5% beet Extract additive-ES-5;
3. Baked products with 8% additives “beet Extract”-ES-8.

Tasting evaluation of organoleptic properties of the finished product was carried out on a fifteen-point scale, the results of which are presented in table 7.

Analysis of the organoleptic characteristics of the finished product with a different amount of food additives “beet Extract” is presented in the form of a diagram of evaluation of samples on four grounds (appearance, color, taste and smell, consistency) in fig. 4.

Table 7. A tasting of samples of rice cakes with beetroot extract

Maximums core	Organoleptic characteristic	ES-2	ES-5	ES-8
4	Appearance	4	3	2
5	Color	5	3	2
3	Taste and smell	3	2	1
3	Consistency	3	2	1
Sub total	10	15	10	6

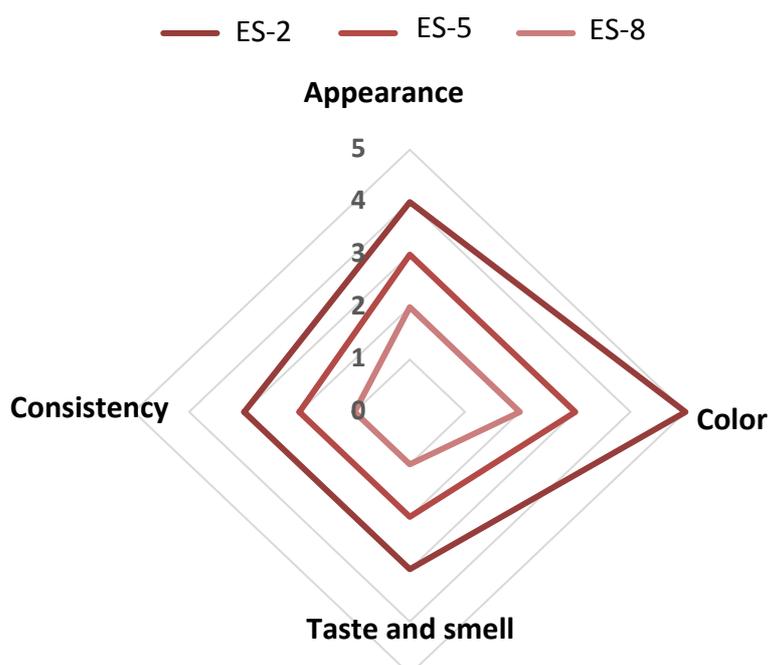


Fig. 4. The results of tasting evaluation of samples of baked rice products with different content of beet extract

With an increase in the content of beet extract in samples from 2 to 8% there is a sharp increase in the saturation of taste, color and smell. The introduction of 2% of the food additive “beet Extract” gives the products a gentle slightly red color, the taste of these products have a sweet taste, peculiar to beets. When added to the formulation of additives from 5% to 8% of beet extract, the products acquire a red saturated color, but the taste of the products is bitter and the crumb is not baked.

3. Results and discussion

50 tasters took part in the organoleptic analysis of the samples. The distribution of preferences of these tasters is clearly presented in the form of the following diagram (fig. 5).

As can be seen from figure 5, the largest number of tasters prefer a sample with 3% of the food additive “Chlorophyll”.

Organoleptic characteristics of baked products from rice flour with whey are presented in table 8.

Studied and considered the prerequisites for the creation of new functional products and developed a recipe for an enriched product called “Baked Breakfast of rice flour with food additive “Chlorophyll” consisting of 3% of the total mass of flour.

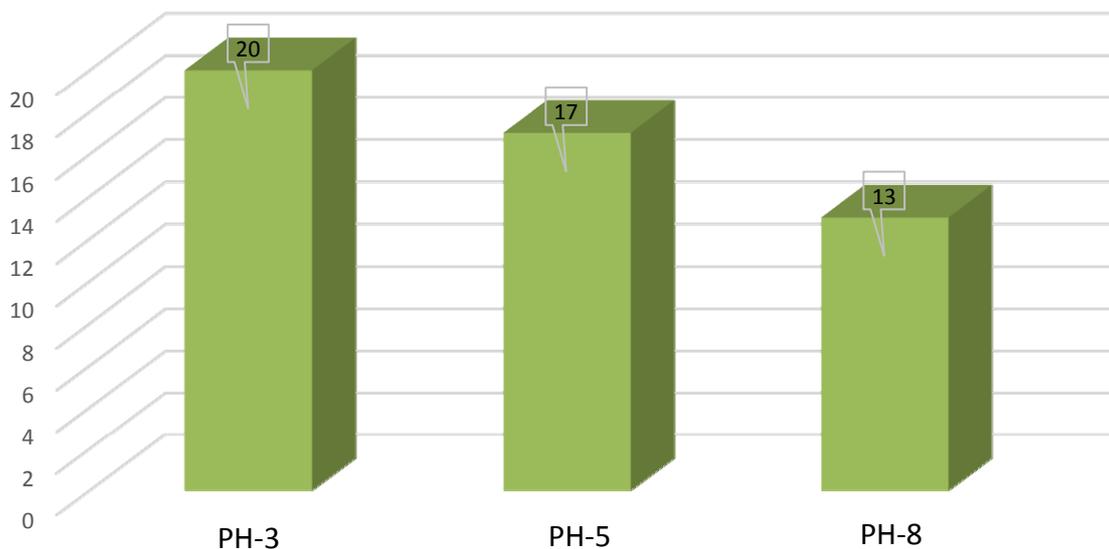


Fig. 5. Results of organoleptic analysis of samples of baked rice flour products with different content of “Chlorophyll food additive”

Table 8. Organoleptic characteristics of rice products with food additive “Chlorophyll”

Appearance	Products are baked evenly, without sharp bends and cracks
Color	On the surface – from light olive to olive, in the section-light olive
Taste and smell	Characteristic of baked products from rice flour, with a delicate taste and smell
Consistency	Crispy, easy to chew

By adding carotene to baked breakfasts, we improve not only the taste but also the nutritional value of our products.

50 tasters took part in the organoleptic analysis of the samples. The distribution of preferences of these tasters is clearly presented in the form of the following diagram (fig. 6).

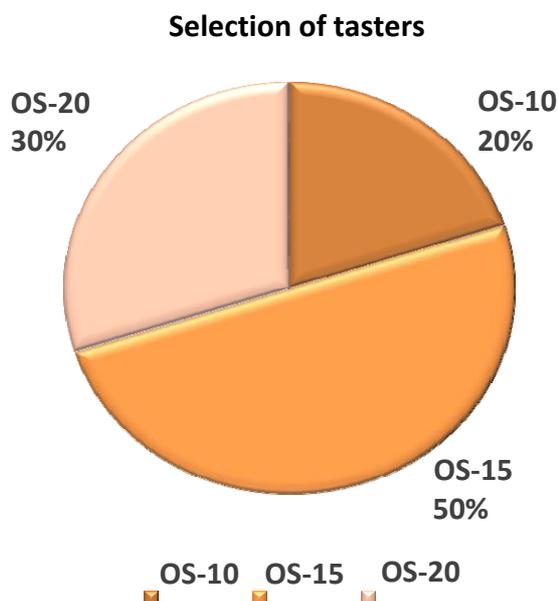


Fig. 6. The results of the sensory analysis tasters

Table 9. Organoleptic characteristics of baked rice cookies with sea buckthorn juice

Appearance	The product is porous, with smooth way, without the explosions
Color	On the surface – orange brilliant color, in the section-light yellow
Taste and smell	Characteristic of rice products, with a pronounced sea buckthorn smell, and a pleasant sweet and sour taste
Consistency	Crispy

As can be seen in figure 6, the largest number of tasters prefer a sample with the addition of 15% sea buckthorn juice.

Table 9 shows the results of a cooked Breakfast of rice flour with 15% sea buckthorn juice.

Based on the analysis, we got a ready functional product “Baked Breakfast of rice flour With I-carotene: for therapeutic and preventive nutrition. The study was based on literary sources, tasting among the population and organoleptic and physico-chemical parameters. This product is completely ready for use.

50 tasters took part in the organoleptic analysis of the samples. The distribution of preferences of these tasters is clearly presented in the form of the following diagram (fig. 7).

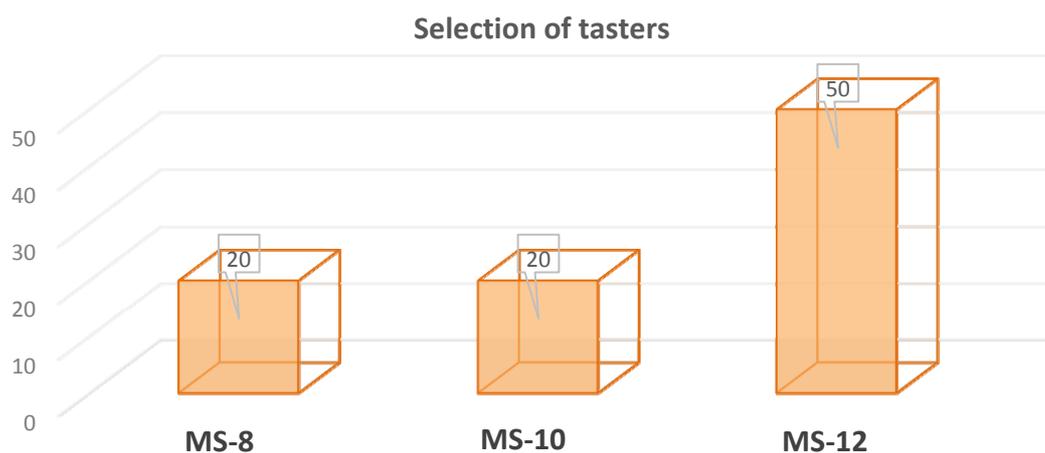


Fig. 7. Results of organoleptic analysis of samples of baked rice flour products with different content of whey

As can be seen from figure 7, the largest number of tasters prefer a sample with 12% whey.

Organoleptic characteristics of baked products from rice flour with whey are presented in table 10.

On the basis of the analysis of literary sources, the prerequisites for the creation of new functional products are studied and considered and the formulation of the enriched product called “Baked Breakfast of rice flour with whey” is developed.

There is a main disadvantage in the production of this product – people with lactose intolerance will not be able to choose it to their consumer basket. Despite the huge amount of nutrients contained in this rice Breakfast, we have a number of customers who will not choose this product.

50 tasters took part in the organoleptic analysis of the samples. The distribution of preferences of these tasters is clearly presented in the form of the following diagram (fig. 8).

Table 10. Organoleptic characteristics of rice products with whey

Appearance	Grains of expanded, porous
Color	On the surface – from cream to light yellow corresponding to the color of milk powder serum, in terms of – white
Taste and smell	Characteristic of baked wheat, with a pronounced taste and smell of whey powder, reminiscent of a pleasant taste of ice cream
Consistency	Crispy, easy to chew

Selection of tasters

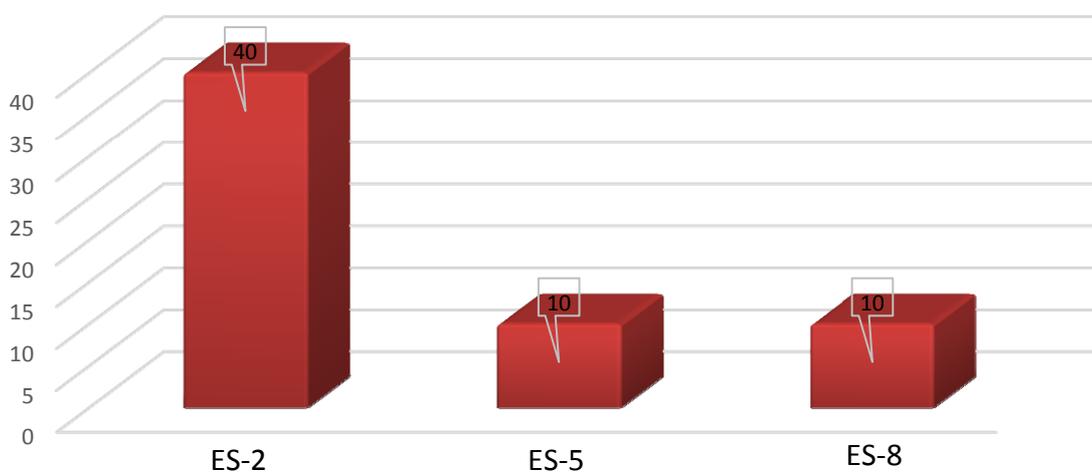


Fig. 8. Results of organoleptic analysis of samples of baked rice flour products with different content of “beet Extract”

As can be seen from figure 8, the largest number of tasters prefer a sample with the addition of 2% of the food additive "beet Extract" to the total mass of flour.

Organoleptic characteristics of baked rice flour products with beet extract are presented in table 11.

Table 11. Organoleptic characteristics of rice products with beet extract

Appearance	The product without explosions and cracks
Color	On the surface – a rich Burgundy color, typical of the natural color of beets, in the section-light red
Taste and smell	Characteristic of baked rice products with a pronounced sweet taste of beets
Consistency	Crispy, easy to chew

When modeling recipes for baked cereal breakfasts, the task was to optimize the chemical composition of finished products so as to equalize the ratio of protein to fat in them, as well as optimize the ratio of essential amino acids and fatty acids [6].

Thus, the task was to select the mass fractions of prescription components so that the product would meet the following conditions:

- the ratio of the mass fraction of protein to the mass fraction of fat should be 1.27

$$\sum_{j=1}^m b_j^a x_j \Big/ \sum_{j=1}^m b_j^k x_j = 1,27,$$

where b_j^a, b_j^k – where is the mass fraction of protein and fat, respectively, in the j -th prescription component; x_j – mass fraction of the j -th component of the formulation; m – is the number of components in the formulation;

- the ratio of the mass fraction of the amino acid lysine to the mass fraction of amino acids methionine + cystine should tend to unity

$$\sum_{j=1}^m [a_{liz} - (a_{met} + a_{cis})] b_j^a x_j \leq eps,$$

where $a_{liz}, a_{met}, a_{cis}$ – mass fractions of amino acids lysine, methionine and cystine, g / 100 g protein.

- the mass fraction of amino acid tryptophan should be less than 1 g / 100 g of protein

$$\sum_{j=1}^m a_{mpn} b_j^a x_j \geq 1,$$

where a_{mpn} – is the mass fraction of the amino acid tryptophan, g / 100 g of protein.

- the ratio of the mass fractions of NLC, MFA and PUFA should correspond to the next row of numbers 3: 6: 1

$$6 \sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^k x_j = 3 \sum_{k=8}^{10} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^k x_j;$$

$$\sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^k x_j + \sum_{k=8}^{10} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^k x_j = \sum_{k=11}^{13} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^k x_j,$$

where $k = 1 \dots 7$ – corresponds to the NLC; $k = 8 \dots 10$ – MFA; $k = 11 \dots 13$ – PUFA; q_{kj} – mass fraction of the k -th fatty acid in the j -th component of the formulation, g / 100 g of fat.

- As the target function was taken the criterion of amino acid compliance

$$P(A) = \sum_{k=1}^n \left(A_k^0 - \frac{\sum_{j=1}^m a_{ki} b_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^m b_{ij} x_j} \right)^2 \rightarrow \min$$

where a_{ki} – the specific content of the k -th monostructural ingredient in the i -th element of the chemical composition; b_{ij} – the specific content of the i -th element of the chemical composition in the j -th prescription component of the designed product.

4. Conclusion and perspectives

Further research will allow to change theoretical and practical ideas in the field of functional and specialized grain products, through the introduction of personalization principles [4]. The application of the experience of diagnosing the early deviation of the human genetic passport and the use of the principles of nutrigenomics, will allow to determine the various modifications of genes and the information obtained to include in the development of personalized dietary nutrition with grain and plant products, including gerontological nutrition and for people with Alzheimer's disease. This approach to nutrition will enable the correct selection of products and almost completely eliminate the risks of some genetically possible diseases, as well as allow the use of properly selected as a treatment, prevention and preservation of health drugs.

Recent technological advances have led to an unprecedented understanding that each individual's genome is different and capable of producing different responses to food consumption. Variations in our genome affect the bioavailability and metabolism of nutrients. Quantification and inclusion of all factors in a comprehensive approach to personalized nutrition will allow you to regulate your diet in a safe mode for the body.

Of particular importance is nutrigenomics, which studies the interaction between nutrition and genes, justifying a scientific approach to improving public health through the use of “proper food”. The interaction of biologically active components of crops and their products with human genes at the molecular cellular and systemic level will help to understand how the diet can be used to prevent and treat the disease. There is already experience and statistical data on dietary nutrition of grain and plant products of people with Alzheimer's disease [5].

The global practice of ensuring food safety is the development, implementation and maintenance of a food safety management system based on the principles of risk analysis and critical control points (HACCP).

Thanks to technological advances and growing diversity, as well as awareness of food variation, the risk of disease is increasing. Public recognition of genetic testing and genome research for disease prevention is the predominant factor for building a personalized diet.

Thus, the future of generations is inextricably linked with moving forward to new world-transforming projects that closely connect all areas of knowledge: technical, economic and humanitarian, science and practice, innovation.

References

1. Smirnov, M. S. Research on cyclic grain drying / M. S. Smirnov, V. I. Lysenko, S. V. Yegorova // Journal of Food Engineering. – 1993. – T. 18, № 2. – 3. 201 – 210.
2. Pat. № 2653069 Russian. Production of quick-cooking cereals from gluten-free raw materials enriched with vegetable additives / S. V. Egorova, V. G. Kulakov, I. G. Stepanova ; from 20.06.2017.
3. Vasilyeva, N. A. Biochemical composition and technological evaluation of the Buryat sea buckthorn varieties / N. A. Vasilyeva, N. To. Guseva, Y. M. Batueva // Successes of modern natural science. – 2016. – № 1. – P. 61 – 65
4. Pat. № 2662184 Russian. Methods of production of grain bars for functional and specialized food / S. V. Egorova, V. G. Kulakov, R. S. Rostegaev, M. M. Patsaev.

5. Kulakov, V. G. Application of extracted proteins from vegetable raw materials in functional and specialized nutrition / V. G. Kulakov, S. V. Kapustin // Vegetables of Russia. – 2017. – № 5(38). – P. 84 – 87.

6. Kulakov V. G. application of extracted proteins from vegetable raw materials in functional and specialized nutrition / V. G. Kulakov, S. V. Kapustin // Vegetables of Russia. – 2017. – № 5(38). – P. 84 – 87.

7. Reznikova, L. G. Influence of chicory products on the properties of wheat mead and quality of bread / L. G. Reznikova, V. D. Malkina, A. A. Slavyansky // Storage and processing of agricultural products. – 2009. – № 4. – P. 45 – 48.

С. В. Егорова, канд. техн. наук, доц., координатор профиля «Технологии переработки зерна», **В. Г. Кулаков**, заведующий лабораторией, аспирант, **И. Р. Мираков**, аспирант (Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ОБОГАЩЕННОЙ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ БУДУЩЕМ В МИРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Аннотация. Дизайн новых зерновых продуктов формирует взгляды ученых на создание «продуктов питания будущего». Развитие новых интегрированных технологий способствует привлечению новых трудовых ресурсов, развитию страны, предотвращению миграции. Введение натуральных пищевых добавок в рецептуру хлебобулочных изделий из рисовой муки создает предпосылки для производства новых обогащенных продуктов. Дальнейшие исследования изменят теоретические и практические концепции в этой области функциональных и специализированных зерновых продуктов за счет внедрения принципов персонализации.

Применение опыта диагностики раннего отторжения генетического паспорта человека и использование принципов нутригеномики позволит включить полученную информацию в разработку персонализированного диетического питания с зерновыми и растительными продуктами. Исследование становится важным для геронтологического питания людей и больных болезнью Альцгеймера. Естественно, что будущая смена поколений неразрывно связана с переходом к новым мировым трансформационным проектам, которые тесно связывают все области знаний: техническую, экономическую и гуманитарную, науку и практику, инновации.

Ключевые слова: зерно, производство зерна, продовольственное будущее, продовольственная безопасность.

ПРОБЛЕМЫ ГЕОРЕСУРСОВ, ЭКОСИСТЕМ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

В. В. Алексеев, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой
«Информационные системы и защита информации»,

М. В. Моисеева, аспирантка кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Оценка рисков экологической безопасности является ключевой проблемой. Необходимо точно и своевременно определять риски и реагировать на угрозы экологической безопасности. В данной работе предлагается обзор методов оценки риска экологической безопасности с использованием информационных технологий.

Ключевые слова: нейросети, экологическая безопасность, оценка рисков.

В современном мире нельзя недооценивать значимость информационных технологий. В экологической сфере применяют системный подход, который помогает проанализировать техногенные риски. Для прогнозирования используют методы системного анализа, методы принятия решений, многокритериальной оптимизации и другие.

В сфере экологической безопасности важным аспектом является теория экологического риска. Он определяется степенью вредного воздействия на здоровье населения. Экологический риск – вероятность неблагоприятных последствий любых (преднамеренных и случайных, постепенных и катастрофических) антропогенных изменений природных систем, объектов и факторов оценивается расчетной величиной вероятности негативного события, например, смертельного исхода при катастрофе, аварии, вероятности заболевания при загрязнении воздуха и т.д. [1].

Согласно концепции безопасности населения и окружающей среды практическая деятельность управления риском должна быть построена так, чтобы сумма благ была равномерно распределена [1].

Общая методология оценки риска здоровью достаточно хорошо отработана в наши дни. Но стоит отметить, что возникают теоретические и практические проблемы, связанные с конкретной реализацией каждого этапа методологии. Всего существует 4 основных этапа процедуры оценки риска здоровью:

- идентификация опасности;
- оценка экспозиции;
- выявление зависимости «доза–эффект»;
- характеристика риска.

Анализ методик и подходов выявил, что наиболее конкретного развития требует этап выявления зависимости «доза–эффект». Для обеспечения возможности реализации этого

подхода необходимо использовать современные вычислительные и информационные технологии. Если же использовать специализированную нормативную базу, то это повлечет за собой большой объем временных и финансовых затрат.

Возможность ретроспективного анализа и прогноз перспективной ситуации является большим преимуществом данного подхода. Система оценки риска подходит для системы общего управления и принятия решений исходя из того, что риск может измеряться и иметь стоимость [2].

Существует несколько способов. Например, с помощью средств математического моделирования можно построить уравнение регрессии и определить влияние каждого фактора. Другой способ заключается в использовании многофакторного регрессионного анализа и базируется на динамической информации за определенное время на определенной территории.

Однако модели не учитывают реакцию системы на возмущающие и управляющие воздействия. Поэтому существует вариант использования нейросетевых технологий. Нейросети позволяют обрабатывать большие объемы данных, достаточно быстро устанавливать взаимосвязи между входными и выходными параметрами. Но расчеты, выполненные на основе нейросетей, обладают высокой степенью неопределенности.

Таким образом, несмотря на неопределенность, метод анализа риска, основанный на нейросетях, позволяет получить информацию о степени опасности действующего или проектируемого объекта, выявить зоны, где необходимо ужесточение контроля. Большим преимуществом нейросетевых технологий является также то, что имеются все необходимые правовые и методические возможности для внедрения.

Список литературы и источников

1. Концепция экологического риска [Электронный ресурс] – URL : <https://studfiles.net/preview/6704452/page:2/>
2. Информационные технологии оценки экологической безопасности [Электронный ресурс] – URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/informatsionnye-tehnologii-otsenki-ekologicheskoy-bezopasnosti>

А. А. Артамонов, студент магистратуры, **В. В. Матюкин**, студент магистратуры,
В. Я. Борщев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Технологические процессы,
аппараты и техносферная безопасность»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

К ВОПРОСУ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

Аннотация. В результате анализа производственной деятельности промышленного предприятия установлены виды и количество отходов по различным производствам. Показано количество образующихся на предприятии отходов по классам их опасности для окружающей природной среды. Проведен анализ работы завода в области обращения с отходами и предложены некоторые рекомендации.

Ключевые слова: производство; отходы; работа с отходами.

В настоящее время одна из важнейших проблем, которая характерна практически для всех промышленных предприятий, заключается в разработке и реализации системы экологически безопасного обращения с отходами производства и потребления. Эффективное решение этой проблемы обуславливается как необходимостью выполнения требований законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды, так и уменьшения издержек при обращении с отходами [1].

Промышленные предприятия в своей деятельности по обращению с отходами производства и потребления должны в первую очередь ориентироваться на уменьшение их отрицательного воздействия на здоровье людей и окружающую природную среду. Как правило, промышленные отходы на предприятиях подвергаются следующим операциям в процессе работы с ними: сбор, использование, обезвреживание, транспортировка, хранение и захоронение. При этом условия и способы реализации данных операций быть безопасными для здоровья населения и окружающей среды.

Путем эффективной организации сбора, хранения и транспортировки отходов можно внести большой вклад в оздоровление окружающей среды [2 – 4]. Вследствие этого деятельность предприятий в области обращения с отходами имеет чрезвычайно важное значение.

Настоящая статья посвящена исследованию работы промышленного предприятия в области обращения с промышленными отходами на примере завода-филиала «Тамбовский ВРЗ» АО «ВРМ».

Основными видами деятельности предприятия являются капитальный ремонт пассажирских и грузовых вагонов, изготовление запасных частей подвижного состава, в том числе ремонт и новое формирование вагонных колесных пар. Кроме этого предприятие также имеет лицензию на осуществление деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов. Предприятие как объект, который оказывает негативное воздействие на окружающую среду, поставлено на государственный учет, и ему присвоена II категория.

В процессе производственной деятельности предприятия образуется достаточно большое количество твердых, жидких и газообразных отходов производства и потребления.

Объектом исследования настоящей статьи является хозяйственная деятельность цеха пассажирских вагонов завода и образующиеся в нем отходы производства.

Основная деятельность данного цеха заключается в демонтаже вагонов, ремонте диванов и полок, кресел для сидения, ремонте и испытании санитарно-технического оборудования, водяных баков, запорной арматуры и фитингов, бойлеров, ремонте котлов отопления и водяных баков, ремонте и испытании кипятильников и других мелких узлов.

В процессе производственной деятельности в цехе образуются как твердые и жидкие отходы, так имеет место выброс в воздух рабочей зоны различных вредных паров и газов. Такими загрязнителями окружающей среды, в частности, могут быть сварочный аэрозоль, испарения от гальванических ванн и т.д.

На первом этапе работы рассмотрим деятельность предприятия по очистке имеющихся на различных производственных участках цеха пылегазовых выбросов.

Для улавливания вредных газообразных выбросов на различных участках цеха успешно применяется различное улавливающее оборудование. Например, на участке производства сварочных работ у сварочных постов для улавливания сварочного аэрозоля установлены фильтровентиляционный агрегат ФВА-1200У и стационарные механические фильтры ФМВ-1000.

Основным видом деятельности цеха пассажирских вагонов являются окрасочные работы: грунтовка, шпатлевка, нанесение эмалей, лаков, морилки методом пневматического распыления, склеивание деталей и запчастей. На данном участке для улавливания окрасочного аэрозоля используются сетчатый и бумажный фильтры.

В цехе используется также пневматическая дробеструйная обработка стен пассажирских вагонов. При этом применяется стальная дробь многократного использования, которая в процессе обработки интенсивно изнашивается. Отработанная дробь и отходы дробеструйной обработки собираются и сортируются с помощью автоматической системы утилизации. Для улавливания образующейся при дробеструйной обработке пылевоздушной смеси к оборудованию подключен циклон ЦН-11 с эффективностью очистки 80%.

В процессе напыления деталей и запасных частей порошковой эмалью, в качестве которой применяют алюминиевый металлик, белый глянец, в воздух рабочей зоны возможно попадание твердых частиц порошковых материалов. Для их улавливания на данном участке используются два циклона ЦН-11.

Работа металлообрабатывающего оборудования (станки настольно-сверлильный, точильно-шлифовальный, маятниковый станок для порезки стальных труб, станок универсальный гибочный, станок для обдирки изоляции электропроводов, листогибочный станок) сопровождается значительным выделением абразивной пыли в окружающий воздух. Для ее улавливания на участке металлообработки используется пылеулавливающий агрегат ПУАВ-1000 с эффективностью очистки 93%.

Проведенный анализ свидетельствует, что на предприятии проводится определенная работа по улавливанию пылегазовых выбросов в местах их выделения. Однако, эффективность применяемого при этом оборудования достаточно низкая, что приводит к загрязнению воздуха рабочей зоны и окружающей среды вредными выбросами. Вследствие этого на предприятии необходимо провести замену устаревшего пылеулавливающего оборудования на более эффективное.

Основными жидкими и твердыми отходами производственной деятельности цеха пассажирских вагонов являются: незагрязненные отходы пленкоасбокартона; отходы растворителей на основе керосина, загрязненные оксидами железа и/или кремния; нефтяные промышленные жидкости, утратившие потребительские свойства, незагрязненные веществами 1 и 2 классов опасности; щелочные отработанные растворы обезжиривания поверхностей металлов, содержащие нефтепродукты; отходы стекловолоконной изоляции; отходы металлической дроби с примесью шлаковой корки; несортированные отходы, содержащие алюминий (в том числе алюминиевую пыль); незагрязненные отходы резиноасбестовых изделий; отходы песка от очистных и пескоструйных устройств; лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства и др.

В результате исследования установлено, что значительная часть образующихся на предприятии жидких и твердых отходов передается специализированным предприятиям, основным видом деятельности которых является сбор и вывоз промышленных отходов. С целью эффективной организации системы вывоза образующихся отходов на заводе заключены договоры с соответствующими предприятиями: ООО «КомЭк», ООО «Тамбовский Экологический Комбинат», ПАО «Пигмент». Кроме того, такие отходы как отработанная металлическая дробь с примесью шлаковой корки реализуется в ООО «Вторчермет-Инвест». Выработавшие свой ресурс ртутные, ртутно-кварцевые и люминесцентные лампы передаются для утилизации в ООО «ЭКПРО».

Таким образом, на предприятии работа в области обращения с отходами организована достаточно четко и отличается высокой эффективностью. В то же время только малая доля отходов перерабатывается и вторично используется на самом предприятии. Вследствие этого актуальность переработки и повторного использования отходов на предприятии сохраняется.

Список литературы

1. Об отходах производства и потребления : федер. закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ.
2. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов : учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 188 с.
3. Бобович, Б. Б. Переработка отходов производства и потребления : справочное издание / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткин ; под ред. Б. Б. Бобовича. – М. : «Интернет Инжиниринг», 2000. – 496 с.
4. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие / В. И. Сметанин. – М. : Колос, 2000. – 232 с.

**Ф. С. Балашов, В. В. Павлинов, А. Г. Тишкова,
И. В. Шашков, Л. В. Ромашкина**

(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ УПАКОВКИ ИЗ ПОЛИОЛЕФИНОВ

Аннотация. Рассмотрена проблема утилизации отходов упаковки из полиолефинов. Исследование показало перспективность переработки отходов полиолефинов во вторичное сырье, завершающим этапом которой является грануляция с последующим получением различных изделий. При этом актуальность исследования обусловлена экологическим характером и недостатком полимерного сырья.

Ключевые слова: отходы, переработка, пластмассы, полимеры, полиолефины, утилизация.

Одним из наиболее осязаемых результатов антропогенной деятельности является образование отходов, среди которых отходы пластических масс (пластмасс) занимают особое место в силу своих уникальных свойств. Пластмассы являются органическими материалами, состоящими из природных или синтетических высокомолекулярных соединений (полимеров).

Одним из быстроразвивающихся направлений использования пластмасс является упаковка. Из всех выпускаемых пластмасс 41% используется в упаковке, из этого количества 47% расходуется на упаковку пищевых продуктов. Удобство и безопасность, низкая цена и высокая эстетика являются определяющими условиями ускоренного роста использования пластмасс при изготовлении упаковки [1].

Проблема утилизации пластмасс носит, прежде всего, экологический характер, так как они не подвергаются гниению и коррозии, что является характерными для пластмасс свойствами. Общий объем захоронения твердых бытовых отходов только в Москве составляет около 4 миллионов тонн в год. От общего уровня отходов перерабатываются только 5...7% их массы. В усредненном составе твердых бытовых отходов, поставляемых на захоронение, 8 % составляет пластмасса, т.е. 320 тысяч тонн в год [1].

Однако в настоящее время проблема переработки отходов пластмасс обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом [2, 3].

Наиболее эффективным способом утилизации отходов полиолефинов (ПО) является их повторное использование.

ПО являются самым многотоннажным видом термопластов. К ним относятся полиэтилен высокой и низкой плотности (ПЭВП и ПЭНП) и полипропилен (ПП). ПО находят широкое применение в различных отраслях промышленности, транспорта и в сельском хозяйстве [1].

Способы переработки отходов ПО зависят от марки полимера и их происхождения. Наиболее просто перерабатываются технологические отходы, т.е. отходы производства, не подвергнувшиеся интенсивному световому воздействию в процессе эксплуатации. Не требуют сложных методов подготовки и отходы потребления из ПЭВП и ПП, так как, с одной стороны, изделия, изготавливаемые из этих полимеров, также не претерпевают зна-

чительных воздействий вследствие своей конструкции и назначения, а с другой стороны – исходные полимеры более устойчивы к воздействию атмосферных факторов, чем ПЭНП. Такие отходы перед повторным использованием нуждаются только в измельчении и гранулировании [2].

Для превращения отходов термопластов в сырье, пригодное для последующей переработки в изделия, необходима его предварительная обработка. Выбор способа предварительной обработки зависит в основном от источника образования отходов и степени их загрязненности [4].

Отходы в виде вышедших из употребления изделий требуют более основательной подготовки. Предварительная обработка отходов сельскохозяйственной пленки из ПЭ, мешков из-под удобрений и отходов из других компактных источников, а также смешанных отходов состоит из следующих этапов: сортировка и идентификация (для смешанных отходов); измельчение; разделение смешанных отходов; мойка; сушка. После этого материал подвергают грануляции [4].

Предварительная сортировка предусматривает грубое разделение отходов по цвету, габаритам, форме и, если это нужно и возможно, по видам пластмасс. Предварительную сортировку производят вручную на столах или ленточных конвейерах. При сортировке одновременно удаляют из отходов различные посторонние предметы и включения [5, 6].

Разделение смешанных отходов термопластов по видам проводят следующими основными методами: аэро- или электросепарацией, глубокого охлаждения, флотационным, разделением в тяжелых средах и химическими [4].

Вышедшие из употребления отходы ПО с содержанием посторонних примесей не более 5% со склада сырья поступают на узел сортировки отходов, в процессе которой из них удаляют случайные инородные включения и выбраковывают сильно загрязненные куски. Отходы, прошедшие сортировку, измельчают в ножевых дробилках мокрого или сухого измельчения до получения рыхлой массы с размером частиц 2...9 миллиметров [1].

Измельчение является очень важным этапом подготовки отходов к переработке, так как степень измельчения определяет объемную плотность, сыпучесть и размеры частиц получаемого продукта [8].

Далее измельченные отходы подают на отмывку в моечную машину. Отмывку ведут в несколько приемов специальными моющими смесями. Отжатую в центрифуге массу с влажностью 10...15% подают на окончательное обезвоживание в сушильную установку до остаточного содержания влаги 0,2%, а затем в гранулятор [1].

Для сушки отходов применяют сушилки различных типов: полочные, ленточные, ковшевые, вихревые и другие [4].

Грануляция является заключительной стадией подготовки вторичного сырья для последующей переработки в изделия. В процессе гранулирования происходит уплотнение материала, облегчается его дальнейшая переработка, усредняются характеристики вторичного сырья, в результате чего получают материал, который можно перерабатывать на стандартном оборудовании [8 – 10].

Для пластикации измельченных и очищенных отходов ПО наиболее широкое применение нашли одношнековые грануляторы с длиной $L = (25...30) \times D$ (где D является диаметром шнека), оснащенные фильтром непрерывного действия и имеющие зону дегазации. На таких

грануляторах эффективно перерабатываются практически все виды вторичных термопластов при насыпной плотности измельченного материала в пределах 50...300 килограмм на кубический метр. Однако для переработки загрязненных и смешанных отходов необходимы шнековые прессы специальных конструкций, с короткими многозаходными шнеками длиной $L = (3,5...5) \times D$, имеющими цилиндрическую насадку в зоне выдавливания [10].

Вторичные гранулированные материалы получают в зависимости от последовательности процессов резки и охлаждения двумя способами: грануляцией на головке и подводным гранулированием. Выбор способа гранулирования зависит от свойств перерабатываемого термопласта и особенно от вязкости его расплава и адгезии к металлу [10].

Диаметр получаемых гранул в основном составляет 2...5 миллиметров [4].

Охлаждение должно проводиться при оптимальном режиме, чтобы гранулы не деформировались, не слипались, и чтобы обеспечивалось удаление остатков влаги [1].

Исследования гранулята вторичного ПЭ свидетельствуют о том, что его вязкотекучие свойства практически не отличаются от свойств первичного ПЭ, т.е. его можно перерабатывать при тех же режимах экструзии и литья под давлением, что и первичный ПЭ. Однако получаемые изделия характеризуются низкими показателями качества и долговечности [4].

В результате из полученного гранулята получают упаковки для товаров бытовой химии, детали строительного назначения, сельскохозяйственные орудия, поддоны для транспортировки грузов, вытяжные трубы и другие изделия. Эти изделия получают из «чистого» вторичного сырья. Однако более перспективным является добавление вторичного сырья к первичному в количестве 20...30%. При введении в полимерную композицию пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей увеличение данной цифры возможно до 40...50%. Это повышает физикомеханические характеристики изделий, однако их долговечность (при эксплуатации в жестких климатических условиях) составляет всего 0,6...0,75 от долговечности изделий из первичного полимера. Более эффективным путем является модификация вторичных полимеров, а также создание высоконаполненных вторичных полимерных материалов [11 – 13].

Список литературы

1. Утилизация полимерной тары и упаковки / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов, И. В. Шашков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 64 с.
2. Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов и др. // Строительные материалы. – 2013. – № 10. – С. 38 – 41.
3. Беляев, П. С. К вопросу получения резино-битумного концентрата для асфальтобетонных дорожных покрытий из изношенных автомобильных шин / П. С. Беляев, М. В. Забавников, О. Г. Маликов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 346 – 352.
4. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 188 с.
5. К вопросу о комплексном решении проблем экологии и качества дорожных покрытий / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № С39. – С. 184 – 189.

6. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий / В. П. Беляев, А. С. Клинков, П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 19. – С. 169 – 171.
7. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А. С. Клинков, М. В. Соколов, В. Г. Однолько, П. С. Беляев. – М. : Спектр, 2012. – 196 с.
8. Автоматизированное проектирование валковых машин для переработки полимерных материалов / А. С. Клинков, М. В. Соколов, В. И. Кочетов и др. – М. : Машиностроение-1, 2005. – 320 с.
9. Проектирование и расчет валковых машин для полимерных материалов / А. С. Клинков, В. И. Кочетов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2005. – 128 с.
10. Основы проектирования экструзионных машин предприятий полимерных материалов / В. П. Беляев, А. С. Клинков, О. Г. Маликов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2012. – 144 с.
11. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками / П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин, П. В. Макеев, В. А. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 264 – 271.
12. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, М. В. Забавников, А. Р. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9, № 1. – С. 63 – 69.
13. Применение интегральных критериев качества при переработке полимерных материалов валково-шнековым методом / А. С. Клинков, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 870 – 881.

Н. Е. Беспалько, канд. хим. наук, доц. кафедры «Безопасность и правопорядок»
Юридического института
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОБЛЕМА БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ МЕТАЛЛОВ КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

Аннотация. Определена актуальная проблема борьбы с коррозией армирующего металла, решение которой повысит экологическую безопасность. Предложен экономичный способ защиты от коррозии армирующего металла – ингибирование поверхности.

Ключевые слова: коррозия, ингибирование, армирующий металл, экология.

Коррозионные разрушения строительных материалов наряду с экономическими потерями несут за собой значительный социальный и экологический ущерб, заключающийся в чрезмерном расходовании природных ресурсов, идущих на их синтез, а так же в загрязнении окружающей среды строительным мусором. Поэтому знание механизма коррозии с одной стороны позволяет правильно подобрать методы защиты строительных конструкций от преждевременного износа для повышения их надежности и долговечности, а с другой стороны, – дает возможность сохранения миллионов тонн различных природных ресурсов для их производства.

По характеру разрушения поверхности металлической конструкции различают следующие виды коррозионных повреждений (рис. 1):

- сплошная равномерная, в виде равномерной коррозионной пленки – ржавчины;
- сплошная неравномерная, в виде слоя ржавчины, переменного по толщине;
- структурно-избирательная, характерная для сплавов;
- местная коррозия в виде разрушения отдельных участков;
- межкристаллитная коррозия, происходящая без видимого внешнего разрушения металла, протекающая, в основном, по границам зерен кристаллов.

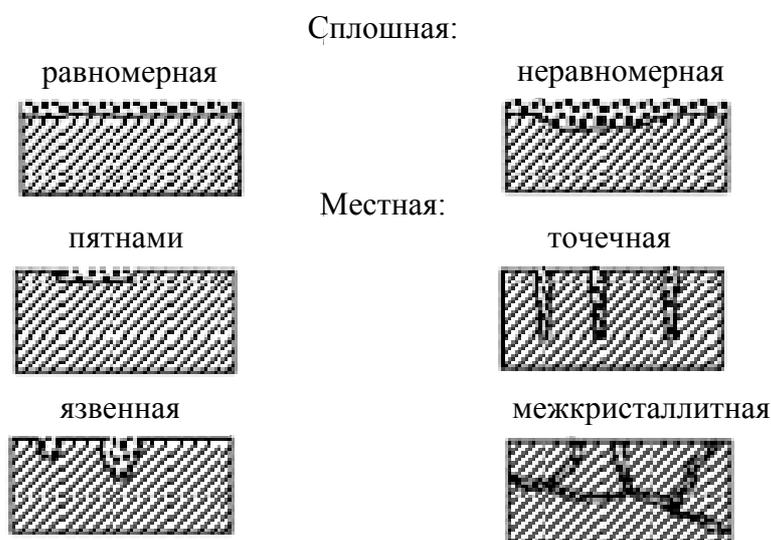
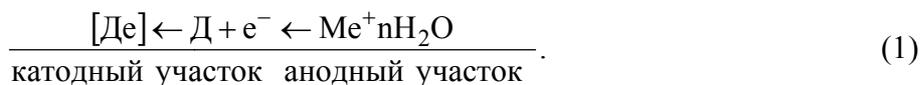


Рис. 1. Виды коррозионных повреждений поверхности металлических конструкций

Большинство металлических конструкций зданий и сооружений разрушается в процессе протекания электрохимической коррозии, т.е. разрушения в растворах электролитов.

Этот процесс описывается следующей схемой:



На границе металл–электролит возникает двойной электрический слой, в котором металл заряжен отрицательно, а электролит – положительно, что является причиной скачка потенциала [1]. Когда в электрическом слое наступает равновесие, коррозия прекращается (рис. 2).

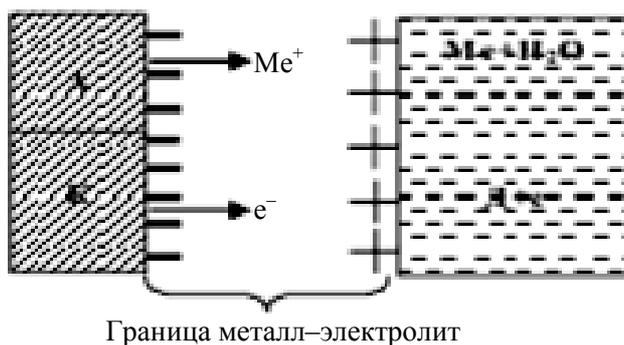


Рис. 2. Электрохимический механизм разрушения металла

Наличие сопутствующих веществ в окружающей металлическую конструкцию среде (активаторов и ингибиторов коррозии) влияет на скорость разрушения конструкции.

Так, например, понижение pH-среды ускоряет коррозионный процесс стальных конструкций, а соли щелочных металлов в нейтральных и щелочных средах тормозят их разрушение (рис. 3, а, б). Кислород является одновременно активатором и ингибитором коррозии (рис. 3, б) [2].

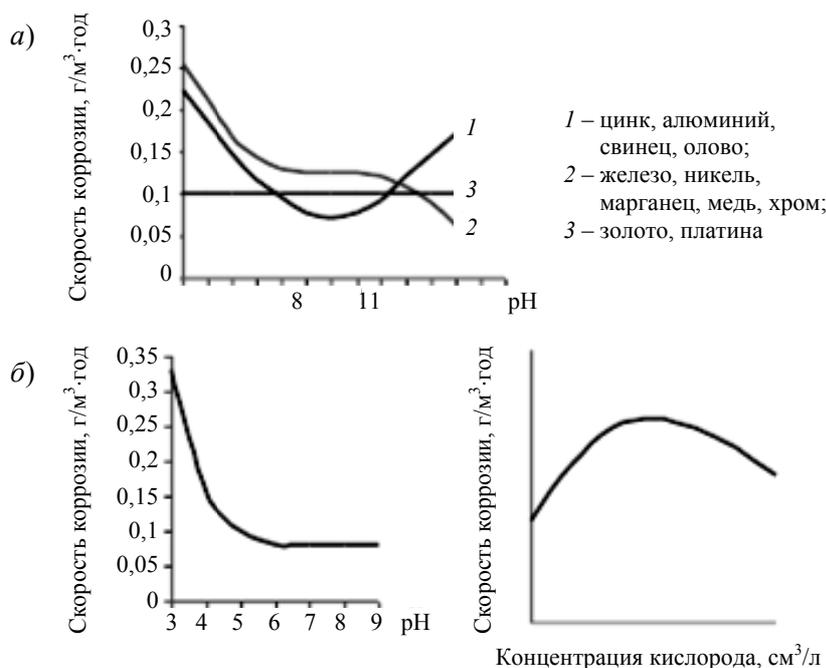


Рис. 3. Влияние величины pH и концентрации кислорода на скорость протекания коррозии:

а – характеристика металла и среды эксплуатации; б – влияние величины pH (на примере малоуглеродистой стали) и концентрации кислорода на скорость коррозии

Особое внимание строителей привлекают вопросы качества и долговечности железобетонных конструкций. Наиболее опасные и трудно устранимые повреждения вызываются коррозией армирующего металла. В настоящее время не существует простых и надежных методов ингибирования процесса коррозии арматуры. В решении данного вопроса необходимо уделить особое внимание теоретическому обоснованию и разработке практических рекомендаций, обеспечивающих длительную сохранность армирующего металла в бетонах и несущих конструкциях в разных условиях эксплуатации.

Железобетон по своей природе является долговечным материалом. Однако полностью исключить местные повреждения или значительные разрушения железобетонных конструкций не всегда становится возможным.

Процессы коррозии железобетонных конструкций развиваются по двум схемам:

1. Коррозия армирующего металла как следствие разрушения бетона в защитном слое.
2. Коррозия армирующего металла как следствие низких защитных свойств бетона, остающегося при этом в целостном состоянии.

Коррозию армирующего металла в бетонах и несущих конструкциях невозможно полностью заблокировать по следующим причинам [3, 4]:

– термодинамической (окисление металлов и сплавов сопровождается уменьшением свободной энергии системы, приводящим к переходу в более устойчивое состояние, подобное можно лишь кинетически замедлить и нельзя предотвратить нацело);

– экономической (с увеличением снижения уровня коррозионного поражения возрастают необходимые для этого затраты, следовательно, необходимо устанавливать оптимальный уровень данных затрат, что является непростой задачей).

Общий коррозионный эффект определяется сочетанием условий, необходимых для протекания электрохимических реакций (время нахождения на поверхности капельножидких фазовых $\tau_{\text{ф}}$ и адсорбционных $\tau_{\text{а}}$ слоев воды, возникающих в результате адсорбции или конденсации). Степень коррозионных разрушений зависит от температуры и влажности среды, времени эксплуатации конструкций, концентрации в атмосфере SO_2 и других коррозионно-агрессивных агентов, скорости их адсорбции на поверхности армирующего металла, природы металла и бетона, свойств образующихся продуктов коррозии [5].

В [6] отмечается наличие пропорциональности между скоростью коррозии металла и временем нахождения на его поверхности адсорбционных $\tau_{\text{а}}$ и фазовых $\tau_{\text{ф}}$ слоев воды. Подобная зависимость сохраняется в условиях постоянства уровня коррозионно-активных загрязнений даже при значительном изменении температуры, частоты выпадения осадков, колебаний влажности воздуха. Следовательно, скорость коррозии металлов за год K_0 , передается выражением:

$$K_0 = K_{\text{ф}} \Sigma \tau_{\text{ф}} + K_{\text{а}} \Sigma \tau_{\text{а}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ф}}$, $K_{\text{а}}$ – скорости коррозии под фазовыми и адсорбционными слоями воды, $\text{г/м}^2\text{ч}$; $\Sigma \tau_{\text{ф}}$ и $\Sigma \tau_{\text{а}}$ – суммарное время жизни фазовых и адсорбционных слоев воды на металлах, ч/год.

Если принять, что скорость коррозии под фазовыми или адсорбционными пленками воды $K_{\text{ф}}$, $K_{\text{а}}$ пропорциональна концентрации содержащихся в воздухе коррозионно-активных загрязнений (C^x), то в первом приближении

$$K_0 = [K_{a,\phi}^0 + B_{a,\phi}^x C^x] \Sigma \tau_{a,\phi}, \quad (3)$$

где $K_{a,\phi}^0$ – скорость коррозии в условно-чистой атмосфере ($C^{SO_2} 10 \sim 15$ мкг/м³, $C^{Cl^-} < 1,0$ мг/м²сут.); $B_{a,\phi}^x$ – коэффициент, характеризующий ускорение коррозии находящимися в воздухе агрессивными примесями [6].

Таким образом, важным фактором развития коррозионных разрушений металла является степень увлажненности поверхности. Состав и толщина пленок электролита, под которыми на металле развивается атмосферная коррозия, переменны и зависимы от циклов намокания и высыхания поверхности.

Наиболее экономичным способом борьбы с коррозией металлов является защита именно поверхности металла (в частности, ингибиторная защита), а не защита всего его объема (применение коррозионно-стойких сплавов). С этой целью используются консервационные материалы (КМ), включающие в свой состав ингибиторы коррозии – ПАВ и растворитель (чаще – минеральные масла). Однако, многокомпонентность таких защитных композиций обуславливает низкую технологичность и дефицит консервационных составов, потребность в которых удовлетворялась даже в пореформенный период на 12...15%.

Исследование и интерпретация защитной эффективности композиций минеральных масел и ПАВ ставят вопрос о влиянии природы противокоррозионных присадок и растворителя на полифункциональные свойства составов, используемых для торможения атмосферной коррозии металлов. Минеральные масла, сами по себе, содержат разного рода ПАВ, вводимых без указания в паспортах их природы и концентрации. Причем каждая составляющая выполняет, по замыслу разработчиков и изготовителей, свою задачу: загущение, пластификация, ингибирование, противодействие окислению и т.д. [7], что усложняет интерпретацию экспериментальных данных. Для устранения подобных трудностей целесообразно параллельно изучить свойства модельных противокоррозионных составов, включающих индивидуальный неполярный апротонный растворитель и индивидуальное поверхностноактивное вещество [8].

Второй компонент консервационного материала должен обладать универсальностью, выполняя функции многочисленных добавок традиционных защитных составов [8]. Одновременно такой подход позволяет сократить номенклатуру антикоррозионных материалов, решить многочисленные сырьевые и экологические проблемы. В частности, в ряде случаев отпадают вопросы утилизации отработанных продуктов, которые пока не удается решить региональными экологическими службами страны.

Однако при разработке научных основ и создании малокомпонентных КМ возникают многочисленные вопросы, требующие неотложного решения. До сих пор остается вопрос о роли растворителя – основы. Является он индифферентным связующим или влияет, наряду с активным началом на эффективность подавления коррозионных процессов.

Список литературы

1. Киселев, В. Ф. Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках / В. Ф. Киселев. – М. : Наука, 1970. – С. 340.

2. ГОСТ ISO 9223–2017.
3. Розенфельд, И. Л. Атмосферная коррозия металлов / И. Л. Розенфельд. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 372 с.
4. Батраков, В. В. Ингибиторы коррозии металлов / В. В. Батраков, В. И. Вигдорович // межвуз. сб. научн. тр. – М., 1995. – С. 6 – 21.
5. Михайлов, А. А. // Защита металлов. – 1997. – Т. 3, № 2. – С. 177.
6. Михайловский Ю. Н., Кларк Г. Б., Шувахина Л. А., Агафонов В. В. // Защита металлов. – 1971. – № 7. – С. 154.
7. Гуреев, А. А. Химмотология / А. А. Гуреев, И. Г. Фукс, В. Л. Лашхи. – М. : Химия, 1986. – 367 с.
8. Лебедева, Н. Е. Связь защитной эффективности и реологических характеристик антикоррозионных составов на базе амидов и аминов с природой растворителя: дис. ... канд. хим. наук: 05.17.03 / Н. Е. Лебедева. – Тамбов, 2005. – 254 с.

М. В. Блиева¹, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры товароведения, туризма и права,
З. П. Оказова², д-р с.-х. наук, доц., проф. кафедры экологии
и безопасности жизнедеятельности
(¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия,
²Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕМЕРОБИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭКОСИСТЕМУ

Аннотация. Дана характеристика рекреационной нагрузки на экосистему. Рассмотрены вопросы прямого и косвенного влияния туризма на природу. Обоснована необходимость развития экологического просвещения и воспитания населения в целях развития экологического и познавательного туризма на природных территориях. Рассмотрены основные направления развития экотуризма на особо охраняемых природных территориях Российской Федерации на современном этапе. Изучены вопросы, связанные с различными уровнями антропогенных нагрузок, а также особенности существующего опыта их нормирования. Рассмотрено применение гемеробиальности для расчета рекреационных нагрузок на ООПТ. На примере Государственного памятника природы регионального значения «Урочище «Куртимас» Кабардино-Балкарской республики определена гемеробиальность растительных сообществ природного объекта. Представлены результаты исследований. На основании полученных данных сделан вывод об изменениях в растительных сообществах природного памятника.

Ключевые слова: гемеробиальность, рекреационная нагрузка, антропогенная нагрузка, растительное сообщество.

Со второй половины двадцатого века влияние деятельности человека на экосистемы природы существенно усилилось и привело к обострению процессов их антропогенной эволюции. Загрязнение почвы, водоемов, воздуха, выпас скота, вытаптывание, бесконтрольное посещение человеком национальных парков (НП) и заповедников являются весовыми антропогенными факторами современности. В то же время, согласно положениям федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях» (ООПТ), к одним из важнейших задач государственных природных объектов относятся экологическое воспитание и просвещение населения с целью развития экологического и познавательного туризма. В связи с этим исследование фитоценозов, происходящих в результате их антропогенной эволюции, представляет большой научный и практический интерес.

В наши дни развитие экологического и познавательного видов туризма проводится на определенных территориях согласно существующим положениям о заповедниках и НП, принимая во внимание режим особой охраны, размеры, природоохранную и ландшафтную специфику объектов.

Развитие экотуризма на (ООПТ) Российской Федерации в наши дни реализуется по направлениям:

- 1) формирование комплексных экскурсионных программ с учетом различных запросов отдыхающих;
- 2) создание необходимых условий (информационного обеспечения, материальных и прочих удобств), экскурсионных туристических маршрутов и экологических троп, площадок для осмотра, наблюдения;

3) строительство новых или обновление и совершенствование имеющихся музеев и информационных центров для отдыхающих;

4) расчет возможных предельно допустимых нагрузок на ООПТ и выискивание путей снижения нанесения непоправимого вреда природным экосистемам;

5) обеспечения высокосервисного обслуживания посетителей, что требует создания соответствующей инфраструктуры;

6) тщательная проработка и внедрение системы добровольной сертификации туристических маршрутов и экологических троп на ООПТ;

7) обеспечение условий и поддержка предприятий малого и среднего бизнеса, обеспечивающих обслуживание туристов соответствующих направлений туризма (создание сетей гостевых домов и отелей, крестьянско-фермерских хозяйств, производства продукции, национальных ремесел и промыслов, сувенирных изделий, экологически чистых продуктов и др.);

8) законодательная поддержка государства по регулированию поведения отдыхающих на ООПТ, с целью обеспечения безопасности человека и недопущения вреда природным объектам.

Природные объекты и составляющие их комплексы элементы довольно непохожи между собой по потенциальной стойкости к рекреационным нагрузкам. В связи с чем, важнейшим аспектом научно-практической деятельности по организации экологических и познавательных туров на данных территориях является определение допустимых нагрузок на природную среду [1].

Под устойчивостью объектов природы к рекреационным нагрузкам понимается их способность противостоять им до определенного предела. Под нормой рекреационных нагрузок обычно понимают единовременную нагрузку, которая измеряется как проходимость (количеством посетителей) единицы площади природного комплекса туристами в единицу времени. При учете периода интенсивного рекреационного использования объекта природы в течение суток мы имеем более реальные результаты нагрузки в течение заданного времени.

Различают следующие уровни нагрузок на ООПТ: критическая, допустимая и недопустимая. Критический уровень нагрузки приводит к необратимым изменениям природных комплексов, допустимый уровень приближается по к критическому, но не порождает необратимых изменений. Фиксирование недопустимой нагрузки уже свидетельствует о протекании в природных комплексах, в связи с чем определение нормы рекреационных нагрузок на ООПТ имеет большое значение.

Воздействия человека на природные комплексы не происходит одномоментно, а накапливаются постепенно [2]. Разберем поэтапность антропогенных воздействий на природу:

1. Природный комплекс не испытывает никаких ощутимых изменений от деятельности людей – начальный этап.

2. Человек в ходе рекреационной деятельности создает редкую сеть троп, что приводит к появлению в местной флоре отдельных светолюбивых видов, что характерно для начальной фазы разрушения травяного покрова.

3. Сеть тропинок, созданная людьми, еще относительно густая, среди трав доминируют светолюбивые виды, появляются представители луговых трав, обильность травяного покрова понижается. На внетропиночных территориях особых изменений не происходит.

4. Сеть проложенных троп в лесу становится гуще, травяной покров сильно изменен и встречается фрагментарно возле деревьев, при этом жизнеспособный молодняк деревьев пяти- семилетнего возраста практически отсутствует.

5. Последний этап – тропинки полностью вытоптаны, травяной покров и молодые деревья полностью отсутствуют, наблюдаются лишь отдельные экземпляры однолетних видов и сорных трав.

За предельно допустимую нагрузку принято принимать границу устойчивости природного комплекса, соответствующую третьему этапу. На четвертом этапе начинаются необратимые изменения, а угроза гибели природному объекту наступает уже на пятом.

Рассмотрим особенности существующего опыта нормирования рекреационных нагрузок.

1. Нормируется, в первую очередь, количество посетителей как источника воздействия на рекреацию, при этом транспортные средства туристов и возведение инфраструктурных сооружений не учитываются, т.е. нормируется не рекреационная нагрузка, а поток посетителей.

2. Отсутствует единое мнение о системе измерения рекреационной нагрузки. Так, различные ученые в качестве единицы ее измерения рассматривают:

- а) количество людей, одновременно находящихся на единице площади территории;
- б) количество людей, одновременно находящихся на единице площади территории за конкретный промежуток времени ее эксплуатации;
- в) число отдыхающих в сутки, которые пребывают на рекреационных объектах в течение сезона рекреации;
- г) число туристов, прошедших по единице площади за единицу времени;
- д) количество людей, отдыхающих одновременно на единице площади с учетом общего времени вида отдыха за определенный период.

3. Различное установление норм нагрузок на рекреацию для:

- 1) неодинаковых типов одного из компонентов ландшафта;
- 2) различных типов ландшафтных комплексов;
- 3) каждого вида рекреационной деятельности в отдельности;
- 4) непохожих между собой функционально-ландшафтных систем;
- 5) различных совмещенных вариантов.

4. При однотипном использовании одного и того же объекта нормы нагрузок могут зависеть от критерия их определения – функционального, экологического или психологического, что затрудняет практическое их применение.

Имеющим право на существование является метод установления рекреационной нагрузки определением гемеробии растительных сообществ, которую следует рассматривать как результирующую антропогенного влияния на флору, воссоздающую процессы нарушения растительных сообществ.

Изучением гемеробии растений занимаются зарубежные (научная школа профессора Н. Sukopp в Германии) и российские ученые (М. М. Черосов, А. Р. Ишбирдин, П. А. Горелова, Б. Н. Пестряков) [3]. Согласно существующему мнению по общей совокупности растений во флоре и оценкам по их гемеробии можно определить степень изменения различных типов растительности, а также флор разных уровней организации.

Методика разделения типов растительности по шкале гемеробии Яласа выделяет по степени гемеробиальности:

- агемеробные виды, которые не выдерживают антропогенного влияния (а);
- олигогемеробные виды лугов, лесов, верховых болот и др., выдерживающие лишь незначительное антропогенное влияние (о);
- мезогемеробные виды лесов, лугов, степей, ощущающих антропогенное влияние довольно экстенсивно (m);
- β -эугемеробные виды лесов и лугов с интенсивным уходом, выдерживающие известкование, эвтрофикацию, небольшое нарушение грунта (b);
- α -эугемеробные виды удобряемых лугов, деградирующих лесов, полевые сорняки (с);
- культурно выращиваемые полигемеробные виды и типичные рудеральные растения, переносящие частые и сильные нарушения местообитаний (р);
- метагемеробные виды целиком деградировавших экосистем, искусственных сообществ (t) [4].

Исследования, представленные в работе, проводились на территории Государственного памятника природы регионального значения «Урочище «Куртимас», находящегося на территории КБР.

С целью проведения исследования по изменению структуры и состава растительности главных троп заповедников, были определены и описаны три постоянных пробных площади по ходу магистральной тропы рекреационного объекта. Исследовался и описывался полный видовой состав, обилия по Друде, доля присутствия синантропных видов рядом с тропой и на контрольной площадке.

По каждому из составляющих тропы и на прилегающей территории были отмерены трансекты, на которых на расстоянии 25 см друг от друга располагались учетные площадки, размером по 0,1 м² каждая, их количество для определения надземной биомассы и встречаемости составило 10 единиц.

Результаты полученных исследований по всем ППП представлены на рис. 1.

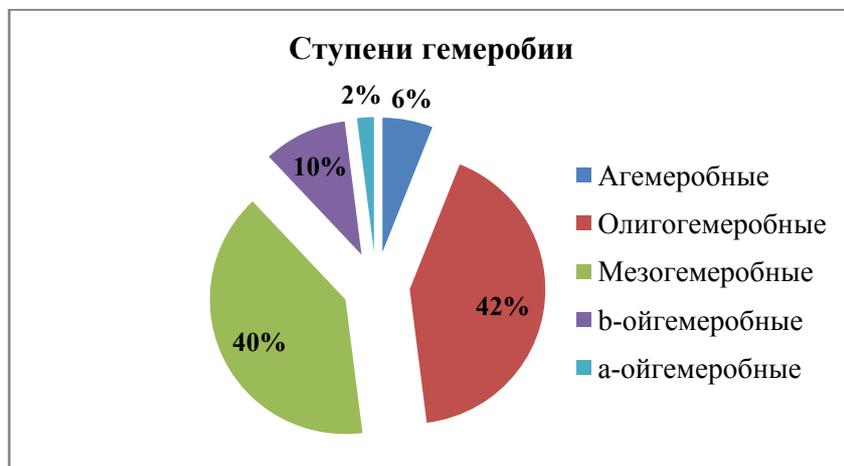


Рис. 1. Средний спектр гемеробиальности растительных сообществ ББТ

Анализ данных рисунка установил, что на всех пробных площадках экологической тропы памятника природы «Урочище «Куртимас» доля гемеробных видов (сумма агемеробных, олигогемеробных и мезогемеробных) составляет 88%, полигемеробные и метагемеробные виды не обнаружены.

Аналогичные исследования были проведены А. Р. Ишбирдиным, Б. Н. Пестряковым и М. М. Черосовым в Якутии. Было выявлено увеличение долиполигемеробных и метегемеробных видов растений в наиболее пострадавших флористических районах Якутии. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что отсутствие упомянутых выше видов (р и t) в наших исследованиях указывает на незначительную степень антропогенного воздействия на территорию [4].

Итак, подводя итоги проведенных исследований, можно заключить, что в растительных сообществах экологической тропы Государственного памятника природы регионального значения «Урочище «Куртимас» большую долю занимают олигогемеробные и мезогемеробные виды растений. При существующем уровне развития туристической деятельности на ООПТ «Урочище «Куртимас» нарушений естественных растительных сообществ не обнаружено.

Список литературы и источников

1. Чиждова, В. П. Допустимые рекреационные нагрузки в охраняемых природных территориях (на примере природного парка «Налычево») / В. П. Чиждова, Н. В. Моралева. – URL : http://www.landscape.edu.ru/files/chizhova/chizhova_naly-chevo.pdf/
2. Петухов, В. С. Гемеробиальность как метод расчета рекреационной нагрузки растительных сообществ особо охраняемых природных территорий / В. С. Петухов // Наука ЮУрГУ : матер. 67-й науч. конф. – 2015. – С. 391 – 397. – URL : <http://dspace.susu.ac.ru/xmlui/handle/0001.74/5420>
3. Frank, D. Biologisch-okologische Daten zur Flora der DDR (2. Aufl.) / D. Frank, S. Klotz // Wiss. Beitr. Univ. Halle. – 1990. – 167 p.
4. Пестряков, Б. Н. Гемеробиальность растений Якутии / Б. Н. Пестряков, М. М. Черосов, А. Р. Ишбирдин // Научные ведомости Белгородского университета. Сер. Естественные науки. – 2011. – № 9(104), Вып. 15/1. – С. 131 – 135.

М. Е. Буковский, канд. геогр. наук, доц., доц. кафедры «Химия и экологическая безопасность», Институт математики, естествознания и информационных технологий,
Д. С. Печагина, студентка 2 курса, **А. В. Семенова**, студентка 3 курса
(Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина, Тамбов, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАТ УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУР ЧЕРЕЗ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЫ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Описан переход средней суточной температуры воздуха через ключевые климатические пределы в восточной части Тамбовской области.

Ключевые слова: средняя суточная температура воздуха, переход через климатические пределы.

Устойчивые переходы температуры воздуха через различные пределы (0; +5; +10; +15 °С) весной и осенью относятся к важным характеристикам погоды, указывающим на метеорологические особенности конкретного года. Знания особенностей устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации весной и осенью необходимы, так как они определяют наступление этих сезонов в природе и связанных с ними метеорологических и агрометеорологических явлений погоды. Как известно, вегетационный период у травянистых растений начинается при переходе температуры через +5 °С, а вегетация у пород-лесообразователей начинается с установлением среднесуточной температуры воздуха около +10 °С.

Для определения дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации использовалась методика, предложенная Д. А. Педем [1]. Особенности определения дат перехода температуры воздуха через климатические пределы изучали В. Ф. Козельцева, В. П. Садоков [2 – 4].

Если говорить об изученности вопроса применительно к Тамбовской области, то динамика температурного режима становилась предметом изучения [5], однако пристального внимания вопросу о датах перехода температуры воздуха через климатические пределы не уделялось.

В основу работы положены данные Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Данные о переходе температур через пределы были взяты на метеостанции Кирсанов за период с 1931 по 2018 гг. Учет перехода температур через пределы велся в весенний и осенний период. Данные анализировались по 30-тилетним периодам: 1931 – 1960 гг., 1961 – 1990 гг. и 1989 – 2018 гг.

В процессе работы были определены весенние и осенние даты переходов средней суточной температуры воздуха через конкретные градации (0; +5; +10; +15 °С) и сформированы табличные данные за период 1931 – 2018 гг. По полученным данным строились графики хода средней суточной температуры воздуха. Результаты представлены на рис. 1 – 4.

Из данного графика видно, что самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения наблюдалась 19 февраля 2017 года, а самая

поздняя – 16 апреля 1941 года. Здесь мы можем заметить постепенное смещение дат на более ранний период. В таблице 1 представлены осредненные по 30-летиям весенние даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С и +5 °С. Средняя многолетняя дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в весенний период является 27 марта.

Для предела в +5 °С средней датой устойчивого перехода температуры стало 12 апреля. Здесь мы так же можем дать даты на более ранние сроки. Самой ранней датой устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С в сторону повышения стало 24 марта 2008 года, а самая поздняя – 29 апреля 1987 года.

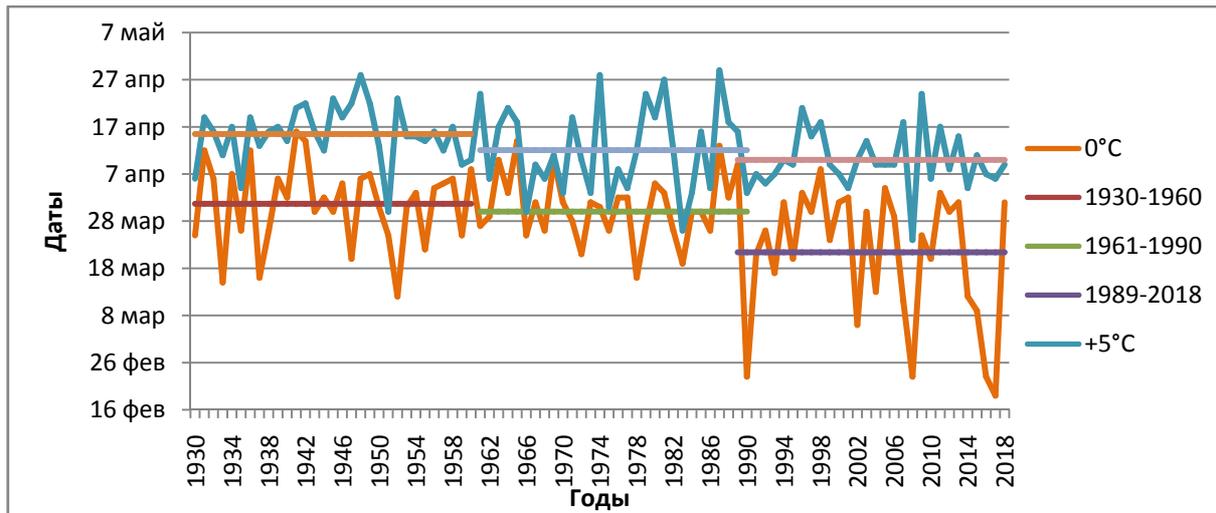


Рис. 1. Динамика изменения устойчивого перехода температур через 0 °С и +5 °С в весенние месяцы за период с 1930 – 2018 гг.

1. Осредненные по 30-летиям даты устойчивого перехода через 0 °С и +5 °С

Период	Даты устойчивого перехода через 0 °С	Даты устойчивого перехода через +5 °С
1931 – 1960	31 марта ± 7 дней	15 апреля ± 5 дней
1961 – 1990	30 марта ± 11 дней	12 апреля ± 10 дней
1989 – 2018	21 марта ± 8 дней	10 апреля ± 8 дней

На рисунке 2 представлен график, показывающий тенденцию изменения устойчивого перехода температуры через значения +10 °С и +15 °С весной в период с 1931 – 2018 гг. Как мы можем заметить, даты устойчивого перехода температур сместились незначительно. Средней многолетней датой перехода средней суточной температуры воздуха через +10 °С является 26 апреля.

На рисунке 3 представлен график динамики изменения устойчивого перехода температур через пределы +15 °С и +10 °С в сторону понижения. Средней многолетней датой перехода температуры через +15 °С в период 1930 – 2018 гг. стало 7 сентября. Здесь же можно сказать, что 27 сентября является датой устойчивого перехода для +10 °С. При этом самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через +15 °С в сторону понижения наблюдалась 21 августа 1962 года, а самая поздняя 2 октября 1964 года.

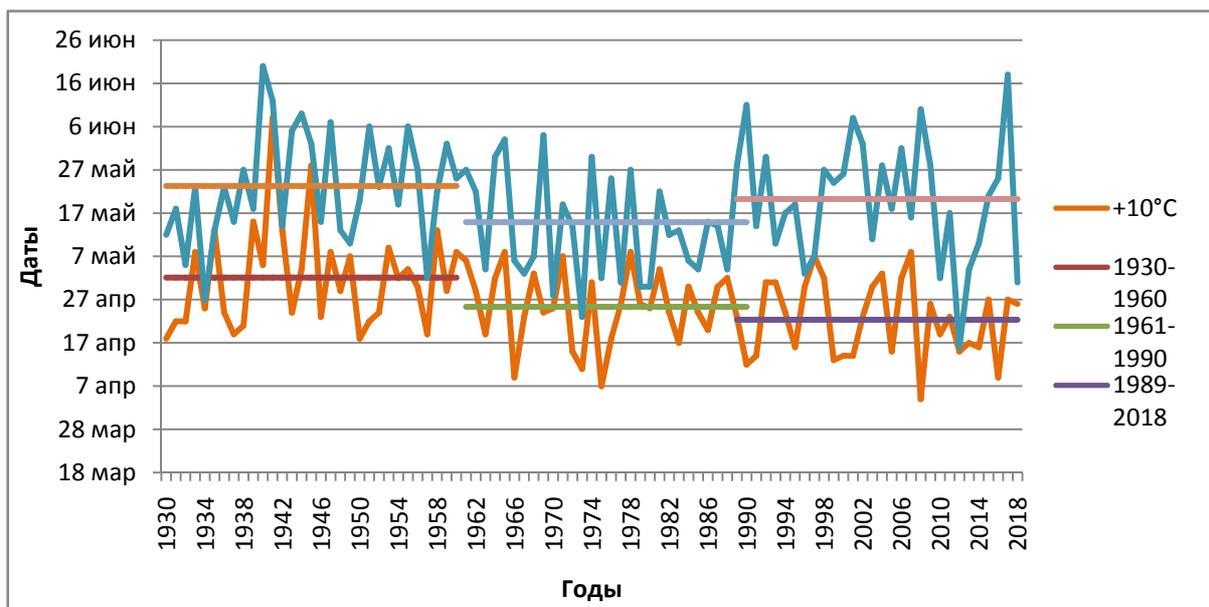


Рис. 2. Динамика изменения устойчивого перехода температур через +10 °С и +15 °С в весенние месяцы за период с 1930 – 2018 гг.

2. Осредненные по 30-летиям весенние даты устойчивого перехода через +10 °С и +15 °С

Период	Даты устойчивого перехода через +10 °С	Даты устойчивого перехода через +15 °С
1931 – 1960	2 мая ± 10 дней	23 мая ± 12 дней
1961 – 1990	25 апреля ± 8 дней	14 мая ± 11 дней
1988 – 2018	22 апреля ± 7 дней	20 мая ± 14 дней

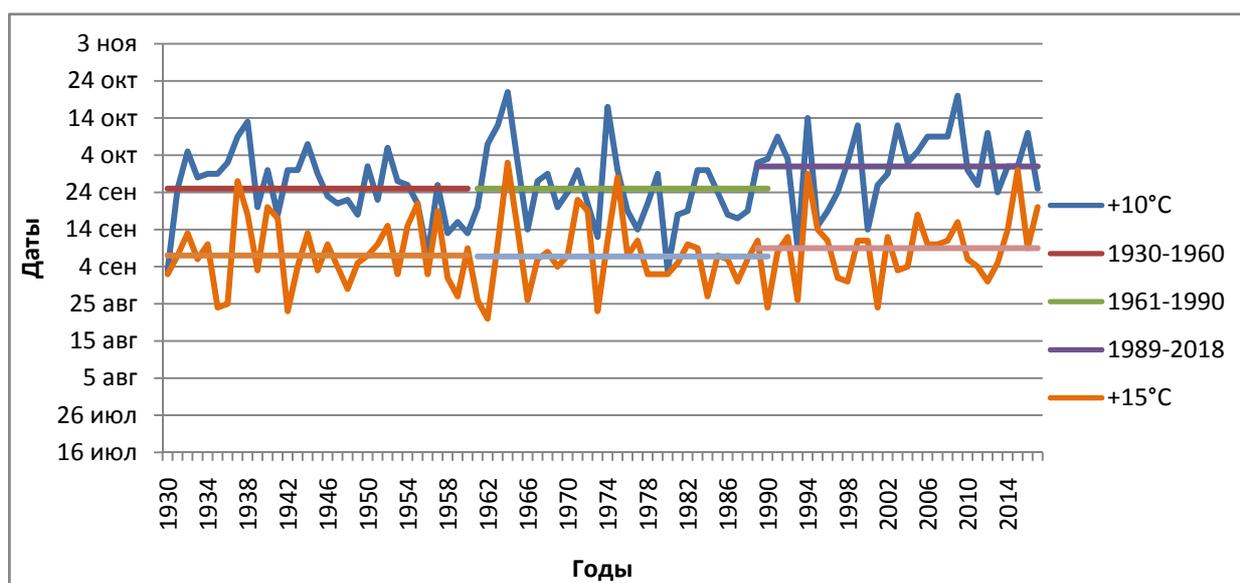


Рис. 3. Динамика изменения устойчивого перехода температур через +10 °С и +15 °С в осенние месяцы за период с 1930 – 2018 гг.

А для предела в +10 °С самой ранней датой стало 3 сентября 1930 года, а самая поздней 21 октября 1964 года. В таблице 3 представлены осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через +15 °С и +10 °С.

3. Осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через +10 °С и +15 °С

Период	Даты устойчивого перехода через +15 °С	Даты устойчивого перехода через +10 °С
1931 – 1960	7 сентября ± 10 дней	25 сентября ± 9 дней
1961 – 1990	6 сентября ± 8 дней	25 сентября ± 7 дней
1988 – 2018	9 сентября ± 11 дней	1 октября ± 10 дней

На рисунке 4 представлен график перехода температур через 0 °С и +5 °С в осенний период. Средней датой устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С является 10 ноября, а для предела в +5 °С этой датой является 19 октября. При этом самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через +5 °С в сторону понижения наблюдалась 23 сентября 1977 года, а самая поздняя 18 ноября 1954 года. А для предела в 0 °С самой ранней датой стало 8 октября 1977 года, а самая поздней – 19 декабря 2006 года.

На графике четко видно произошедшее смещение дат перехода на более поздние сроки. В таблице 4 представлены осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через +5 °С и 0 °С.

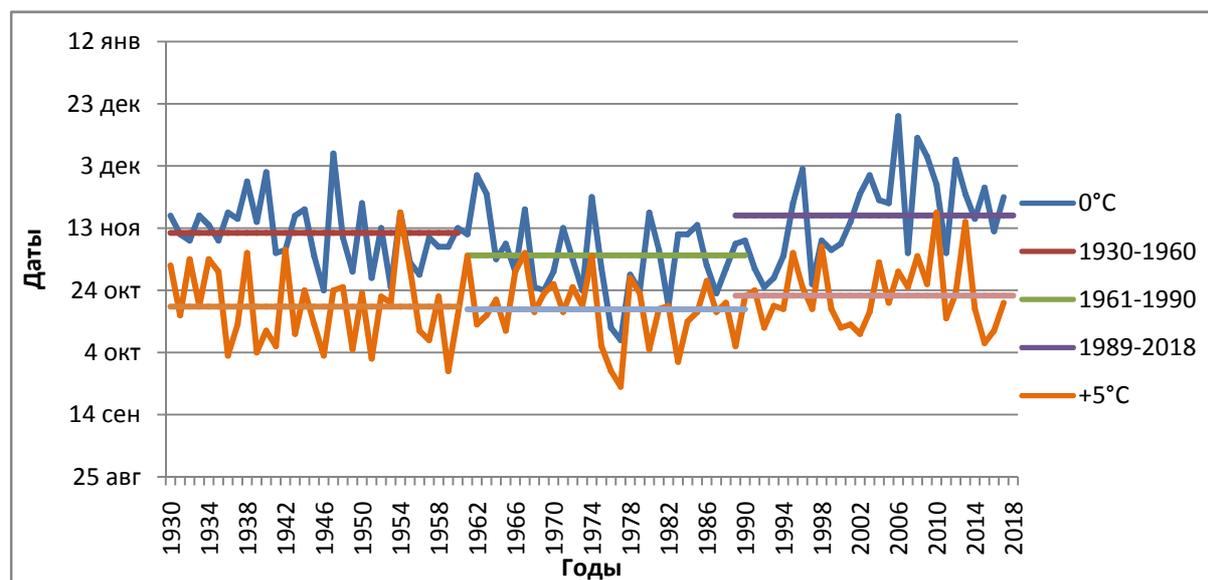


Рис. 4. Динамика изменения устойчивого перехода температур через 0 °С и +5 °С в осенние месяцы за период с 1949 – 2018 гг.

4. Осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через 0 °С и +5 °С

Период	Даты устойчивого перехода через +5 °С	Даты устойчивого перехода через 0 °С
1931 – 1960	18 октября ± 10 дней	11 ноября ± 9 дней
1961 – 1990	17 октября ± 8 дней	4 ноября ± 7 дней
1988 – 2018	22 октября ± 11 дней	17 ноября ± 10 дней

Таким образом нами проанализированы даты перехода средней суточной температуры воздуха через ключевые климатические пределы. Установлено смещение дат перехода через климатические пределы по тридцатилетним периодам.

Список литературы

1. Педь, Д. А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения / Д. А. Педь // Метеорология и гидрология. – 1951. – № 10. – С. 38–39.
2. Козельцева, В. Ф. К проблеме прогноза дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, 5 °С / В. Ф. Козельцева // Труды ЦИП.– 1971. – Вып. 76. – С. 73 – 81.
3. Садоков, В. П. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, +5 °С, их прогноз и оценка / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 348. – С. 162 – 172.
4. Садоков, В. П. Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С, +5 °С осенью на Европейской территории России и юго-западной части Западной Сибири / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 228 – 241.
5. Дудник, С. Н. Динамика температурного режима на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, № 6. – С. 1555 – 1560.

П. А. Галкин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Техническая механика и детали машин», **И. Ф. Кащеева**, старший лаборант кафедры «Техническая механика и детали машин», **А. И. Будникова**, специалист по учебно-методической работе.

Отдел инновации и мониторинга образовательных программ
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Аннотация. Анализируется возможность повышения экологической чистоты производства суспензионного полиметилметакрилата путем перевода процесса из периодического в непрерывный режим. Такой подход позволяет снизить количество отходов полимера, а также уменьшить количество и степень загрязненности сточных вод, образующихся при отмывке готового продукта от раствора стабилизатора.

Ключевые слова: полиметилметакрилат, эмульсия, диспергирование, экологическая чистота.

Промышленное производство полиметилметакрилата литьевых марок осуществляется методом суспензионной полимеризации метилметакрилата. Процесс протекает в водном растворе высокомолекулярного защитного коллоида, который используется в качестве стабилизатора реакционной системы, снижая ее склонность к разделению. При этом используется периодическая технология, которая предполагает использование емкостного реакционного оборудования с мешалками различной конструкции. Получаемый при этом готовый продукт сильно различается по гранулометрическому составу: размер частиц изменяется от 0,1 до 5,0 мм, при этом средний размер частиц 0,4...0,5 мм. Это обусловлено тем, что образование исходной эмульсии происходит в аппарате под воздействием мешалки. К тому же в ходе процесса частицы углеводородной фазы претерпевают неоднократное дробление и коалесценцию. Такой полимер перед дальнейшей переработкой требует отмывки от стабилизатора и некоторого количества латексной фазы, что приводит к образованию загрязненной воды. Содержание загрязнений в промывной воде составляет около 1%, поэтому необходима ее очистка.

Сокращение количества воды для промывки при одновременном сокращении содержания в ней загрязнений можно достичь за счет получения готового продукта в виде гранул, размером от 3,0 до 4,0 мм. При этом значительно сокращается площадь межфазной поверхности исходной эмульсии по отношению к объему углеводородной фазы, что позволит значительно уменьшить концентрацию защитного коллоида в водной фазе. Также уменьшается миграция мономера в водную фазу за счет истинной растворимости.

Получение исходной эмульсии в виде гранул заданного размера возможно методом управляемого струйного диспергирования мономера или форполимера в потоке водной фазы [1]. Далее необходимо обеспечить полученной реакционной системе такой гидродинамический режим перемешивания, при котором, с одной стороны, не происходит дробления капель углеводородной фазы, а с другой – отсутствует коалесценция, приводящая к их укрупнению. Создание указанных условий в стандартном реакционном оборудовании емкостного типа, при использовании традиционных турбинных или пропеллерных мешалок, представляет затруднения ввиду наличия зон со значительно отличающимся от основного

объема аппарата гидродинамическим режимом перемешивания. Такой зоной, в частности, является непременно образующаяся центральная воронка, где интенсивно образуются агломераты, составляющие в дальнейшем отходы производства. Укрупнение частиц углеводородной фазы приводит также к затруднению их термостатирования, перегреву центральной зоны и автоускорению реакции полимеризации. Такие частицы также являются отходами.

Исключить указанные явления позволит проведение процесса по непрерывной технологии с использованием реакционного оборудования колонного типа. При этом появляется возможность разделения процесса на стадии, обусловленные разностью плотностей водной и углеводородной фаз, с целью проведения их различных аппаратах. В этом случае представляется возможным создание наиболее оптимального гидродинамического режима с учетом состояния реакционной системы на данном этапе превращения.

Следует отметить, получение суспензионного полиметилметакрилата в виде гранул размером 3...4 мм позволит использовать его непосредственно для питания литьевых машин и другого перерабатывающего оборудования. Это исключает довольно энергоемкую и затратную технологическую операцию гранулирования, которая неизбежна в настоящее время при использовании периодического процесса полимеризации. К тому же исключение одного из циклов плавление-отверждение из технологической цепочки при производстве готовых изделий из полиметилметакрилата приводит к уменьшению термической деструкции материала, а следовательно, улучшению его качества и срока службы, что так же положительно сказывается на степени экологической чистоты при производстве и эксплуатации изделий из данного полимера.

Таким образом, перевод процесса полимеризации метилметакрилата из периодического режима в непрерывный позволит не только повысить качество продукции, но и значительно улучшить показатели экологичности производства.

Список литературы

1. Зарандия, Ж. А. Устойчивость полимер-мономерных частиц, моделирование и аппаратное оформление непрерывного процесса суспензионной полимеризации метилметакрилата : дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Ж. А. Зарандия. – Тамбов, 2002. – 108 с.

С. Н. Дудник¹, начальник Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,
И. В. Бессонова², студентка 3 курса направления «Экология и природопользование» кафедры «Экологическая безопасность», Институт математики, естествознания и информационных технологий,
А. М. Валяева², студентка 4 курса направления «Экология и природопользование» кафедры «Экологическая безопасность», Институт математики, естествознания и информационных технологий
(¹Тамбовский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Тамбов, Россия,
²Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина, Тамбов, Россия)

ДИНАМИКА МИНИМАЛЬНЫХ И МАКСИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Цель работы состоит в изучении динамики минимальных и максимальных температур воздуха в холодный период года в южной части Тамбовской области. Был проанализирован период 1960 – 2017 гг.

Ключевые слова: климат, динамика, минимальная температура, максимальная температура, Тамбов.

Актуальность экологических и социальных проблем, которые стоят перед человечеством в связи с глобальными изменениями климата, признана мировым сообществом [1]. Климат Тамбовской области формируется в результате сложного взаимодействия солнечной радиации, подстилающей поверхности и связанной с ними циркуляции атмосферы [2]. Изменения во времени среднесуточной температуры воздуха в пределах территории Тамбовской области достаточно хорошо изучено [3, 4].

В своей работе мы исследовали минимальные и максимальные суточные значения температур с 1960 по 2017 гг., с целью анализа изменения климата на территории Тамбовской области. Были проанализированы средние за месяц значения минимальных и максимальных суточных температур воздуха с ноября по апрель.

Для этого мы оцифровали данные первичных форм учета по метеостанции «Жердевка», произвели расчеты средних значений максимальных за сутки и минимальных за сутки температур воздуха за каждый месяц холодного периода года. Затем построили графики осредненных по месяцам значений максимальных и минимальных за сутки температур воздуха за период с 1960 по 2017 гг. Всего нами было проанализировано свыше 23 000 значений температур.

На рисунке 1 показана динамика средних значений максимальных и минимальных суточных температур ноября за период с 1960 по 2017 гг. Как можно заметить, значения отличаются высокой межгодовой изменчивостью. Наибольшее среднее за месяц значение из максимальных суточных температур в ноябре составило 8,5 °С и отмечено в 1996 г., а наименьшее среднее за месяц значение из максимальных суточных температур (–6,7 °С) было отмечено в 1993 г. Наибольшая средняя за месяц из минимальных суточных температур воздуха (2,7 °С) наблюдалась в 2010 г., а наименьшее значение (–13,1 °С) фиксировалось в 1993 г. Тренд рассматриваемых показателей на графике положительный.

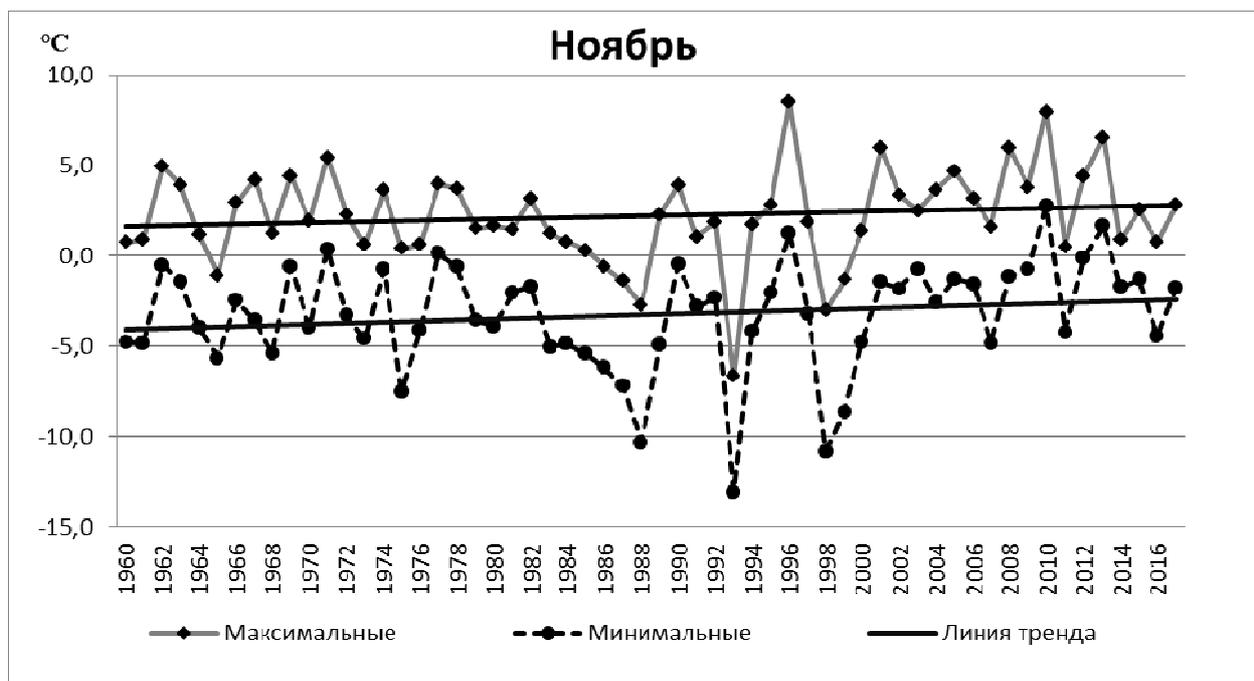


Рис. 1. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур ноября за период 1960 – 2017 гг.

На рисунке 2 показана динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур декабря за период 1960 – 2017 гг. Как видно из рисунка осредненные за месяц максимальные суточные температуры воздуха находятся в пределах от $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2002 г.) до $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2017 г.). Осредненные за месяц минимальные суточные температуры отмечаются в интервале от $-17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2002 г.) до $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1960 г.) Максимальные и минимальные температуры декабря также имеют тенденцию к повышению в течение изученного периода.

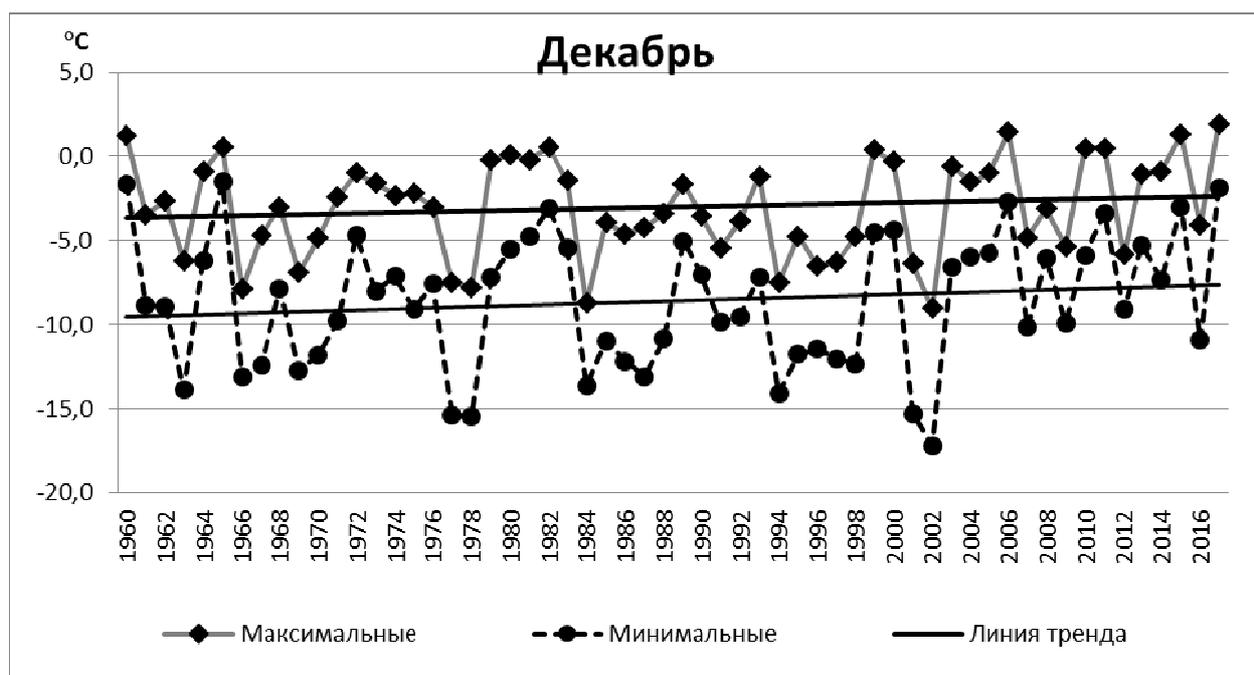


Рис. 2. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур декабря за период 1960 – 2017 гг.

Как видно на рис. 3 средние за месяц максимальные и минимальные температуры января, как и предыдущих месяцев, отличаются сильной межгодовой изменчивостью. Наибольшие значения средних за месяц максимальных и минимальных суточных температур отмечались в 2007 г. – (+1,6 °C) и (–2,5 °C), соответственно. Минимальные значения также были отмечены в один и тот же год – 1987 г. – и составили –12,9 °C и –21,8 °C. Тренд на повышение температур в январе выражен отчетливее по сравнению с декабрем.

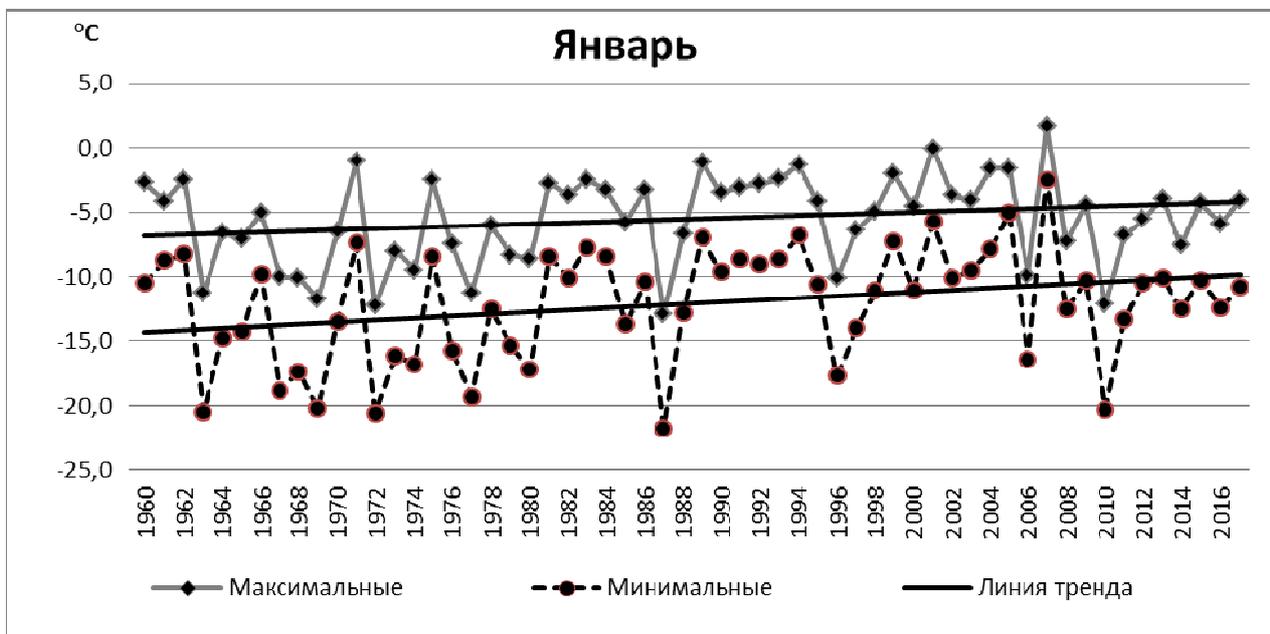


Рис. 3. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур января за период 1960 – 2017 гг.

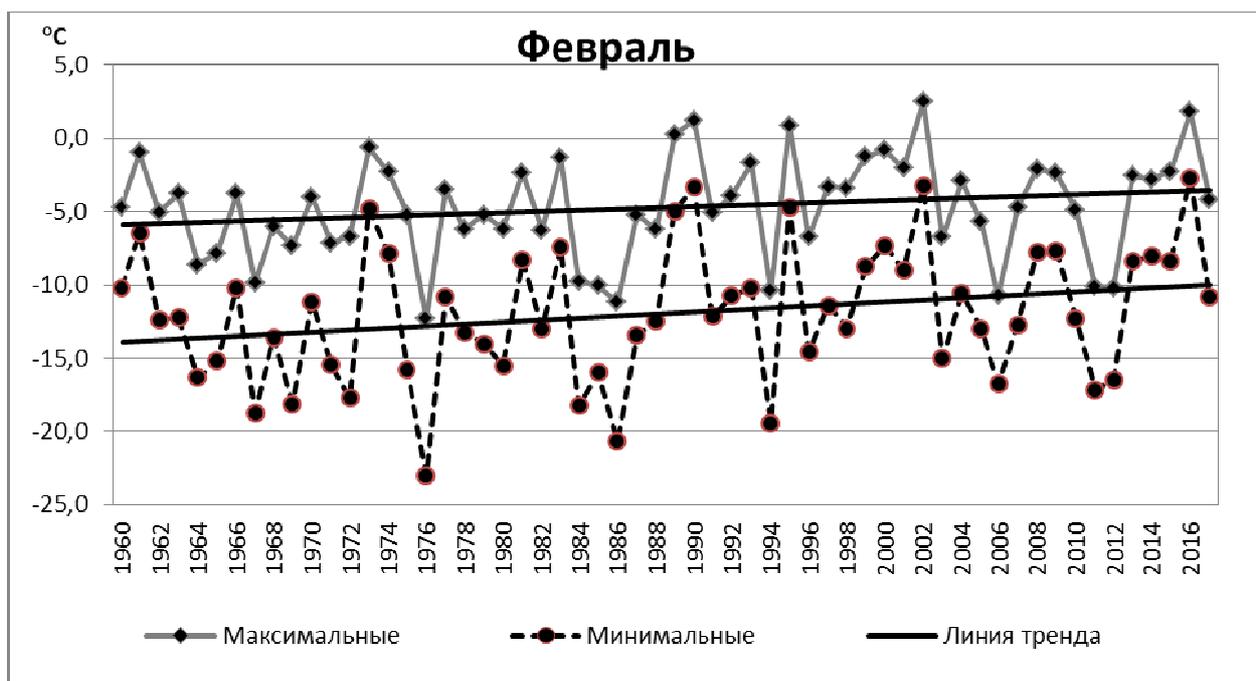


Рис. 4. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур февраля за период 1960 – 2017 гг.

На рисунке 4 отображена динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур февраля за период 1960 – 2017 гг. Наибольшее среднее за месяц значение из максимальных суточных температур воздуха в феврале 2,5 °С было в 2002 г., а наименьшее – (-12,3 °С) в 1976 г. Наибольшее среднее за месяц значение из минимальных суточных температур (-3,3 °С) отмечалось в 1990 г., а наименьшее значение (-23 °С) фиксировалось в 1976 г. Тренды обоих показателей положительные.

На рисунке 5 показана динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур марта за период 1960 – 2017 гг. Наибольшее среднее за месяц значение из максимальных суточных температур (9 °С) отмечено в 2002 г., а наименьшее – (-4,5 °С) в 1987 г. Наибольшее среднее за месяц из минимальных суточных температур воздуха (0,7 °С) фиксировалось в 2008 г., а наименьшее – (-13,6 °С) отмечалось в 1987 г. Тренды обоих показателей положительные.

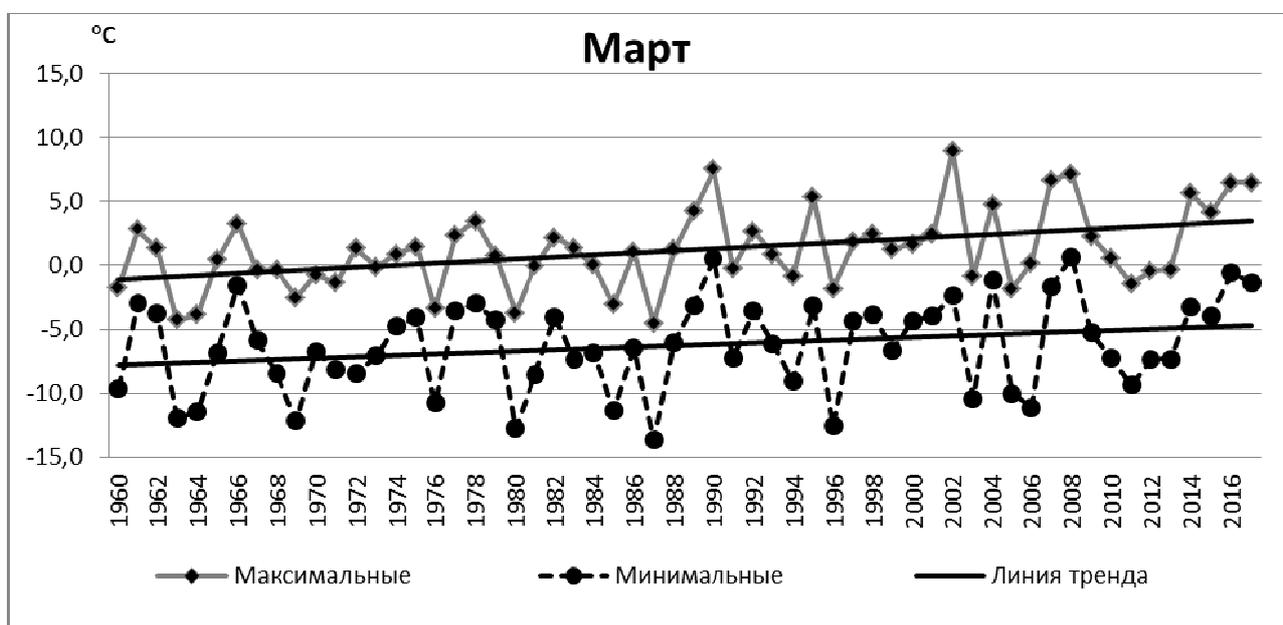


Рис. 5. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур марта за период 1960 – 2017 гг.

Как видно из рис. 6, средние за месяц значения максимальных суточных температур воздуха отмечались в период 1960 – 2017 гг. интервале от 5,5 °С (1987) до 19,7 °С (1975). Значения средних за месяц минимальных суточных температур расположены в интервале от - 1,7 °С (1965, 1987) до 7,1 °С (2012). Тренд средних за месяц максимальных суточных значений температур положительный. Средние за месяц минимальные суточные значения апрельских температур относительно стабильны.

Таким образом, в большинстве случаев мы можем наблюдать тенденции к росту как максимальных, так и минимальных суточных температур воздуха в южной части Тамбовской области в течение изученного периода с 1960 по 2017 гг. Наиболее выражены эти тенденции в январе – марте. Однако проверка достоверности полученных трендов по показателю R^2 , показала, что лишь рост максимальных за сутки температур в марте можно считать слабодостоверным. Остальные выявленные тренды достоверными назвать нельзя.

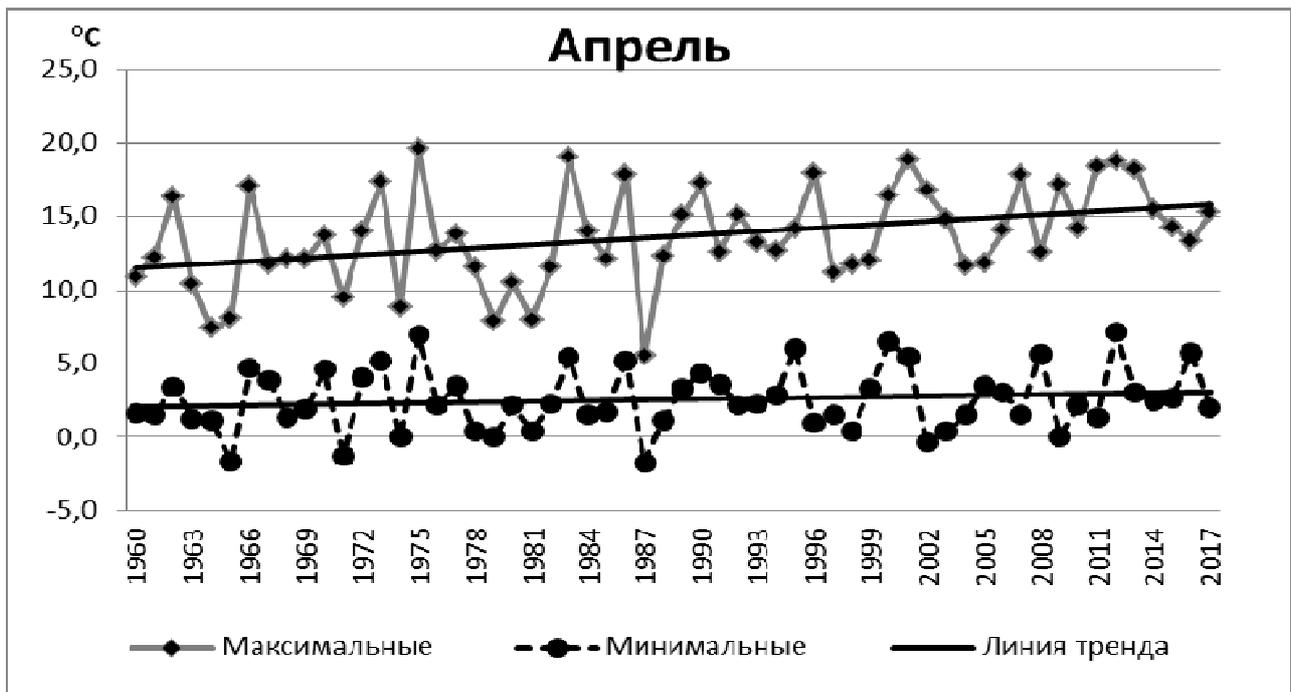


Рис. 6. Динамика средних за месяц значений максимальных и минимальных суточных температур апреля за период 1960 – 2017 гг.

Список литературы

1. Рябов, В. А. Влияние глобального потепления на местный климат и возможные последствия для плодовых культур / В. А. Рябов // Научные труды южного филиала национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Сер. Сельскохозяйственные науки. – 2011. – № 137. – С. 128 – 138.
2. Дудник, Н. И. Климат. Тамбовская лесостепь: природа и общество : монография / Н. И. Дудник, С. Н. Дудник, М. Е. Буковский. – Тамбов : Издат. Дом ТГУ имени Г. Р. Державина, 2013. – С. 91 – 111.
3. Дудник, С. Н. Динамика температурного режима на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, № 6. – С. 1555 – 1560.
4. Дудник, С. Н. Климатические региональные и сезонные изменения на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. – 2013. – № 3(47). – С. 141 – 149.

У. С. Дудуев, д-р с.-х. наук, доц., проф. кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», З. П. Оказова, аспирант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»
(Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия)

О РЕЛИКТАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. Исследован флористический состав, распространение, возраст и современное состояние реликтов древесно-кустарниковой флоры на особо охраняемых природных территориях Чеченской Республики. В качестве основных реликтов семейства Березовые на особо охраняемых природных территориях Чеченской Республики можно назвать: ольха бородастая, береза плакучая, береза пушистая, береза Радде. Реликты семейства Березовые на территории Чеченской Республики представлены достаточно большим количеством видов.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, реликты, Чеченская Республика, семейство Березовые, береза пушистая, береза Радде.

Цель работы – установить флористический состав, распространение, возраст и современное состояние реликтов древесно-кустарниковой флоры на особо охраняемых природных территориях Чеченской Республики. Реликты представляют огромный интерес для науки. По выражению Ч. Дарвина, реликты – «живые ископаемые», так как они помогают раскрыть новые страницы в истории флоры. Наличие реликтов позволяет выяснить, каким путем формировалась флора, какие претерпела она изменения, каковы были в прошлом климат и рельеф.

В отношении реликтов Чеченская Республика и Ингушетия находятся в более выгодном положении, чем Северная Осетия и Кабардино-Балкария. В Чеченской Республике больше третичных лесных видов, чем на Центральном Кавказе.

Потеря реликтовых видов – непоправимое дело, так как они являются основными носителями информации о природе прошлых эпох.

Наличие во флоре Чеченской Республики большой группы реликтов делает ее высоко оригинальной.

Растительный покров Чеченской Республики отличается большим разнообразием, что обусловлено многими причинами. Прежде всего, сложным рельефом, географическим положением территории и ее истории. Наряду с вершинами, достигающими в высоту свыше 4000 м и более, в республике имеются низменности. Сложный рельеф определяет пестроту климата и почв, разнообразие субстратов.

На сравнительно небольшой территории республики произрастает более 2000 видов высших растений, относящихся к 88 семействам и 460 родам. Для Чеченской Республики характерна вертикальная зональность. Чеченская Республика расположена в одном широтном поясе с субтропиками Черноморского побережья. Удаленность республики от океана и морей обуславливает континентальность ее климата. Республика характеризуется значительным разнообразием климатических условий.

Наибольшую роль играют растения открытых травянистых склонов – так называемые «гелеофиты», затем растения лесных местообитаний и аридных склонов [1, 2].

Неравномерно распределены виды и по поясам.

К числу восточнокавказских и дагестанских видов в Чечне относятся ковыль кавказский – *Stipa caucasica*, ковыль дагестанский – *S. daghestanica*, аистник дымянковый – *Evodium daghestanicum*, псевдобеткея кавказская – *Pseudobetckca caucasica*, очиток Стевена – *Sedum stevenianum*, вероника богосская – *Veronica bogosensis* и многие другие.

С точки зрения истории флоры и оценки ее самобытности наиболее интересны эндемы – виды, которые за пределами какой-то небольшой территории не встречаются. Это местные или региональные виды. В Чечне таких видов мало. К ним относятся камнеломка Харадзе, валериана аргунская, первоцвет цейламский, желтушник приснежный, лютик тебулосский.

Вторая группа растений – это реликты – растения сохранившиеся в соответствующих убежищах с отдаленных геологических эпох. К числу замечательных реликтов наших лесов относятся: лук медвежий, копытень грузинский, зубянка клубненосная, габлиция тамусовидная, толстостенка крупнолистная, тамус обыкновенный, черника кавказская и другие; в степях и полупустынях мак прицветниковый, безвременник яркий, груша иволистная и другие.

Мы рассмотрим основные реликты семейства Березовые.

Береза Радде – *Betula raddeana* Trautv.

Статус. Третичный реликт, эндемик Большого Кавказа, редкий вид.

Высокое до 15 м, листопадное дерево с красивой розовато-белой отслаивающейся корой.

Листья яйцевидной формы длиной до 4,5 см. Мелкие раздельнополюе цветки собраны в мужские и женские сережки. Плод – крылатый орешек.

К почвам малотребовательна, но предпочитает селиться в полосе выходов известняков и доломитов. Холодостойка, относительно засухоустойчива.

Размножение семенное и порослевое.

Родина. Кавказ.

Распространение. Восточная часть Главного Кавказского хребта и Восточное Закавказье; западная граница – дельта Баксана между Итколом и Кой-Сюрюльгеном, восточная – Нагорный Дагестан. Была найдена на водораздельном хребте в верховьях реки Лиахвы, в Южной Осетии, на спуске от Гудауру в Кайшаурскую долину.

В ЧР и ИР – часто в пределах Скалистого, реже Бокового хребтов, в бассейнах рек Армхи, Ассы, Фортанги, Чанты – и Шаро-Аргуна, Аксая, возможно и других рек.

Места обитания. У верхней границы лесного (1500 – 2000) пояса, в полосе мелколиственных лесов, на скалистых местах и мягких склонах. Произрастает совместно с березой Литвинова, ивой козьей, рододендроном кавказским и рябиной обыкновенной.

Запасы. Ареал березы Радде занимает небольшую территорию, поэтому запасы этого вида ограничены и значительно меньше березы Литвинова.

Причины изменения запасов. Вырубка березняков на дрова и постройки, веники, бессистемный выпас овец у верхней границы леса.

Принятые меры охраны. Внесен в «Красную книгу СССР» в 1978 г. и в «Красную книгу Северной Осетии».

Необходимые меры охраны. Усилить охрану и контроль за состоянием естественных популяций, создание в верховьях реки Фортанги, Шан-Дона березовых заказников, а при лесхозах – питомники по выращиванию растений из семян.

Хозяйственное значение. Кора ствола содержит дубильные вещества 7,1...14,1% и производные пирокатехина – 10%. Листья содержат дубильные вещества 5,1...5,4%. Кора пригодна для дубления кожи, придает ей светлую окраску. Почки и листья могут быть использованы в лекарственных целях так же, как таковые березы Литвинова и березы плакучей.

Культивирование. Москва (ботанический сад МГУ), Ленинград, Ставрополь, Нальчик, Донецк.

Береза пушистая (Литвинова) – *Betula pubescens* Ehrh.

Статус. Ледниковый реликт.

Дерево до 15 м высотой. Молодые побеги б.м. густо опушенные, без бородавок, красновато-бурые. Кора стволов белая или желтоватая, отслаивающаяся. Почки яйцевидно-конические, острые. Листья яйцевидно-ромбические или яйцевидные, 4...6 см длиной, до 4,5 см шириной, на верхушке коротко заостренные, при основании округлые, усеченные или слабо сердцевидные, по краю неравномерно дважды пильчатые, с 5 – 7 парами боковых жилок, сверху взрослые голые, снизу более бледные, густо опушенные. Черешки 1,2...2,5 см длиной, опушенные.

К почвам и влаге малотребовательна. Отличается пластичностью. Декоративна. Размножается семенами и корневыми отпрысками.

Родина. Европа, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь.

Распространение. Европейская часть бывшего СССР, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь, Забайкалье; северная, средняя и атлантическая части Европы. На Северном Кавказе распространена повсеместно. В ЧР – во всех горных районах в верхнем лесном поясе. Совместно с березой Радде, ивой козьей и рябиной обыкновенной образует верхнюю границу леса.

Места обитания. В среднем и высокогорном поясах до 2500 м. По болотам, сырым лесам, берегам водоемов и кустарникам. Первыми заселяют вырубки, пожарища, пустоши, где часто образует чистые насаждения. В условиях ЧР и ИР на крутых горных склонах преимущественно северных экспозиций.

Запасы. Образует значительные насаждения во всех горных районах республики в верхнем лесном поясе.

Причины изменения запасов. Бесконтрольные рубки пастухами, местным населением на дрова и постройки, веники, бессистемный выпас скота у верхней границы леса.

Необходимые меры охраны. Строгий запрет рубок у верхней границы леса, соблюдение режима выпаса скота, введение в культуру для озеленения населенных пунктов республики и в дендросаде, создание питомника по выращиванию сеянцев.

Хозяйственное значение. Используется аналогично березе плакучей – как лекарственное, красильное, дубильное, декоративное и кормовое. **Культивирование.** Имеется в Краснодаре, Ставрополе, Кисловодске, Пятигорске, Нальчике, Владикавказе.

Береза плакучая или бородавчатая – *Betula pendula* Roth.

Статус. Ледниковый реликт.

Дерево до 25 м высотой. Молодые побеги голые с многочисленными бородавками, красно-бурые. Кора стволов белая, гладкая, отслаивающаяся; старая – почти черная, трещиноватая. Листья яйцевидно-ромбические, остроконечные, при основании клиновидные, по краю дваждыпильчатые, 3...7 см длиной, 3...5 см шириной, сверху и снизу голые, в молодости клейкие. Черешки голые, 20...30 мм длиной. Тычиночные сережки желтые, пестичные – зеленые. В пазухе каждой чешуйки тычиночной сережки по 3 цветка. В чешуе пестичной сережки тоже по 3 цветка. Плод орешек. Размножается семенами.

Высокодекоративна, неприхотлива, растет быстро, живет в среднем 150 лет, не выносит застойного увлажнения.

Родина. Европа, Кавказ, Западная Сибирь, Алтай.

Распространение. Европейская часть бывшего СССР, Западная Сибирь, Алтай, Кавказ, Западная Европа. На Северном Кавказе встречается повсеместно. В ЧР березняки с березой плакучей встречаются повсеместно, но особенно в области Бокового и Елавного хребтов.

Места обитания. Растет в среднем и высокогорном поясе до высоты 2500 м над уровнем моря преимущественно на песчаниках и сланцевых субстратах. Обычно произрастает у верхней границы лесного пояса.

Запасы. Совместно с березой Радде и березой пушистой образуют березняки на значительных площадях, которые почти повсеместно сокращаются из-за рубок чабанами или местным населением на построения, дрова, а также из-за неумеренного выпаса скота у верхней границы леса.

Необходимые меры охраны. Усиление контроля за состоянием леса на верхнем пределе произрастания, умеренный выпас скота, создание березовых заказников в верховьях рек.

Хозяйственное значение. Пригодна для парковых и уличных посадок, озеленения пойм, склонов, каменистых участков. Медонос. В коре содержатся дубильные вещества. Древесина идет на выделку мебели, употребляется в фанерном производстве. Из древесины гонят уксус, древесный спирт, получают уголь. Из коры получают деготь. Береза – лекарственное растение. Из дегтя изготавливают масло *Oleum Rusci aethereum*, которое применяется внутрь от глистов, как мочегонное; снаружи – как антисептическое средство при язвах, сыпях и пр. Сок – освежающий напиток, для получения кваса, сиропа, уксуса, вина, в парфюмерии.

Культивирование. В культуре почти повсеместно, от низменности до высокогорий.

Ольха бородатая – *Alnus barbata* С.А. Мей.

Статус. Реликт третичного периода.

Дерево до 25 м высотой. Молодые побеги клейкие, голые или опушенные, с беловатыми чечевичками. Кора стволов серовато-бурая, трещиноватая. Почки тупые, голые, конические, до 15 мм в длину. Листья широкояйцевидные, обратнойяйцевидные или округлые, 6...13 см длиной, 4...9 см шириной, сверху темно-зеленые, в молодости опушенные, взрослые – голые, снизу более светлые, рассеянно-опушенные по всей поверхности. Тычиночные сережки цилиндрические, по 3 – 4 на концах побегов, пестичные (по 3 – 5) продолговато-овальные, 1,5...2 см длиной, на ножках 1,5...2 см длиной.

Цветет в апреле.

Более тепло- и влаголюбива, чем ольха клейкая. Растет быстро. Декоративна. Плодоносит с 8 – 10 лет. Плоды – мелкие односемянные орешки. Размножается семенами.

Родина. Кавказ, Малая Азия.

Распространение. Кавказ – Предкавказье, западная и восточная части Закавказья; Малая Азия. На Северном Кавказе встречается спорадически на всем пространстве от Черного до Каспийского моря, на низменности и в предгорьях.

Места обитания. Растет по берегам рек. Встречается большей частью на болотистых переувлажненных почвах, поднимаясь по долинам в горы до высоты 1500 м над уровнем моря.

Хозяйственное значение. Пригодна для озеленения речных пойм, водоемов пониженных мест. Рекомендуются для западных и восточных районов Предкавказья. Медонос и перганос. Древесина: на подводные и подземные постройки и сооружения, столярном и токарном деле, производстве фанеры. Кора: окрашивает шерсть в черный цвет, кожу – в желтый и красный, шелк – в серовато-желтый. Содержит дубильные вещества, пригодна для выделки тяжелых кож. Листья: в Грузии – потогонное, входят в сбор против ревматизма.

Культивирование. Выращивается в Нальчике.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что реликты семейства Березовые на территории Чеченской Республики представлены достаточно большим количеством видов.

Список литературы

1. Хасуева, Б. А. Третичные реликты в лесах Чечни и Ингушетии / Б. А. Хасуева, Ж. М. Астамирова, А. А. Теймуров // Юг России: экология, развитие. – 2008. – № 2. – С. 60–61.

2. Умаров, М. У. Третичные реликты флоры Чеченской Республики и вопросы их охраны / М. У. Умаров, М. А. Тайсумов // Вестник Академии наук Чеченской Республики. – 2014. – № 2. – С. 34 – 41.

А. А. Ефимов, канд. техн. наук, доц. кафедры «М и Т»,
М. А. Красин, В. В. Павлинов, П. В. Макеев, Л. В. Ромашкина
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

О ПЕРСПЕКТИВАХ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ УПАКОВКИ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Аннотация. Рассмотрена проблема утилизации отходов упаковки из полипропилена. Представлены различные способы утилизации данных отходов, одним из которых является их переработка во вторичное сырье, с последующей грануляцией и изготовлением из них различных изделий. Перспективным направлением переработки отходов полимеров является совмещение процессов вальцевания и экструзии в одном агрегате, что позволяет получить более эффективное техническое решение проблемы.

Ключевые слова: отходы упаковки, переработка, полипропилен, утилизация.

Пластические массы давно и успешно используются в жизни человека. Они часто применяются для упаковки пищевых и непищевых продуктов [1, 2]. Из них создают различные изделия обихода. Когда проходит срок службы изделий из пластмасс, они выбрасываются, чем создают серьезный урон экологии вследствие значительной продолжительности разложения и загрязнения окружающей среды ее продуктами [3, 4]. Отходы пластмасс могут и должны перерабатываться, благодаря чему можно получать новые изделия [5, 6].

Полипропиленом (ПП) называют полимер, который внешне представляет белое твердое вещество, создаваемое с помощью полимеризации. Материал служит для изготовления пленок, мешков, деталей для сидений машин, ингаляторов, одноразовых шприцов, крышек для бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ) [7, 8].

Со временем вещи становятся непригодными в использовании. Отходы полипропилена можно выбросить, но после попадания в мусоросжигательные печи материал распадается на компоненты, вредные для природы и человека [9, 10]. Но можно сдать ненужные изделия из полипропилена на переработку. Это позволит не допустить загрязнения среды, а также получить денежное вознаграждение. Из отходов получают новые товары народного потребления. Прием отходов полипропилена выполняют частные компании, которые занимаются их переработкой.

Из отходов ПП обычно изготавливают гранулы, которые затем вновь используются на предприятиях для изготовления предметов из пластика. Вторичный полипропилен более дешев, чем «первичный», но практически не уступает ему по самым важным свойствам. Это делает его выгодным для производства, и в итоге в современной промышленности не существует предметов, которые полностью изготовлены только из первичного или только из вторичного сырья [11, 12].

Одним из наиболее осязаемых результатов антропогенной деятельности является образование отходов, среди которых отходы пластмасс занимают особое место в силу своих уникальных свойств. Учитывая специфические свойства полимерных материалов (не подвергаются гниению, коррозии), проблема их утилизации носит, прежде всего, экологический характер [2, 4].

Основной путь использования отходов пластмасс – это их утилизация, т.е. повторное использование. Положительной стороной утилизации является также и то, что получается

дополнительное количество полезных продуктов для различных отраслей народного хозяйства и не происходит повторного загрязнения окружающей среды. По этим причинам утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы использования пластмассовых отходов [4, 13].

Для превращения отходов термопластов в сырье, пригодное для последующей переработки в изделия, необходима его предварительная обработка. Предварительная сортировка предусматривает грубое разделение отходов по различным признакам: цвету, габаритам, форме и, если это нужно и возможно, по видам пластмасс. Предварительную сортировку производят, как правило, вручную на столах или ленточных конвейерах; при сортировке одновременно удаляют из отходов различные посторонние предметы и включения. Разделение пластмасс производится при добавлении в воду поверхностно-активных веществ, которые избирательно изменяют их гидрофильные свойства. В некоторых случаях эффективным способом разделения полимеров может оказаться растворение их в общем растворителе или в смеси растворителей [2, 4]. Обработывая раствор паром, выделяют ПВХ, ПС и смесь полиолефинов; чистота продуктов – не менее 96%. Методы флотации и разделения в тяжелых средах являются наиболее эффективными и экономически целесообразными из всех перечисленных выше.

Подсчитано, что из ежегодно образующихся полимерных отходов в виде амортизированных изделий утилизации подвергается только незначительная. Причиной этого являются трудности, связанные с предварительной подготовкой (сбор, сортировка, разделение, очистка и т.д.) отходов, отсутствием специального оборудования для переработки и т.д. Газообразные продукты термического разложения пластмасс могут использоваться в качестве топлива для получения рабочего водяного пара. Жидкие продукты используются для получения теплоносителей.

В настоящее время наиболее приемлемым для России является вторичная переработка отходов полимерных материалов механическим рециклингом, так как этот способ переработки не требует дорогого специального оборудования и может быть реализован в любом месте накопления отходов [10]. Перспективным направлением переработки отходов полимеров является совмещение процессов вальцевания и экструзии в одном агрегате, что позволяет получить более эффективное техническое решение проблемы [14].

В результате из полученного гранулята получают упаковки для товаров бытовой химии, используют в качестве гидро- и теплоизоляционного материала как в виде готовых изделий (панели, плиты, кассеты, блоки), так и в виде полуфабриката (наполняющая основа полых элементов конструкций зданий). Эти изделия получают из «чистого» вторичного сырья. Однако более перспективным является добавление вторичного сырья к первичному в количестве 20...30%.

Список литературы

1. Букин, А. А. Тара и ее производство / А. А. Букин, С. Н. Хабаров, П. С. Беляев, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 1. – 88 с.
2. Утилизация полимерной тары и упаковки / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов, И. В. Шашков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 64 с.

3. Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов и др. // Строительные материалы. – 2013. – № 10. – С. 38 – 41.
4. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 188 с.
5. Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов, В. А. Фролов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. Научно-теоретический журнал. – 2014. – № 2(60). – С. 129 – 131.
6. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками / П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин, П. В. Макеев, В. А. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 264 – 271.
7. Проектирование и расчет валковых машин для полимерных материалов / А. С. Клинков, В. И. Кочетов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2005. – 128 с.
8. Основы проектирования экструзионных машин предприятий полимерных материалов / П. С. Беляев, А. С. Клинков, О. Г. Маликов и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2012. – 144 с.
9. К вопросу о комплексном решении проблем экологии и качества дорожных покрытий / П. С. Беляев, О. Г. Маликов, С. А. Меркулов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 39. – С. 184 – 189.
10. Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2012. – 81 с.
11. Проектирование смесителей периодического действия при получении композитов заданного качества из отходов термопластов / А. С. Клинков, М. В. Соколов, В. Г. Однолько, П. С. Беляев. – М. : Спектр, 2012. – 196 с.
12. Беляев, П. С. К вопросу получения резино-битумного концентрата для асфальтобетонных дорожных покрытий из изношенных автомобильных шин / П. С. Беляев, М. В. Забавников, О. Г. Маликов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 346 – 352.
13. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий / В. П. Беляев, А. С. Клинков, П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 19. – С. 169 – 171.
14. Изучение процесса переработки отходов термопластов на валково-шнековом оборудовании / П. В. Макеев, Д. Л. Полушкин, П. С. Беляев и др. // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : матер. VIII Междунар. науч.-инновационной молодежной конф. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2016. – С. 308 – 310.

Р. В. Жариков, д-р экон. наук, канд. пед. наук, доц., проф. кафедры «Экономическая безопасность и качество»,
Н. А. Сухарева, студентка кафедры «Экономическая безопасность и качество»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА С УЧЕТОМ ПРИРОДООХРАННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Аннотация. Исследована проблема оптимального распределения прибыли предприятия с учетом бережного отношения к окружающей среде. Рассмотрен механизм распределения прибыли, проанализированы возможные пути ее эффективного использования. Рациональное распределение прибыли возможно при условии взаимодействия с элементами в системе экономической безопасности организации с учетом аспектов природоохранной деятельности на предприятии.

Ключевые слова: нераспределенная прибыль, фонды накопления, фонды потребления, развитие предприятия, платежеспособность, экономическая безопасность предприятия, бережное отношение к природе.

Время не стоит на месте, и темп жизни увеличивается с каждым годом. Развитие науки и технологий открывает для нас все новые и новые возможности. Одни профессии сменяют другие за сравнительно небольшой период. Люди могут оказаться не востребованными с появлением нового оборудования на предприятии. Наука развивается с такой скоростью, что конкретная профессия уже не актуальна в данное время, а специалисты – выпускники вузов, только закончили свое обучение.

Чтобы этого не произошло, следует внедрять новейшие цифровые технологии в программы выпускающих учреждений. Это должно способствовать не только тому, что молодые специалисты по завершению обучения были бы в курсе всего технического и цифрового оснащения будущих рабочих мест, но и тому, что любое предприятие, имеющее желание и финансовую возможность, могло направить свои средства на дополнительное профессиональное обучение своих сотрудников. Таким образом, организация сможет не только сохранить специалистов, повысив их уровень образования, но и увеличить будущую прибыль за счет улучшения навыков работников.

В современной экономике, основанной на рыночных отношениях, актуально изучение сферы идеального соотношения направлений использования прибыли предприятий между государством, их владельцами и сотрудниками организации. Прибыль – это главный ресурс социального и экономического развития современных организаций. Использование прибыли – осуществление выбора направлений ее предстоящего распределения в соответствии с установленными целями и задачами самой организации.

Механизм распределения прибыли необходимо организовать так, чтобы были созданы условия, при которых использование средств на развитие предприятия осуществлялось по самому рациональному и эффективному пути. Вместе с этим необходимо обратить внимание на значения таких показателей как фондовооруженность, оборачиваемость оборотных средств, производительность труда и другие.

Прибыль предприятия в чистом виде может включаться в:

- 1) планирование расходов;
- 2) фонды накопления;
- 3) фонды потребления. [2, с. 83].

Направления распределения чистой прибыли предприятия:

1. Фонды накопления.
 - 1.1. Фонд производственного и научно-технического развития.
 - 1.2. Резервный фонд.
 - 1.3. Фонд социального развития.
2. Нераспределенная прибыль.
3. Фонд валютных отчислений.
4. Фонды потребления.
 - 4.1. Фонд материального поощрения.
 - 4.2. Дивиденды

Экономисты из Британии провели исследования и выяснили, что норма чистой прибыли в среднем должна быть равна 14%. Организации, которые получают менее 14%, скорее всего в будущем их ждет убыточное состояние или даже банкротство.

Промышленное предприятие, в ходе производства потребляет ресурсы из окружающей среды, т.е. использует для производственных нужд сырье и материалы, в том числе и воздух, воду, энергию различных видов. Из-за такого эксплуатирования в среду нашего обитания проникают загрязненные сточные воды, выбросы теплоты, происходит увеличение в близлежащей местности шума, вибрации, электромагнитных полей, ионизирующих веществ, а также негативно влияют на атмосферу газы и аэрозоли различные по своему химическому составу и твердые промышленные отходы. Поэтому при распределении прибыли стоит помнить не только об экономических аспектах, но и об экологических.

Основополагающими показателями адекватности мероприятий по природоохранной деятельности хозяйствующего субъекта являются качественные показатели окружающей среды, которые могут характеризоваться физическим, химическим, биологическим и другими показателями, а так же их совокупностью. Для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов установлены нормативы качества окружающей среды.

На практике применяются два основных направления природоохранной деятельности предприятия:

1. Очищение вредных выбросов. Данное направление подразумевает под собой установку очистных сооружений, которые снижают степень загрязнения окружающей среды. Но это не позволяет решить данную проблему полностью из-за того, что в ходе функционирования таких установок также выделяются опасные вещества. Вместе с тем, функционирование очистных приборов нуждается в огромных затратах энергии.

2. Ликвидирование причин загрязнения. В данном случае необходимо разработать малоотходные, а в дальнейшем и безотходные технологии производства, что наиболее эффективно с точки зрения как экологического, так и экономического аспекта.

Подходящее решение рационального использования прибыли можно найти только при взаимосвязанных движениях рычагов экономической системы. Хотелось бы озвучить несколько путей эффективного и рационального распределения прибыли.

Первый путь. Из чистой прибыли можно создать фонд производственного и научно-технического развития. С его помощью предприятие может профинансировать исследование новых видов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), приобрести улучшенные технологии. Цель таких мероприятий – повышение эффективности выпуска продукции на предприятии с помощью создания наукоемких товаров, нематериальных активов (рис. 1) [1, с. 334]. Реализация товаров играет важную роль. В первую очередь, потому что в итоге фактической продажи продукции различного вида на рынке компенсируются потраченные средства, ушедшие на производство. Во вторую очередь, продажа товаров и услуг – именно тот момент, когда продукция признается на определенном рынке. Нужно наращивать конкурентоспособность товаров за счет улучшения качества или понижения цены, все время проводить изучение спроса потребителей, направить свои усилия на диверсификацию ассортимента. В свою очередь, регулирование ассортиментом товаров способствует увеличению прибыли и притоку денежных средств. Различные задержки в реализации продукции нарушают темп производства, вследствие чего и уменьшается результативность деятельности предприятия [3, с. 74–75].

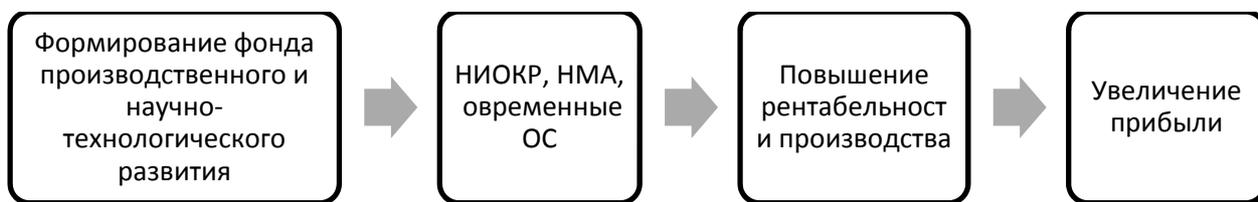


Рис. 1. Результаты формирования фонда развития производства

Второй путь заключается в следующем. Предприятие может создать резервный фонд, который будет служить гарантом исправной работы и принятия во внимание интересов третьих лиц. Кредиторы и акционеры должны быть уверены в платежеспособности предприятия, возвратности предоставленных ссуд [5] (рис. 2). Резервный капитал можно создать как в акционерных обществах, так и в обществах с ограниченной ответственностью. Согласно ст. 35 Федерального закона от 26.12.95 г. № 208-ФЗ (в ред. от 29.06.2015 г.) «Об акционерных обществах» резервный фонд общества предназначен для того, чтобы покрыть его убытки; погасить облигации общества; выкупить акций общества в случае отсутствия иных средств. Резервный фонд не может использоваться для других целей» [4].

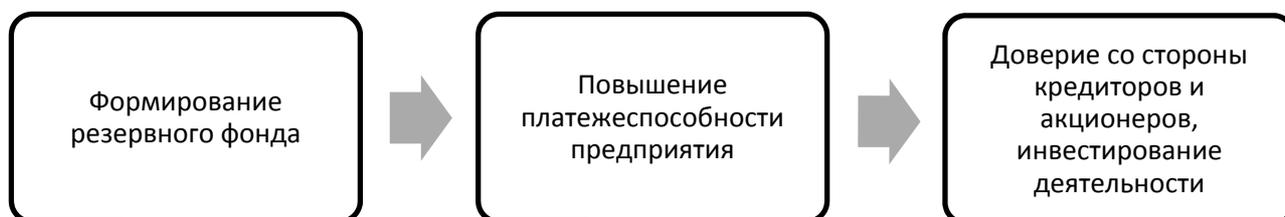


Рис. 2. Эффективность формирования резервного фонда

Вариант третий. Предприятие может создать фонд материального поощрения (ФМП). Денежные средства из данного фонда можно направить на выдачу премий, различного рода вознаграждений, в некоторых случаях материальную помощь, а также на погашение скидок

с оптовой цены за производство бракованных изделий и прочее. Главная задача ФМП – содействовать обеспечению целостности системы экономических интересов. Согласование интересов предприятия с индивидуальными интересами работника достигается с помощью механизма применения денежных средств из фонда согласно закону распределения по труду. Данный фонд является стимулом повышения производительности и эффективности труда. Поэтому понижается себестоимость товаров и, как следствие, становится больше прибыль организации (рис. 3).



Рис. 3. Положительные результаты формирования ФМП

В условиях рыночной экономики предприятию необходим эффективный и экономически обоснованный подход к развитию своей деятельности для определения финансовой и производственной политики, анализа и оценки полученных результатов.

Прибыль представляет собой не только основной источник удовлетворения внутренних потребностей предприятия, но и обретает все большую значимость в создании бюджетов абсолютно различных уровней, внебюджетных ресурсов и благотворительных фондов. Она представляет собой основную движущую силу рыночных отношений, которая обеспечивает интересы страны, собственников и персонала компаний различных видов.

Финансовая защищенность предприятия будет гарантирована в том случае, если установлены основные стратегические курсы обеспечения безопасности бизнеса, создана точная логическая модель оперативного выявления и ликвидации вероятных угроз и опасностей, снижения негативных последствий риска в хозяйственной деятельности.

Для экономической безопасности на предприятии необходимо создать и реализовать механизм, обеспечивающий безопасность в области экономики. Такие требования устанавливаются с помощью критериев экономической безопасности и ее уровнем. Главными условиями, которые учитываются в создании структуры механизма предоставления финансовой защищенности компаниям, являются минимизирование расходов, адаптирование к нововведениям и увеличение области применения услуг инфраструктуры рынка. Данные требования способны сделать немаловажное воздействие на образование доходов предприятия, гарантировав при этом наивысшую его финансовую защищенность.

Главные задачи координации прибыли:

1. Определение источников повышения прибыли с помощью производственной деятельности, инвестиционных и финансовых операций
2. Оценка рентабельности производственной и коммерческой деятельности.
3. Выявление предпринимательских рисков.
4. Упрочнение конкурентного положения организации благодаря повышению эффективности распределения и применения прибыли.

В рамках процесса осуществления экономической безопасности предприятия необходимо выбрать критерий, который будет показывать количественную оценку степени защищенности экономики организации. К тому же, такую оценку степени экономической безопасности следует проводить с использованием тех показателей, которые применяются при составлении плана, учете и анализе деятельности организации.

В процессе реализации экономической безопасности предприятия стоит грамотно выбирать критерии.

Критерий экономической безопасности предприятия – это показатель количественной оценки уровня экономической безопасности на данном предприятии. Кроме этого, такую оценку уровня экономической безопасности необходимо осуществлять с помощью тех показателей, которые используются в планировании, учете и анализе деятельности предприятия, что является предпосылкой практического использования этой оценки.

Критерии экономической безопасности определяются с помощью следующих подходов.

1. Индикаторный. Оценить уровень экономической безопасности организации, основываясь на данном подходе, можно определить с высокой точностью базы сравнения, т.е. индикаторов. Именно в этом случае степень точности индикатора является большой проблемой, заключающейся в том, что сегодня нет определенной методической базы для определения индикаторов, которая должна принимать во внимание все особенности деятельности организации. Данный подход имеет место на макроуровне, ведь там показатели индикаторов более устойчивы.

2. Ресурсно-функциональный подход. Согласно данному подходу оценивание степени экономической безопасности предприятия производится на основе оценки условий применения ресурсов по специфическим критериям. Наряду с этим в роли ресурсов признаются факторы бизнеса, применяемые владельцами и менеджерами организации для достижения коммерческих целей. Если прибыль отсутствует или предприятие терпит убытки, то нет смысла рассуждать о соблюдении интересов организации и, вследствие этого, о том, что существует экономическая безопасность на предприятии. Наоборот, в таком случае предприятие реально находится на грани банкротства. Можно сказать, что данный подход базируется лишь на полученном организацией доходе.

3. Третий подход. Он основан на сопоставлении расчетной величины реинвестируемой прибыли организации с объемом денег, которые необходимы для расширенного воспроизводства капитала. Такой подход к установлению критерия степени экономической безопасности организации базируется, в свою очередь, и на признании величины расширенного воспроизводства капитала предприятия для его поступательного развития в динамике.

Прибыль в праве можно рассмотреть, как одно из условий логического завершения экономической безопасности в организации. Рассмотрев понятие «экономическая безопасность предприятия», выяснено, что как объекту управления ему присущи специфические особенности [6].

Руководителям необходимо организовывать направления распределения прибыли так, чтобы ни одна из сторон экономики на данном предприятии не понесла потери и убытки, а также обеспечить благосостояние своего предприятия. От всех сторон деятельности предприятия зависит размер прибыли. Усовершенствованное использование основных производственных фондов, внедрение современных цифровых технологий в производство – значит то, что наращивается производительность труда, сравнительно снижаются расходы на содержа-

ние и эксплуатацию основных производственных фондов, уменьшаются амортизационные отчисления в себестоимости продукции. Вследствие этого, экономность использования материальных ресурсов увеличивает прибыль и эффективность ее распределения, в том числе на природоохранную деятельность [7].

Список использованных источников

1. Гаврилова, А. Н. Финансы организаций (предприятий) / А. Н. Гаврилова, А. А. Попов. – М. : КНОРУС, 2011. – 608 с.
2. Евлоев, Р. М. Особенности распределения прибыли в российских корпорациях / Р. М. Евлоев // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. – № 32. – С. 82 – 87.
3. Кириллова, Л. Н. Виды прибыли в системе управления прибылью / Л. Н. Кириллова // Экономический журнал. – М. : Каллиграф. – 2009. – № 16 – С. 57 – 76.
4. Никитина, С. Использование чистой прибыли организации. [Электронный ресурс] / С. Никитина. – URL : <http://www.klerk.ru/buh/articles/21218/> (дата обращения: 02.10.2018 г.)
5. Центр управления финансами. Использование прибыли предприятия. [Электронный ресурс]. – URL : <http://center-yf.ru/data/economy/Ispolzovanie-pribyli-predpriyatiya.php> (дата обращения: 02.10.2018 г.)
6. Бондарская, Т. А. Источники устойчивого социально-экономического роста / Т. А. Бондарская, О. В. Бондарская // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2009. – № 1(15). – С. 197 – 199.
7. Бондарская Т. А. Научное наследие академика В. И. Вернадского / Т. А. Бондарская, М. А. Евстюхина // Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В. И. Вернадского. – 2009. – № 9. – С. 28 – 30.

А. В. Козачек¹, канд. пед. наук, доц., заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», **С. Г. Толстых**¹, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Информационные процессы и управление», **В. В. Чекмарев**², ведущий научный сотрудник
¹(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия;
²Среднерусский филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», п. Новая Жизнь, Тамбовский р-н, Тамбовская обл., Россия)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОГОДЫ

Аннотация. Рассмотрена задача разработки автоматизированной информационной системы проектирования (АИС) прогноза болезней растений на основе факторов погоды на основе объектно-ориентированного подхода. Разработана объектная модель предлагаемой АИС на языке UML.

Ключевые слова: болезни растений, бурая ржавчина, граничные значения, прогноз, факторы погоды, автоматизированная информационная система, язык UML.

Введение

В настоящее время особое внимание уделяется составлению прогнозов болезней сельскохозяйственных культур. Составление данных прогнозов является важнейшим элементом в процессе принятия управленческих решений в аграрном секторе, способствующих увеличению сельскохозяйственной продукции. В связи с этим, особое внимание уделяется разработке компьютерных программ, которые позволят значительно упростить и ускорить процессы обработки и анализа данных, а также повысить достоверность математических расчетов. В статье предлагается разработка информационной системы прогноза болезней растений на основе граничных факторов погоды.

Обзор существующих компьютерных программ, используемых для прогноза болезней растений

Для решения задач прогнозирования болезней растений созданы различные библиотеки и пакеты прикладных программ. Приведем некоторые из них.

Одной из интересных разработок является «Геоинформационная система для мониторинга основных болезней пшеницы», которая состоит из геопространственной базы данных и библиотеки электронных карт территории РФ различного масштаба. Программа выполняет визуальный анализ фитосанитарной ситуации [1].

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии Россельхозакадемии разработал «Консультативные системы по защите пшеницы от бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы», которые учитывают комплексное влияние биотических и абиотических факторов, воздействующих на растения и возбудителей болезней. Программа построена в диалоговом режиме. Для принятия правильного решения пользователь должен ответить на ряд вопросов о фитосанитарной, агроэкологической и хозяйственно-экономической обстановке каждого конкретного поля [2].

ООО «Агродозор» (<http://www.agrodozor.ru/>) создана «Информационная система поддержки принятия решений по борьбе с заболеваниями растений «АГРОДОЗОР», которая включает экспертные модели развития болезней озимой и яровой пшеницы, характеристики

устойчивости сортов, базы данных по пестицидам. Система в автоматическом режиме получает метеорологическую обстановку на поле, данные дистанционного зондирования поверхности земли, анализирует комплекс биотических и абиотических факторов, влияющих на развитие болезней, и выдает рекомендации по проведению защитных опрыскиваний посевов химическими фунгицидами, биопрепаратами или индукторами устойчивости [3].

Общим для вышеуказанных программных продуктов является то, что в качестве источника исходной информации служат результаты непосредственных измерений и наблюдений на полях. Это данные с датчиков, установленных на сельскохозяйственной технике и растениях, автоматических метеостанций. А для передачи и распространения информации используют телекоммуникационные сети и, в первую очередь, интернет.

Принципиально новым подходом для прогнозирования болезней сельскохозяйственных культур является метод использования универсальных формул прогноза, составленных на основе граничных факторов погоды [4]. Ранее требуемые вычисления по данной методике проводились с использованием программы Excel, что является крайне неудобным для пользователя. В Excel отсутствует возможность просматривать и управлять связями данных в таблице, просмотр, понимание и использование данных из электронной таблицы занимает много времени, часть информации может потеряться. Предлагаемая разработка информационной системы устраняет все вышеперечисленные недостатки использования Excel.

Описание АИС прогноза болезней растений на основе факторов погоды

Разрабатываемая АИС прогноза болезней растений на основе факторов погоды должна обеспечивать формирование единой базы данных для ввода и хранения информации, расчетов формул факторов погоды, отчетов согласно выбранным параметрам и иметь удобный для пользователя интерфейс.

В соответствии с поставленной задачей была разработана физическая модель базы данных (БД) информационной системы (ИС) прогноза болезней растений на основе факторов погоды (рис. 1). Разработанная модель БД обеспечивает хранение и обработку информации о факторах погоды, необходимых для расчета прогноза болезней растений.

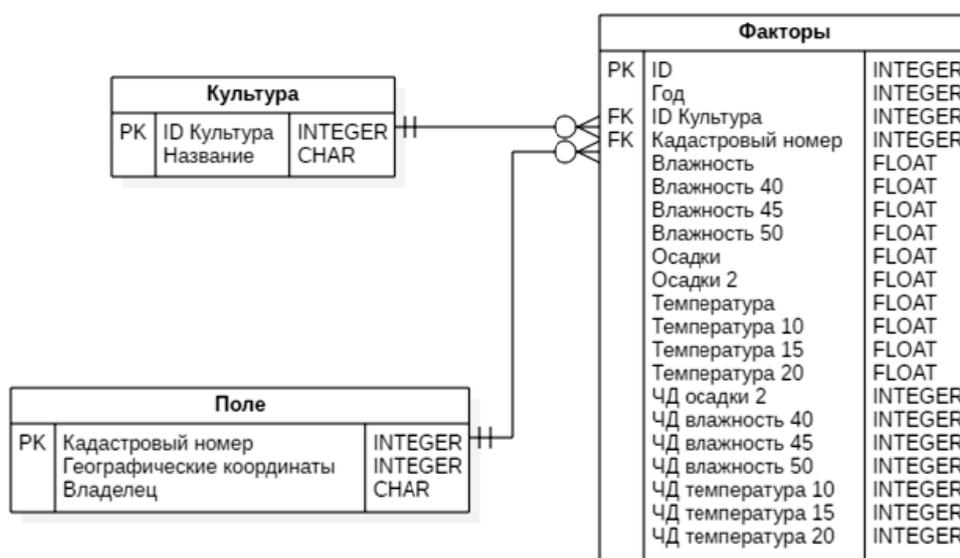


Рис. 1. Модель базы данных информационной системы прогноза болезней растений на основе факторов погоды

БД была спроектирована в среде Microsoft SQL Server, что позволяет обеспечить надежный способ хранения данных для любых целей, расширение по мере наполнения информацией, без заметного уменьшения быстродействия операций с записями. Обеспечение схемы БД первичными ключами, а также «связями» между отношениями, представляющими собой внешние ключи, позволяет обеспечить целостность, надежность и максимальную защиту от искажений БД.

В ходе разработки структуры базы были созданы следующие таблицы:

- 1) культура – таблица предназначена для хранения и корректировки информации о сельскохозяйственных культурах;
- 2) поле – таблица предназначена для хранения и корректировки информации о сельскохозяйственных полях;
- 3) факторы – таблица предназначена для хранения и корректировки информации о годовых погодных факторах. В качестве внешних ключей в данной таблице используются ключевых поля таблиц «Поле» и «Культура».

Для проектирования интерфейса ИС была разработана объектная модель на языке UML, для которой диаграмма «последовательности» представлена на рис. 2.

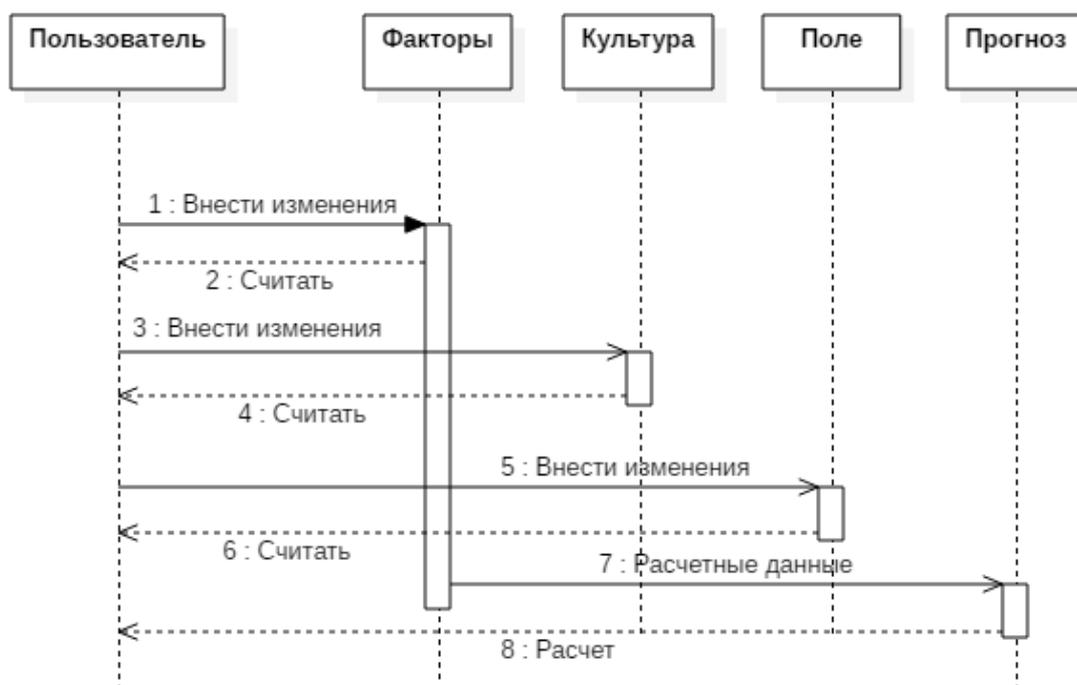


Рис. 2. UML диаграмма «последовательности»

В состав модели входят следующие блоки: «Факторы», «Поле», «Культура», «Прогноз» (рис. 2). Первые три блока позволяют пользователю вносить изменения в БД, обеспечивая тем самым заполнение расчетных графунифицированных таблиц блока «Прогноз».

На диаграмме «деятельности» языка UML (рис. 3) представлена последовательность работы с ИС.

UML-диаграмма классов представлена на рис. 4. В разработанной ИС используются 4 класса, которые предназначены для создания, удаления, изменения записей, а также для заполнения расчетных полей БД.

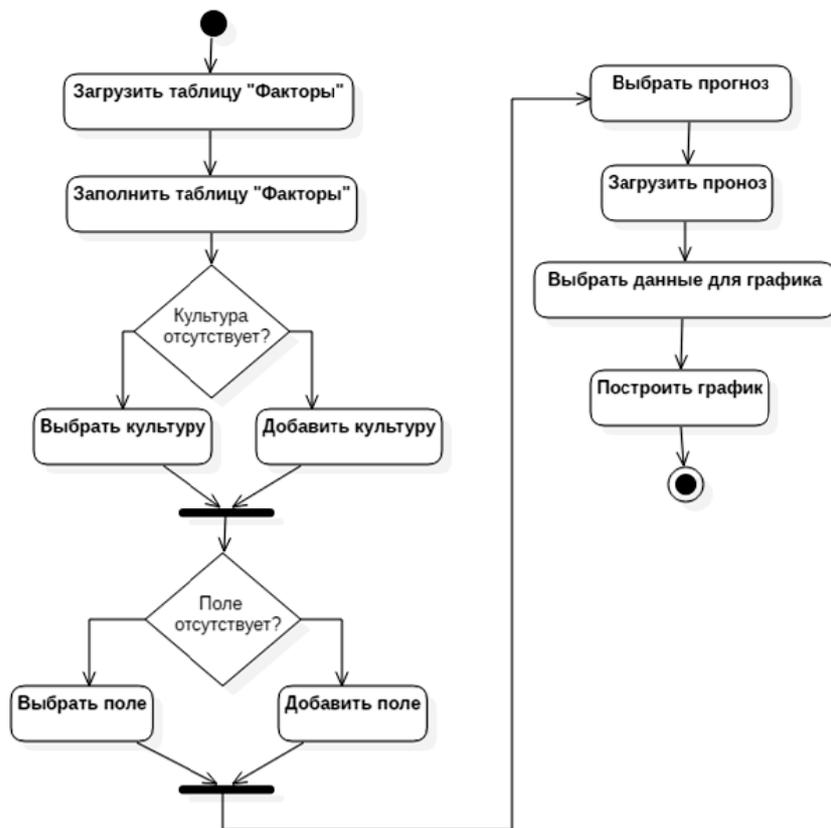


Рис. 3. UML-диаграмма «деятельности»

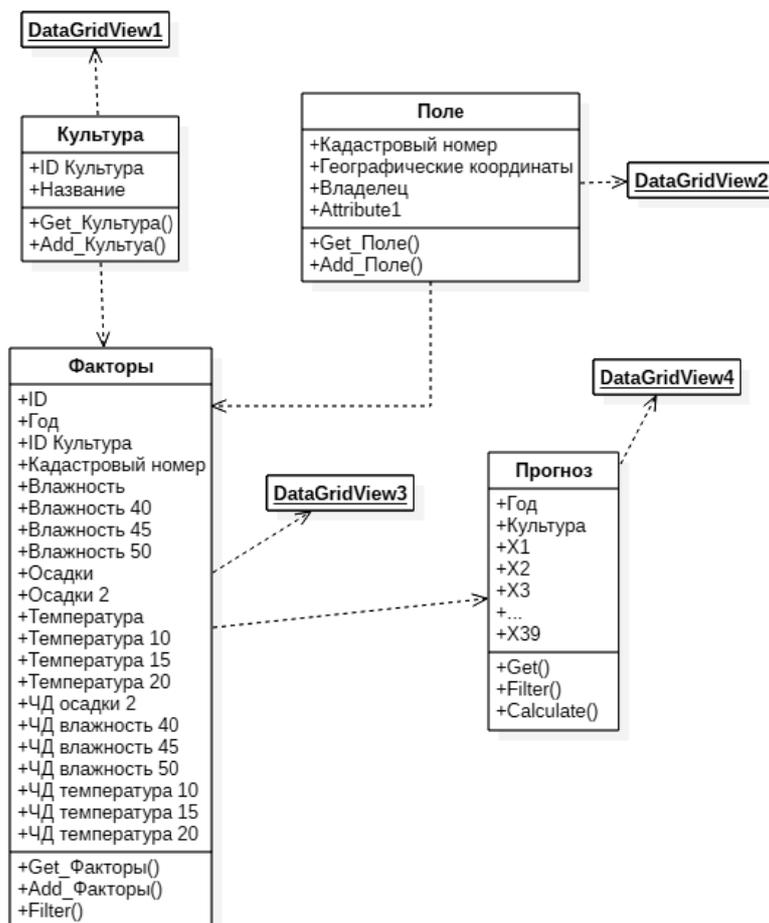


Рис. 4. UML-диаграмма «классов»

Выводы

Спроектированная ИС дает возможность удобного ввода, редактирования, удаления, хранения данных, и производить расчет прогноза болезней растений на основе факторов погоды.

Список литературы

1. Ибрагимов, Т. З. Геоинформационная система «Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур на территории РФ» / Т. З. Ибрагимов, С. С. Санин // Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России : Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 78–79.
2. Никифоров, Е. В. Компьютерная справочно-консультативная система «Защита пшеницы от болезней» / Е. В. Никифоров, С. С. Санин // Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений : Междунар. конф. – 2015. – С. 262 – 265.
3. Боровский, К. В. Новый подход к развитию систем поддержки принятия решений по борьбе с эпидемичными заболеваниями пшеницы / К. В. Боровский, С. С. Санин // Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль : материалы Междунар. конф. Большие Вяземы, Московской области ; 13 – 17 ноября 2017. – Вып. 8. – С. 359 – 367.
4. Построение формул прогноза болезней растений на основе граничных значений факторов погоды / В. В. Чекмарев и др. // Вопросы современной науки и практики ; Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 15 – 22.

А. В. Козачек, канд. пед. наук, доц., заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», **Ю. А. Феоκлистов**, **О. А. Шанина**, **А. А. Антипова**, студенты кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В ДОЖДЕВЫХ ОСАДКАХ С. ПЕТРОВСКОЕ ПЕТРОВСКОГО РАЙОНА

Аннотация. Рассмотрены особенности организации и результаты оценки содержания свинца в дождевых осадках с. Петровское Петровского района.

Ключевые слова: дождевые осадки, свинец, Петровский район.

На загрязнение дождевых осадков с. Петровское Петровского района воздействуют выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, бытового мусора, железнодорожного транспорта. Особенно большое количество выбросов в атмосферу попадает от автомобильного транспорта. Ввиду относительно низкого уровня промышленности в Петровском районе транспорт становится основным загрязнителем атмосферы. Одним из наиболее токсичных загрязнителей в выбросах автотранспорта является свинец.

Попадая в атмосферу, многие загрязнения подвергаются химическим или фотохимическим превращениям с участием компонентов воздуха. Конечные продукты химических превращений удаляются из атмосферы с осадками или выпадают на поверхность Земли с аэрозолями, попадая на поверхность биологических объектов, строительных конструкций и других предметов, загрязнения и продукты их превращения интенсифицируют физико-химические процессы разрушения органических веществ, металлов и неорганических материалов.

Ущерб, наносимый живой природе атмосферными загрязнениями и продуктам производственной деятельности человека трудно оценить, но гибель лесов, загрязнение водных бассейнов, распространение аллергических заболеваний, нарушение биологического равновесия в экосистемах не в последнюю очередь связаны с высокими концентрациями агрессивных примесей в атмосфере.

Кроме того, загрязнение свинцом дождевых осадков может оказывать влияние и на комфортность существования человека в населенных пунктах, поэтому должно учитываться соответствующими методиками оценки [1].

Схема воздействия загрязненных дождевых осадков на компоненты окружающей среды показана на рис. 1.

На данный момент существует мнение относительно возможного попадания свинца от автотранспорта в почвы и воды водоемов. Однако относительно дождевых осадков такой оценки нет.

Поэтому задачей данной работы является оценка загрязненности свинцом дождевых осадков с. Петровское Петровского района.

Технология исследования представлена на рис. 2.

Отбор проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05–85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» [2].

Лабораторный анализ проводился на кафедре «Природопользование и защита окружающей среды» Тамбовского государственного Технологического Института. Анализ проб проводился в соответствии по пособию [3].

Интересно, что в ходе анализа свинец ни в одной пробе обнаружен не был. Из этого можно сделать вывод об отсутствии влияния загрязнения транспорта свинцом на верхние слои атмосферы и на дождевые осадки с. Петровское Петровского района. Соответственно, нет причин считать дождевые осадки на данной территории негативно воздействующими на компоненты окружающей среды в плане загрязнения соединениями свинца.

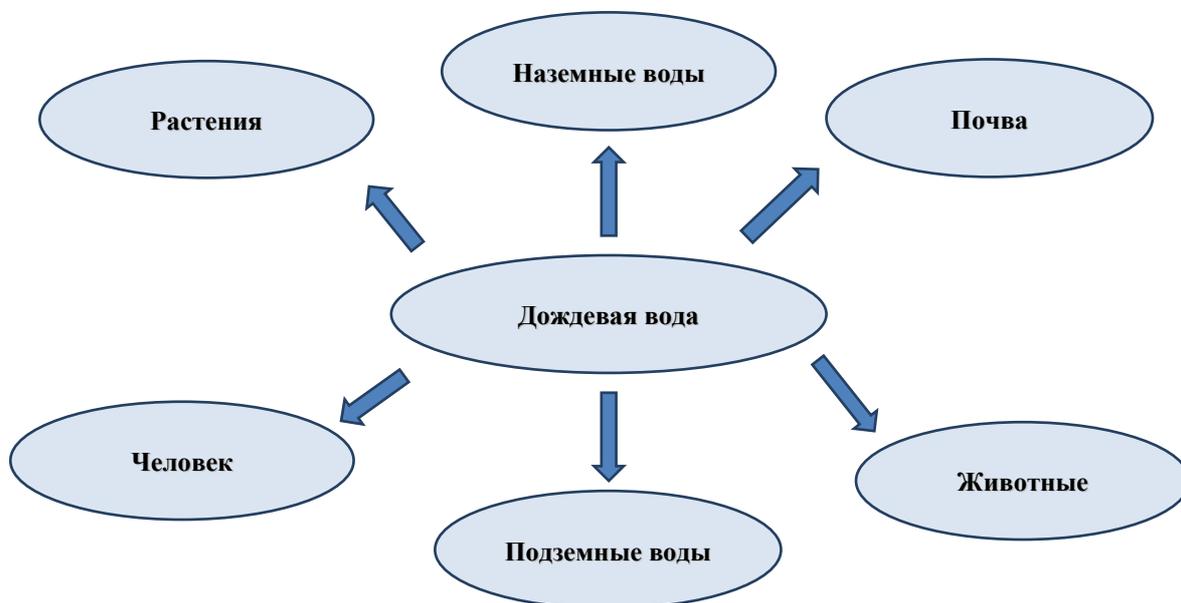


Рис. 1. Схема воздействия загрязненных дождевых осадков на компоненты окружающей среды

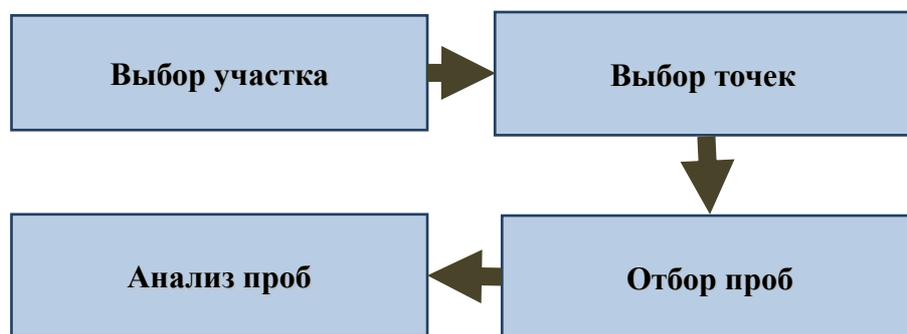


Рис. 2. Технология исследования загрязнения дождевых осадков

Список литературы и источников

1. Буковский, М. Е. Система показателей для оценки комфортности жизни в новых и проектируемых районах муниципальных образований / М. Е. Буковский ; под общ. ред. профессора Н. В. Яковенко // Муниципальные образования современных регионов: проблемы исследования, развития и управления в условиях геоэкономической и политической нестабильности : материалы Первой Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 14–15 апреля 2016 г. ; ВГУ; Воронежское отд. РГО ; Воронежский отдел АрГо. – Воронеж : Изд.-полиграф. центр «Научная книга», 2016. – С. 207 – 209.

2. ГОСТ 17.1.5.05–85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».

3. Якунина, И. В. Экология: лабораторные работы : учебно-методическое пособие / И. В. Якунина, О. В. Пещерова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. –37 с.

Т. С. Кузнецова, аспирант кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»,
Т. В. Пасько, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»
 (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МЕЗОПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ НАНОСОРБЕНТ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ВОДНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Посвящена проблеме загрязнения водных систем нефтепродуктами, способам количественного определения их содержания, а также методам и инновационным наноматериалам для очистки водных сред от загрязнителей.

Ключевые слова: загрязнение вод нефтепродуктами, наносорбент, углеродные наноматериалы, фотометрические методы.

Проблема загрязнения окружающей среды нефтепродуктами крайне актуальна для экологической обстановки не только для нашего региона, но и для страны в целом. Продукты переработки нефти крайне разнообразны: различные виды топлива, масла, растворители, битумы, керосины, углеводороды и т.д. Сфера применения разнообразна, объемы потребления такого вида продукции огромны. Отказаться от применения продуктов нефтепереработки в эпоху современного развития промышленности и народного потребления, конечно, невозможно. Нефтепродукты – один из главных загрязнителей водных систем.

На законодательном уровне разработана нормативно-правовая база, определяющая предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в водных системах.

1. Нормативы содержаний нефтепродуктов (мг/дм³) в различных водах [1]

Предельно допустимые концентрации							
Питьевая вода		Бутилированная питьевая вода		Природная вода		Сточная вода	Ливневые стоки
Децентрализованного водоснабжения	Централизованного водоснабжения	1 категории	Высшей категории	Культ.-быт.	Рыб.-хоз.		
Не установлен	0,1	0,05	0,01	0,3	0,05	4	0,05

Определить содержание нефтепродуктов в водной системе можно различными методами: гравиметрическим, флуориметрическим, УФ-спектрофотометрическим, ИК-спектроскопии, газовой хроматографии, канальной тонкослойной хроматографии и другими.

Поскольку состав нефтепродуктов представлен разнообразной номенклатурой компонентов, большинство методов рассчитано на определение каких-либо определенных компонентов и уже на их основе делается вывод о содержании концентраций в пробе. Стоит отметить, что для построения градуировочного графика, как например в методе люминесценции, требуется стандартный образец такого же качественного и количественного состава, как и рассматриваемая проба. На данный момент не существует абсолютного метода, определяющего

щего качественного и количественного содержания всей номенклатуры компонентов нефтепродуктов. Для объективной картины требуется применение нескольких методов.

Для очистки водных сред используются различные методы [2].

- Термический (применяется при разливе нефти с толщиной слоя более 3 мм).
- Механический (сбор загрязненной воды с толщиной пленки 1...3 мм нефтесборщиками, требуется дополнительная очистка перед возвратом воды в водоем).
- Химический (реагенты позволяют выводить нефть в виде осадка, что невозможно для применения в естественных условиях).
- Микробиологический (затруднения вызывает длительность и трудоемкость процесса, эффективен при малых концентрациях в небольших водоемах).
- Физико-химический (основан на использовании сорбентов, на данный момент является наиболее эффективным и безопасным).

Кроме традиционных методов разрабатываются методы: биосорбционный, магнитный, озонирование, флотационно-кавитационный, с использованием магнитных наночастиц.

В своей работе мы сосредоточились на физико-химическом методе очистки водных сред от нефтепродуктов. В качестве сорбента был выбран мезопористый углеродный наносорбент. Для оценки количественного содержания нефтепродуктов применяли метод люминесценции.

Использование прибора «Флюорат» позволяет оценивать количественное содержание нефтепродуктов в пробе за счет экстракции необходимых компонентов растворителем с последующей оценкой интенсивности их люминесценции.

Проведенные эксперименты показали эффективность рассматриваемого сорбента с сорбционной емкостью порядка 65 мг/г при исходной концентрации загрязнителя 25 мг/л.

Список литературы и источников

1. Куцева, Н. К. Нормативно-методическое обеспечение контроля качества воды / Н. К. Куцева, А. В. Карташова, А. В. Чамаев // Журнал Аналитической химии. – 2005. – Т. 60, № 8. – С. 886 – 893.
2. Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами [Электронный ресурс] / Н. М. Привалова, М. В. Двадненко, А. А. Некрасова и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 113(09). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-ochistki-vod-ot-zagryazneniy-neftyu-i-nefteproduktami> (дата обращения: 15.05.2019).

В. В. Кухар, канд. филос. наук, доц., доц. кафедры «Государственное и муниципальное управление»,
Г. Н. Ротанов, д-р экон. наук, доц., заведующий кафедрой «Государственное и муниципальное управление»
(Крымский федеральный университет, Симферополь, Россия)

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Аннотация. Предложено обеспечить устойчивое развитие и экологическую безопасность за счет производительного источника роста и синтеза экологической и экономической деятельности.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экологическая безопасность, глобальные проблемы, природный капитал, охрана окружающей среды.

Индустриальная революция развила общество однобоко, вызвав дефицит ресурсов, рост числа отходов с вредными свойствами, сделав невозможной их естественную регенерацию и рекреацию в условиях природы. Этот процесс становится необратимым из-за накопления вредных веществ, представляя угрозу как биологической, так и социальной жизни на планете в виде ряда глобальных проблем. По подсчетам, до экологического апокалипсиса осталось мало времени, если не принять упреждающих мер. Возникает проблема того, как избавиться от возникшей угрозы и перечисленных негативных следствий.

Проблема не нова, ее пытаются решать давно, но пока безуспешно. Еще не менее важная проблема того, что **человечество не знает как остановить экологический апокалипсис**. Предполагается, что этому препятствуют три причины: в познании и деятельности общество и природа рассматриваются порознь и не видятся целым. Отсутствуют конкретные научные исследования экологических и глобальных проблем в их связи с организацией общества. Не существует единого устойчивого управляющего воздействия на континуум: человек, общество, природа.

«Идея устойчивого развития», выдвинутая вначале 1970-х гг., сводится больше к «идее» «существования» или даже «выживания» [1, с. 361 – 367; 2, с. 5 – 8]. Римским клубом разработана **концепция устойчивого развития общества**. Она предполагает предотвращение мировой глобальной катастрофы вследствие диспропорций в потреблении ресурсов, антропогенно-природных катаклизмов, межрегиональных экономических различий. Предлагаются меры по созданию «экологической и экономической стабильности» и глобального равновесия. Но природу используют прагматически и меркантильно для извлечения прибыли.

Концепция стала основой для формирования аналогичных национальных концепций перехода «к устойчивому развитию» [3, с. 45 – 49]. Однако для своей успешной реализации концепция не обеспечена средствами и ресурсами, т.е. концепция уже хороша провозглашением и выдвинутыми ею целями, но плоха в своем исполнении. Решение обозначенных выше проблем требует изменить не только способ осмысления окружающего мира и построения на данной основе реалистичной концептуальной программы преобразовательных действий, но и подходов к осуществлению этих действий.

Главный недостаток *концепции устойчивого развития общества* – уход от проблем человека и их содержания. В деятельности людей равновесие природы и общества зависит больше от устойчивости общества, где человек – главная фигура, могущая стать преобразователем природы. По мнению главы Римского клуба А. Печчеи, человечеству предстоит пережить революцию человека (однако он «забыл» объяснить, что она собой представляет). Эту революцию можно представить как обретение человеком свойств капитала. Нынешняя ситуация видится как форма естественного капитала, которую условно можно назвать **природным капиталом**. Этот вид капитала представляется запасами, которые накоплены действиями сил природы. Но сегодня **природный капитал** обрел тенденцию к стремительному истощению. Эстафету принимает человек, который обладает свойствами капитала (кратко, *человек-капитал*).

Человек-капитал обретает способность производить значительно больше, чем потреблять за счет энерговооруженности силами природы, заключенными в орудиях труда. Для обретения такой способности человек должен иметь право обладать результатом собственного труда, а не той зарплатой, напоминающей *амортизацию*. Обладание результатом труда является мощным стимулом мотивации человека к более интенсивному и производительному труду. В данном пункте необходимо *сделать уточнение к пониманию устойчивого развития*. В нем нет главного – источников развития. Их три: **экстенсивность**, что предполагает рост количества ресурсов; **интенсивность**, которая увеличивает напряженность труда («потовыжимание»); **производительность**, в которой два показателя: рост выпуска продукта за единицу времени и экономия ресурсов на единицу продукции. Отсюда видно, что под устойчивым развитием понимается расточительный экстенсивный источник роста, ведущий к самым негативным экологическим последствиям [4]. Производительный источник применить сегодня невозможно, потому что резкий рост выпуска продукции адекватно понизит на него цену, разорит собственников средств производства, разрушит их монополию на обладание производимым продуктом труда.

В праве обладать результатом собственного труда человек-производитель получает возможность бесконечно увеличивать результат труда. Разница между результатом и затратами образует **прибавочный продукт**, обеспечивающий удовлетворение целого комплекса потребностей: расширенное воспроизводство человека-производителя, развитие его способностей; прогресс общества; восстановление рекреационных свойств природы; воспроизводство *экосистем, георесурсов* и обеспечение **экологической безопасности**. Отсюда **устойчивое развитие должно определяться не экстенсивным, а производительным источником роста**. Производительный тип устойчивого развития решает экологические проблемы и нивелирует экологический апокалипсис.

Общество находится непосредственно в окружающем мире природы. С одной стороны, оно – часть природы, в которой совместно действуют люди. С другой стороны, оно есть результат их совместной жизни и деятельности. Общество изменяется как пространственно, так и во временных исторических интервалах, расширяя в природе ареал обитания, в процессе экономической деятельности испытывая воздействие природы, оставаясь ее частью, как очеловеченная природа, приспособленная для жизнедеятельности людей.

Это изменение общества позитивно, характеризуя его развитие, в котором содержится огромный смысл. Из него в виде некоторой тенденции вытекает необходимость поступа-

тельного, непрерывного развития в едином континууме: человека, общества и окружающего их пространства. Как только их развитие прекращается, общество (цивилизация) немедленно распадается и исчезает из истории. Чтобы общество могло непрерывно и устойчиво существовать (т.е., развиваться), оно должно непрерывно совершенствоваться.

Благодаря труду связи между обществом и природой обрели тенденцию к развитию. В истории общества можно выделить ступени развития как связей, так и взаимодействия между обществом и природой. Общество всецело подчинено природе **на первой ступени** и удовлетворяется теми предметами потребления, которые находятся в ней в готовом виде. Они произведены силами природы. **На второй ступени** общество приходит к необходимости **производить** предметы потребления, которые отсутствуют в природе на основании роста деятельности. Появление производства выводит общество из зависимости от природы или уменьшает ее.

Последующее развитие общества связано с такими критериями, как сила и мощь интеллекта, орудий труда, рабочей и производительной силы. Но **главной остается вторая ступень**, в условиях которой возникает производство самых элементарных предметов потребления: еды, одежды, комфортных условий. Оно характеризуется двумя обстоятельствами: тем, что исходное производство было аграрным, что для этого производства использовались не только природные материалы, но и силы природы.

Расширяя обмен веществ с природой, общество преобразует окружающую среду, используя достижения предыдущих эпох, и передает ее в наследство будущим поколениям, превращая ресурсы природы в средства социально-экономической жизни. Решение экологических проблем предполагает своим условием собственный труд человека, результат которого превышает затраты, давая **прибавочный продукт**, служащий средством для приспособления окружающей среды к своим потребностям и ее совершенствования.

Практика выработала такой показатель состояния внешней среды, как **экологическая безопасность**. Ее рассматривают как «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий» [5]. Но существует и другой сходный показатель – **охрана окружающей среды**. Она – «комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на окружающую среду» [6]. Охрана окружающей среды – это продолжение человеческой деятельности в глобальном масштабе. Главная проблема в охране окружающей среды – в том, что она выглядит самоцелью, оторванной от решения хозяйственных задач, и финансируется по остаточному принципу, что переводит ее во второстепенную задачу.

Ее решение заключается в том, чтобы охрану окружающей среды сделать приоритетной задачей, более даже важной, чем какая-либо другая народно-хозяйственная задача. Связь экологии и социальной экономики специфична для любой страны и определяется географическим, геополитическим положением и климатическими условиями: протяженностью побережья, рельефом, удобным в размещении промышленности, сферы обслуживания, аграрного производства и расселения населения, что обеспечивает его жизнедеятельность [7].

Есть два направления обеспечения экологической безопасности. **Первое** из них предусматривает реструктуризацию производительных сил, что связано с наличием вредоносных

видов производств, нерациональным использованием промышленной зоны. **Второе** направление предусматривает развитие и совершенствование условий, которые являются необходимыми и достаточными для рекреации людей, их среды и отходов. Это – здоровье людей, питание, воспитание гигиены, развитие связи, транспорта, энергетики, средств профилактики стрессовых и конфликтных ситуаций, природный фон в процессе рекреации (отдыха и лечения), производство экологически чистой продукции. Второе направление должно **объединить экологические и экономические затраты**. Стоимость рекреации окружающего пространства и отходов войдет в стоимость произведенного продукта, что замкнет цикл воспроизводства человека, общества, окружающей среды в единое целое, представляющее в целом расширенное воспроизводство общества и его окружающей среды.

Важно вписать экологическую деятельность и охрану среды в социально-экономическую деятельность. Это будет означать, что эта деятельность приобрела способность к расширенному воспроизводству среды обитания человечества, обеспечивая **гармонию человека, общества и природы**. Это можно обеспечить **резким ростом производительности труда**, накоплением преобразовательных возможностей общества с помощью социального капитала. Тогда **капиталом становятся регенеративные свойства природы**, которые нейтрализуют продукты человеческой деятельности в виде производственных отходов при возвращении их в природу [8, с. 556 – 613]. Этот процесс становится социально управляемым, обеспечивая **устойчивое развитие и экологическую безопасность**.

Список литературы и источников

1. Горюнов, В. П. Идея устойчивого развития на современном этапе / В. П. Горюнов // Ученые записки ТНУ. Сер. Философия. Социология. – 2008. – Т. 21, № 4. – С. 361 – 367.
2. Коптюг, В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию / В. А. Коптюг // Информационный обзор. Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г. – Новосибирск : РАН СО, 1992. – С. 5 – 8.
3. Горбань, А. В. Концепция устойчивого развития как политическая доктрина современной цивилизации / А. В. Горбань // Культура народов Причерноморья. Научный журнал. – 2006. – № 76.
4. Устойчивое развитие [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.cawater-info.net/bk/14-1.htm> (дата обращения: 15.05.2019).
5. Экологическая безопасность [Электронный ресурс]. – URL : <https://jurisprudence.club/teoriya-gosudarstva-prava-uchebnik/83ekologicheskaya-bezopasnost.html> (дата обращения: 16.05.2019).
6. Охрана окружающей среды [Электронный ресурс]. – URL : <https://ru.wikipedia> (дата обращения: 16.05.2019).
7. Аствацатуров, А. Е. Философия научного оптимизма в решении планетарных экологических проблем [Электронный ресурс] / А. Е. Аствацатуров. – URL : <http://www.dissercat.com/contentfilosofiya-nauchnogo-optimizma-v-reshenii-planetarnykh-ekologicheskikh-problem#ixzz2SRwuOHNm> (дата обращения: 05.05.2013).
8. Кухар, В. В. Взаимодействие общества и природы: проблемы и их решение // Философия капитала (Капитал II) : монография / В. В. Кухар. – Симферополь : ДИАЙПИ, 2015. – 628 с.

В. Ю. Литницкий, магистрант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», **Н. В. Алексеева**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СОКРАЩЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА БЕЛОФОРА ОБ ЖИДКОГО

Аннотация. Проведен анализ технологии производства белофоров, актуализирована задача уменьшения количества сточных вод путем очистки промывных вод технологической линии и возврата очищенной воды в производство. В качестве процесса предварительной очистки основного этапа обратноосмотического разделения исследован процесс ультрафильтрационного разделения водных растворов, содержащих следы отбеливателей.

Ключевые слова: фильтрация, отбеливатели, Белофоры.

Вода является наиболее дешевым и общедоступным видом сырья, используемым в различных технологических процессах. Тем не менее от воды и способа ее применения зависит качество выпускаемой продукции, энергетические затраты на производство и экологическая безопасность окружающей среды.

В зависимости от технологического назначения к качеству воды предъявляют определенные требования.

Основная часть потока воды идет на технологические нужды и от эффективности ее использования зависит не только ее потребление, качество выпускаемой продукции, но и количество сбрасываемых стоков, загрязняющих окружающую среду.

В условиях ужесточения требований к экологической обстановке вокруг химических предприятий, встает вопрос не только более эффективного использования водных ресурсов, но и снижения образующихся стоков.

Одним из путей решения возникающей задачи является создание технологии очистки сточных вод. Применение мембранных процессов для очистки всех цеховых стоков ограничивается их сложным составом и высоким солесодержанием. Ввиду особенности процесса обратного осмоса увеличение содержания в воде солей приводит к необходимости увеличения рабочего давления до 45...50 атм.

При производстве оптического отбеливателя используется большое количество воды, которая после использования больше не пригодна для повторного включения в производство. Так, для производства отбеливателей жидких форм на тонну готового продукта уходит около 2,5 м³ сточной воды, а на производство сухих отбеливателей – 11 м³.

В работе исследован процесс мембранного разделения промышленных стоков производства Белофора ОБ жидкого. Для эффективной очистки сточных вод белофора необходимо было подобрать такие мембранные процессы, которые бы позволяли максимально удалить из воды органические компоненты – частицы целевого продукта – отбеливателя и неорганические компоненты, растворенные в воде, – побочные продукты реакций.

Промышленные стоки были обработаны на ультрафильтрационной мембранной установке с использованием керамических мембранных элементов с диаметром пор 50 нм. Виды керамических мембранных элементов представлены на рис. 1.

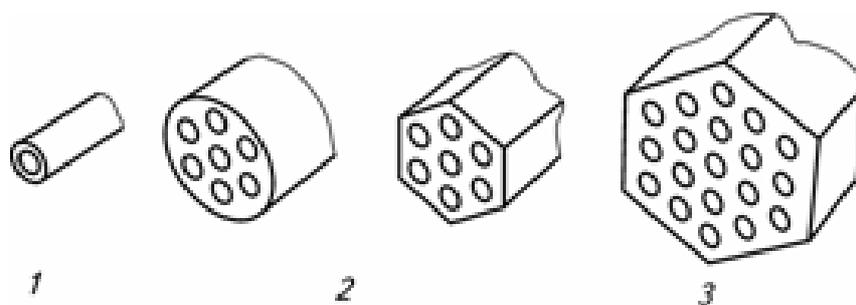


Рис.1. Керамические мембранные элементы

Характеристика используемых мембранных элементов: количество каналов – 1; внешний диаметр – 10 мм; диаметр каналов – 7 мм; площадь фильтрации – 0.026 м²; площадь протекающей жидкости на одну трубку – 38 мм².

Давление исходного раствора на входе 3,5 кгс/см², на выходе 1,5 кгс/см². Расход исходной смеси 1,8 м³, производительность элемента по очищенной воде – 1,32 л/ч.

В результате проведения экспериментов было получено снижение электропроводности раствора за счет уменьшения количества железа и снижение количества отбеливателя в пробах. Все данные приведены в табл. 1.

1. Результаты предварительного ультрафильтрационного разделения сточных вод производства белофора ОБ жидкого

№ п/п	Показатель	Значение	
		До ультрафильтрации	После ультрафильтрации
1	рН	9,5	9,5
2	Железо _{общ} , мг/дм ³	5,2	2,91
3	Жесткость _{общ} , мг/дм ³	2,0	1.5
4	Хлориды, мг/дм ³	9489,2	9489
5	Электропроводность, мСм/см	24 780	16 590
6	Белофор, %	0,15	0,04

По полученным данным видно, что ультрафильтрация не позволяет в полной мере достичь степени очистки достаточной для уровня качества, позволяющего повторно использовать очищенные стоки в производстве.

Проанализировав полученные данные, ясно видно, что в стоках производства белофора растворены в большом количестве соли, которые невозможно удалить с помощью ультрафильтрационного разделения, и требуется более глубокая очистка, возможная только при помощи обратноосмотического разделения.

Был проведен процесс обратноосмотического разделения сточных вод на лабораторной обратноосмотической установке с площадью мембраны – 24,6 см². Тип обратноосмотической мембраны МГА-95. Рабочее давление – 20 кгс/см². Результаты исследования приведены в табл. 2.

2. Результаты обратноосмотического разделения сточных вод производства белофора ОБ жидкого

№ п/п	Показатель	Результат
После обратноосмотического разделения		
1	рН	8,3
2	Железо _{общ} , мг/дм ³	0,2
3	Жесткость _{общ} , мг/дм ³	1,0
4	Хлориды, мг/дм ³	221,2
5	Электропроводность, мСм/см	661,8
6	Белофор, %	0

Полученные данные показали, что использование обратноосмотической мембранной установки позволяет в полной мере достичь нужной степени очистки, достаточной для уровня качества, позволяющего повторно использовать очищенные стоки в производстве. Повторное использование очищенных сточных вод позволит сократить потребление артезианской воды и уменьшить количество сбрасываемых сточных вод.

Список литературы и источников

1. Исследование процесса очистки сточных вод на ПАО «Пигмент» / Т. А. Сухорукова, В. Я. Борщев, Л. Г. Михайлова и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – № 1. – С. 129 – 134.
2. Кинетические зависимости и технологическая эффективность электрохимического мембранного разделения сточных вод на предприятиях / О. А. Абоносимов, М. А. Кузнецов, О. А. Ковалева и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – № 4. – С. 641 – 655.
3. Абоносимов, Д. О. Применение мембранных технологий в очистке сточных вод гальванопроизводств / Д. О. Абоносимов, С. И. Лазарев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – № 2. – С. 306 – 313.
4. Рудобашта, С. П. Экспериментальное исследование процесса мембранной дистилляции при опреснении морской воды / С. П. Рудобашта, С. Ю. Махмуд / Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. – 2010. – № 1. – С. 108 – 112.
5. ГОСТ 30813–2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения ; введ. 01-01-2004. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 18 с.
6. Исследование кинетических коэффициентов обратноосмотического разделения слабоминерализованных растворов сточных вод / А. М. Акулинчев, О. А. Абоносимов, С. И. Лазарев, А. В. Краснова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – № 3. – С. 941 – 943.
7. Образование динамических мембран при ультрафильтрационном разделении биологических растворов / С. И. Лазарев, А. А. Лавреченко, В. Л. Головашин и др. // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 4. – С. 49 – 51.

В. А. Ломакина, студент направления «Техносферная безопасность»,
В. Ю. Богомолов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Природопользование
и защита окружающей среды»,
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

РАСЧЕТ МЕМБРАННОЙ ЛИНИИ ОЧИСТКИ СТОКОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫЕ АНИЛИНА

Аннотация. Существующие методы очистки сточных вод имеют ряд существенных недостатков. Предложен новый метод очистки сточных вод на основе обратного осмоса

Ключевые слова: усреднение сточных вод, обратный осмос, нейтрализация.

На настоящий момент бытовые стоки – это колоссальная проблема как с точки зрения экологии и окружающей среды, так и с экономической стороны.

На предприятии «ОАО НИИХИМПОЛИМЕР» существует проблема загрязнения сточных вод анилинсодержащими компонентами при производстве продукта «Нитрозан С».

Анилин ядовит, оказывает негативное воздействие на центральную нервную систему. В организм анилин проникает при дыхании, в виде паров, а также через кожу и слизистые оболочки. Вдыхание через кожу усиливается при нагреве воздуха или приеме алкоголя.

Предельно допустимая концентрация анилина в воздухе рабочей зоны 3 мг/м^3 . В водоемах (при их промышленном загрязнении) – ПДК $0,1 \text{ мг/л}$ (100 мг/м^3) [1].

Существующий способ очистки анилинсодержащих стоков на предприятии заключается в восстановлении сточных вод чугушной стружкой в кислой среде с последующей нейтрализацией и биохимической доочисткой на общезаводских очистных сооружениях Ивано-Франковского завода тонкого органического синтеза.

Данный метод имеет ряд недостатков: транспортировка загрязненной сточной воды технологически сложна, кроме того, предприятие вынуждено платить и за очистку сточных вод, и за ее транспортировку; для существующего метода очистки необходим большой объем чугушной стружки с последующей утилизацией шлама.

Так как существующий метод очистки сточных вод на предприятии энергозатратен и имеет технологические сложности, нами был предложен новый метод очистки сточных вод на основе обратного осмоса [2].

Технологическая схема приведена на рис. 1 и содержит следующие стадии:

- 1) усреднение сточных вод;
- 2) нейтрализация;
- 3) процесс очистки на мембранном аппарате.

Первая стадия – это усреднение сточных вод. В производстве нитрозана «С» сточные воды образуются на стадиях нитрозирования монометиланилина и фильтрации суспензии N,4-динитрозомонометиланилина, поэтому для сбора сточных вод необходима приемная емкость, в которую сточная вода будет поступать в процессе ее образования. Сточная вода насосом подается в аппарат с мешалкой, где значение pH доводится до необходимого.

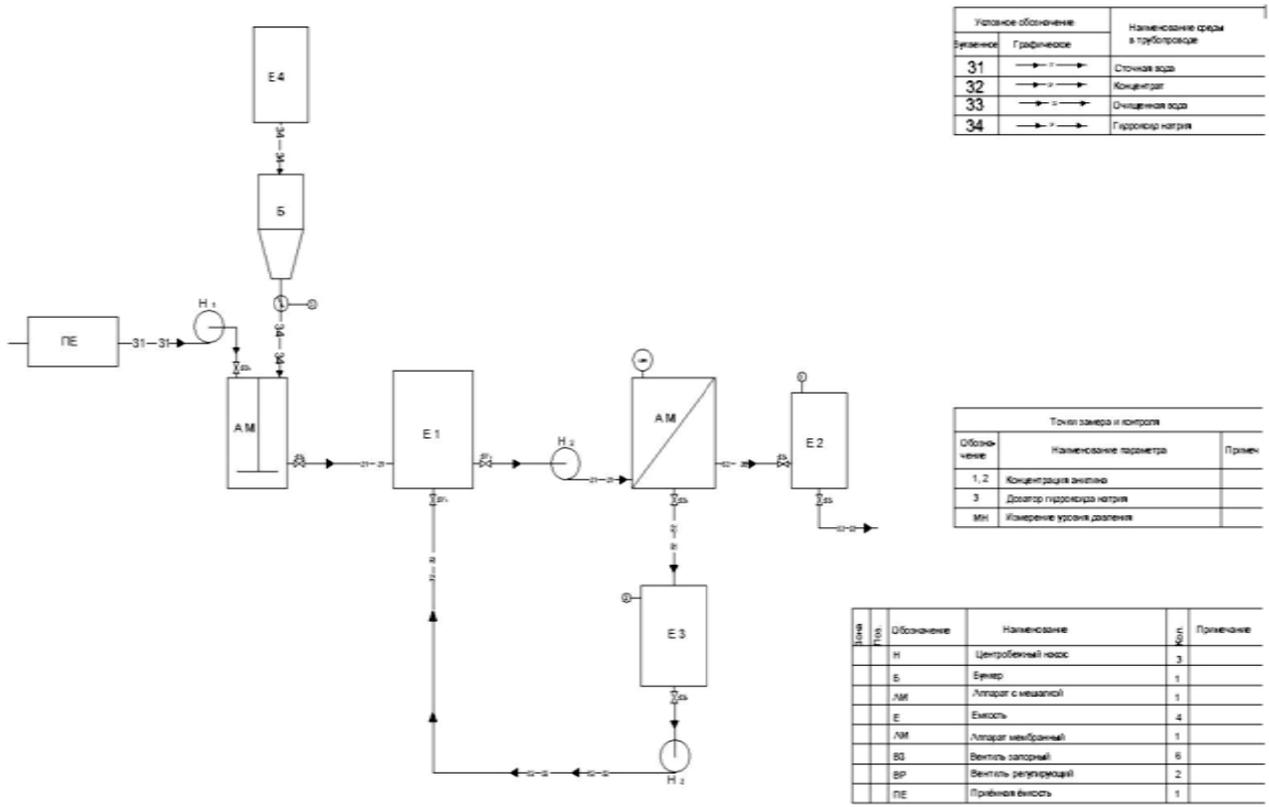


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод

Вторая стадия – нейтрализация. Для того чтобы сточная вода прошла процесс очистки в мембранном аппарате, ее значение рН должно быть не ниже 3. Сточная вода после производства нитрозана С имеет рН 0,3, поэтому ее необходимо подщелачивать гидроксидом натрия. Для этого через мерник подают гидроксид натрия, который вместе со сточной водой перемешивается в рамной мешалке. После перемешивания сточная вода попадет в накопительную емкость, откуда насосом в нужном количестве подается в мембранный аппарат.

Третья стадия – обратный осмос. На данной стадии сточная вода проходит непосредственный процесс очистки на мембранном аппарате.

После очистки пермеат попадет в накопительную емкость (поз. Е2), а концентрат поступает в сборную емкость (поз. Е3). После пройденного цикла очистки, концентрат повторно поступает в накопительную емкость (поз. Е1), и цикл очистки повторяется до полного удаления анилин-содержащих компонентов из сточной воды.

В учебном пособии Ю. И. Дытнерского [3] приведен расчет установки обратного осмоса, на основе которого авторы проводили расчеты.

Расчет мембранного аппарата. При производстве нитрозана С на предприятии проходят 3 стадии, с образованием сточных вод с концентрацией анилинсодержащих веществ: на первой стадии составляет 21,4 г/л, на второй стадии 21,9 г/л и на третьей стадии 21,6 г/л. Выберем для расчета концентрацию на стадии 2, так как концентрация анилинсодержащих веществ на данной стадии максимальная.

Разрабатываемый метод очистки обратным осмосом должен соответствовать существующей степени очистки сточных вод. Для этого предлагаемая мембрана должна быть с селективностью $\phi = 0,95 \dots 0,99$.

Начальная концентрация $x_{1н} = 2,19\%$.

Задаемся конечной концентрацией $x_{1к}$, содержащей растворенных веществ в концентрате $x_{1к} = 3,285\%$.

Производительность $G = 0,25$ кг/с.

Допустимое содержание анилина в стоках не должно превышать 15% от исходной концентрации очищаемого раствора или 0,3285% (масс).

В имеющийся литературе по разделению анилинсодержащих стоков обратным осмосом применяется давление от 1МПа до 4 МПа.

Определение степени концентрирования на ступени обратного осмоса. Степень концентрирования равна

$$K = x_{1н}/x_{1к}$$
$$K = 3,285/2,19 = 1,5. \quad (1)$$

При работе на нейтральных растворах наибольшее распространение получили ацетатцеллюлозные мембраны, которые характеризуются хорошими разделительными свойствами, но не являются химически стойкими в щелочных и сильно кислых средах (рабочий диапазон $3 < \text{pH} < 8$). Так как стоки при производстве нитрозана С являются сильно кислыми ($\text{pH} = 0,3..0,7$), то необходимо перед подачей их на мембрану подщелачивать NaOH до $\text{pH} = 3$. Для этого необходимо в раствор, подаваемый на фильтрацию, объемом 15 л/мин присыпать по 390 г NaOH в минуту.

Нужной селективностью для очистки сточных вод обладает мембрана марки МГА 100 с селективностью 0,935 по расчетам К. С. Лазарева [1].

Приняв, что наблюдаемая селективность равна истинной, определим среднюю концентрацию \bar{x}_2 растворенного вещества в фильтрате по формуле:

$$\bar{x}_2 = x_{1н} \frac{1-K-\frac{1-\varphi}{\varphi}}{1-K-\frac{1}{\varphi}}, \quad (2)$$
$$\bar{x}_2 = 2,19 \frac{1-1,5-\frac{1-0,935}{0,935}}{1-1,5-\frac{1}{0,935}} = 0,17\% \text{ (масс)}.$$

Полученное значение ниже допустимых 0,3285% (масс) концентрации в очищенных стоках, поэтому выбираем рассматриваемую мембрану МГА 100.

Определим удельную производительность данной мембраны по чистой воде. Производительность G_0 по фильтрату равна $25 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$,

Тогда А, константа проницаемости по воде, будет равна:

$$A = G_0 / \Delta p, \quad (3)$$
$$A = 6,9 \cdot 10^{-3} / 4 = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{МПа}).$$

Примем в первом приближении, что проницаемость G по сточным водам равна G_0 . $G = G_0 = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

Расход фильтрата равен:

$$L\varphi = L_n (1 - K^{-\frac{1}{\varphi_1}}) = 0,25 \cdot (1 - 1,5^{-\frac{1}{0,935}}) = 0,08796 \text{ кг}/\text{с}. \quad (4)$$

Рабочая поверхность мембраны равна:

$$F = \frac{L\varphi}{G} = \frac{0,08796}{6,9 \cdot 10^{-3}} = 12,74 \text{ м}^2. \quad (5)$$

Выбор аппарата и определение его основных характеристик. Среди аппаратов рулонного типа наиболее перспективные аппараты, каждый модуль которого состоит из нескольких совместно навитых рулонных фильтрующих элементов (РФЭ). Выберем аппарат с РФЭ типа ЭРО-Э-6,5/900.

Рабочая поверхность мембраны в одном модуле F_M равна произведению F_3 на число элементов в модуле:

$$F_M = F_3 \cdot n_3 = 1,315 \cdot 5 = 6,57 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Примем, что аппарат состоит из двух модулей. Тогда рабочая поверхность мембран в аппарате:

$$F_H = 2F_M = 13 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Для модулей ЭРО-Э-6,5/900 оптимальный расход 100 л/с (0,278 кг/с).

Общее число аппаратов в мембранной установке:

$$n = F/F_a = 12,74/13 = 0,98 \approx 1. \quad (8)$$

Секционирование не требуется, так как при расчете получаем 1 аппарат.

Расчет наблюдаемой селективности мембран

Средняя скорость в секции равна:

$$\omega = \frac{Ln}{\rho \delta_{cb}} = \frac{0,25}{1000 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 0,083 \text{ м}, \quad (9)$$

$$d_3 = 2\delta_c = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad (10)$$

$$Re = \frac{\omega d_3}{\nu} = \frac{0,083 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{0,956 \cdot 10^{-6}} = 86,82. \quad (11)$$

Режим течения разделяемого раствора в аппарате – ламинарный. Определяем критерий Pr_k

$$Pr_k = \frac{k}{D_k} = \frac{0,956 \cdot 10^{-6}}{1,292 \cdot 10^{-9}} = 73. \quad (12)$$

Для нахождения среднего по длине канала значения Nu' в случае ламинарного потока в щелевых и кольцевых каналах можно использовать критериальное уравнение.

$$Nu' = 1,67 Re^{0,34} (Pr)'^{0,33} (d_3 / l)$$

$$Nu' = 1,67 \cdot 86,82^{0,34} \cdot 739^{0,33} (1 \cdot 10^{-3} / 0,83)^{0,3} = 9,18. \quad (13)$$

Коэффициент массоотдачи

$$\beta = Nu' D / d_3 = 9,18 \cdot 1,281 \cdot 10^{-9} / (1 \cdot 10^{-3}) = 1,17 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}. \quad (14)$$

Поперечный поток

$$U = G/\rho = 6,9 \cdot 10^{-3} / 1014 = 6,80 \cdot 10^{-6}. \quad (15)$$

Рассчитаем наблюдаемую селективность по формуле:

$$\lg = \frac{1-\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{U}{2,3\beta} + \lg \frac{1-\varphi_u}{\varphi_u}, \quad (16)$$

$$\lg = \frac{1-\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{6,80 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 1,17 \cdot 10^{-5}} + \lg \frac{1-0,935}{0,935},$$

$$\varphi_1 = 0,889.$$

Определим расход фильтрата при данной селективности:

$$L\varphi = L_n (1 - K^{-\frac{1}{\varphi_1}}) = 0,25 \cdot (1 - 1,5^{-\frac{1}{0,889}}) = 0,0916. \quad (17)$$

Расход фильтрата $L\varphi = 0,0916$ кг/с.

Уточним рабочую поверхность мембраны по полученному расходу:

$$F = \frac{L\varphi}{G} = \frac{0,0916}{6,9 \cdot 10^{-3}} = 13,27 \text{ м}. \quad (18)$$

Значение F превысило площадь мембраны в одном аппарате. Рассчитаем общее число аппаратов в мембранной установке:

$$n = F/F_a = 13,27/13 = 1,02 \approx 2. \quad (19)$$

Проведем секционирование, так как требуемое число аппаратов равно 2, то в данном случае будет рационально их параллельное соединение.

Средняя концентрация \bar{x}_2 растворенного вещества в фильтрате при $\varphi_1 = 0,889$ равна

$$\bar{x}_2 = 2,19 \frac{1 - 1,5^{-\frac{1 - 0,889}{0,889}}}{1 - 1,5^{-\frac{1}{0,889}}} = 0,30\% \text{ (масс.)}. \quad (20)$$

Полученное значение не превышает допустимых 0,3285% (масс) концентрации в очищенных стоках, поэтому примем рассчитанную мембранную установку.

Мембранная установка состоит из 2-х модулей ЭРО-Э-6,5/900, позволяющих очищать сточные воды с 2,19% (масс.) до 0,3 % (масс.), т.е. в 7,3 раза. Объемный расход чистых стоков составляет 3,45 л/мин., что составляет 23% от подаваемого раствора (15 л/мин), что сопоставимо с существующим методом очистки, в котором утилизации требуют значительные объемы чугуновой стружки со шламом и загрязненными стоками.

Полученный концентрат может быть отправлен на повторный цикл очистки в рассчитанной мембранной установке для дальнейшего выделения очищенной воды. Или может быть утилизирован тем же методом, каким проводилась утилизация стоков с отработанной чугуновой стружкой при традиционном методе очистке.

Таким образом, нами была предложена и рассчитана линия мембранной очистки сточных вод, состоящая из 3х стадий: усреднение, нейтрализация, обратный осмос, позволяющая очищать концентрацию сточных вод с 2,19% (масс.) до 0,3% (масс.), т.е. в 7,3 раза. Объемный расход чистых стоков составляет 3,45 л/мин., что составляет 23% от подаваемого раствора (15 л/мин).

Список литературы и источников

1. ГН 2.1.5.689–98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.gosthelp.ru/text/GN21568998Predelnodopusti.html>
2. Электрохимическая гиперфильтрационная очистка сточных вод от реагентов производства химикатов-добавок [Электронный ресурс]. – URL : https://new-disser.ru/_avtoreferats/01006604381.pdf
3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – М. : Химия, 1991. – 496 с.

А. А. Метальников, студент магистратуры, **А. Т. Джуматаева**, студент магистратуры,
В. В. Матюкин, студент бакалавриата,
В. Я. Борщев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры
«Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ЦЕХЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОАО «ПРОГРЕСС»

Аннотация. Проведен анализ условий труда в цехе термической обработки деталей промышленного предприятия. Исследовано влияние на персонал в процессе трудовой деятельности химических факторов, производственного шума, микроклимата и тяжести трудового процесса. Предложены мероприятия по улучшению условий труда в цехе термической обработки деталей.

Ключевые слова: термическая обработка, вредные факторы, условия труда, оценка.

Комфортные и безопасные условия труда оказывают существенное влияние на производительность труда, которая повышается, в первую очередь, за счет сохранения здоровья человека. Одновременно с улучшением условий труда и его безопасности снижается производственный травматизм и число профессиональных заболеваний. Поэтому главной задачей руководства промышленных предприятий является обеспечение комфортных и безопасных условий труда [1].

Во всех предприятиях и организациях в соответствии с Федеральным законом № 426-ФЗ [2] должна проводиться специальная оценка условий труда с целью выявления опасных и вредных факторов на рабочих местах. В результате проведения оценки условий труда устанавливается класс условий труда: оптимальные, допустимые, вредные и опасные. С помощью специальной оценки условий труда выявляются вредные факторы производственной среды, негативно действующие на работников. Кроме того, при этом оцениваются рабочие места на соответствие нормативам.

Настоящая работа посвящена оценке условий труда в цехе термической обработки деталей на промышленном предприятии.

Для разработки рекомендаций по улучшению условий труда, режимам труда и подбору работников, на производстве ОАО «Прогресс» в цехе проведена специальная оценка условий труда.

Безопасная работа в цехе термической обработки во многом определяется наличием у работников средств индивидуальной защиты и их использованием в производственном процессе [3]. Поэтому проведено исследование наличия и эффективности применения средств индивидуальной защиты на рабочих местах. В результате установлено, что работники цеха полностью обеспечены средствами индивидуальной защиты. В частности персонал, обслуживающий печи термической обработки, обеспечен костюмом с огнезащитной пропиткой для защиты от повышенных температур; фартуком из огнестойких материалов; кожаными ботинками с защитным подноском; комбинированными рукавицами; защитными очками; суконными рукавицами.

Для оценки условий труда по вредным (опасным) производственным факторам в рабочей зоне цеха выполняли замеры:

- концентрации химических веществ для выявления содержания вредных примесей в воздухе рабочей зоны, два раза в год;
- уровень шума с целью выявления и нормирования в производственном цехе, два раза в год;
- параметры микроклимата измеряют два раза в год или по мере поступления заявки в лабораторию;
- характеристики тяжести трудового процесса.

По итогам замеров установлено, что значения основных вредных производственных факторов в целом соответствуют нормативным значениям.

Результаты оценки условий труда оформляются в виде специальной карты.

Основным технологическим оборудованием в процессе термической обработки металлических деталей является печь химико-термической обработки. При эксплуатации печи на обслуживающий персонал действуют различные вредные факторы. В процессе исследования условий труда в цехе термической обработки деталей в качестве основного вредного производственного фактора выбрана концентрация химических веществ в воздухе рабочей зоны. В процессе нитроцементации основным вредным сырьем, используемым для создания защитной среды, является аммиак. Измерение содержания аммиака производили с помощью газоанализатора универсального «ГАНК-4», аспиратора «Насос-пробоотборник НП-3М», измерителя параметров микроклимата «Метеоскоп».

Анализ полученных результатов показывает, что фактический уровень вредного фактора соответствует гигиеническим нормам. В соответствии с этим класс условий труда соответствует пункту 2 [4].

Измерение уровня шума в помещении производили помощью интегрирующего шумомера, виброметра, анализатора спектра «Алгоритм-03»; акустического калибратора Защита-К. В результате замера уровня звука и шума на рабочем месте термиста установлено, что фактический уровень вредного фактора соответствует гигиеническим нормативам. Класс условий труда по шуму соответствует классу 2.

Для проведения измерений микроклимата в цехе использовали измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп».

В процессе измерения теплового излучения в рабочей зоне термиста установлено, что фактический уровень вредного фактора превышает гигиенические нормативы. В соответствии с этим класс условий труда соответствует пункту 3.1 [4].

Повышенная температура воздуха в рабочей зоне термиста, на наш взгляд, является следствием неэффективной тепловой изоляции корпуса печи, а также неэффективной системы вентиляции цеха.

Для обеспечения комфортных условий труда в цехе, кроме использования эффективных систем вентиляции и кондиционирования воздуха, рекомендуется применить воздушное душирование работника на рабочем месте. Воздушное душирование заключается в обдуве работника потоком воздуха с целью увеличения интенсивности конвективного теплообмена и отвода теплоты за счет испарения. Реализация воздушного душирования предполагает ис-

пользование или предварительно обработанного наружного воздуха или внутреннего воздуха помещения цеха. Для данного термического цеха предлагается разработать воздушное душирование с подачей наружного воздуха.

Кроме того, для обеспечения комфортной температуры воздуха в рабочей зоне термиста целесообразно спроектировать более эффективную тепловую изоляцию термической печи для уменьшения теплового излучения. С целью защиты работника от вредного воздействия теплового излучения необходимо применять современные индивидуальные средства защиты. В таких условиях труда хорошо зарекомендовали себя костюмы с металлизированными накладками.

Для защиты органов дыхания при превышении нормативных концентраций аммиака в воздухе рабочей зоны при аварийных ситуациях рекомендуется обеспечить термиста шлемом и турбоблоком ЗМ ЮПИТЕР 085-00-10Р. Шлем обеспечивает надежную защиту головы, глаз и органов дыхания работающего. Турбоблок с принудительной подачей воздуха обеспечивает защиту от аэрозолей, паров и их смесей, и позволяет снизить концентрацию вредных веществ во вдыхаемом воздухе в несколько раз.

Таким образом, в результате выполненной оценки условий труда установлено, что в цехе термической обработки деталей на промышленном предприятии обеспечены допустимые условия труда. В целом в цехе фактический уровень исследованных вредных производственных факторов соответствуют гигиеническим нормам. Реализация рекомендованных инженерно-технических мероприятий позволит улучшить условия труда на рабочем месте термиста.

Список литературы

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (Техносферная Безопасность) : учебник / С. В. Белов. – Люберцы : Юрайт, 2016. – 702 с.
2. О специальной оценке условий труда : федер. закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ.
3. Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, Б. С. Векшин и др. ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, – 1985. – 448 с.
4. ГН 2.2.5.1313-03 «ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

А. М. Милосердов, магистрант, **И. В. Якунина**, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры
«Природопользование и защита окружающей среды»
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, Россия)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Вопросы утилизации накопленных отходов различных производств и жизнедеятельности человечества не теряют своей актуальности, а в последние десятилетия приобрели значимость глобальной экологической проблемы. К таким отходам относятся осадки сточных вод, представляющие основной вид отходов канализационных очистных сооружений, целью эксплуатации которых является защита природных водных объектов от загрязнения сточными водами хозяйственно-бытового, промышленного и смешанного происхождения.

Были проанализированы современные и традиционные методы обращения с осадками сточных вод, выявив возможности применения в конкретных условиях, а также их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: осадок сточных вод, переработка, утилизация, сравнительный анализ, традиционные и современные методы.

Традиционные методы переработки осадка сточных вод

1. Механическое обезвоживание осадка. После очистки сточных вод остается осадок, который, если не обработать перед утилизацией, становится причиной загрязнения грунтовых вод и водоемов. Одним из важных этапов обработки является обезвоживание осадков сточных вод. Это позволяет уменьшить объем остатков, снизить влажность, что упрощает транспортировку к местам последующей утилизации.

2. Биологическая и химическая флотации. Этот метод применяется для уплотнения осадка из первичных осадков при очистке городских сточных вод.

Осадок из первичных отстойников собирается в специальные резервуары, где подогревается паром до температуры 35...55 °С, и при такой температуре выдерживается несколько суток. За время развития и деятельности микроорганизмов выделяются пузырьки газа, которыми частицы осадка уносятся в пенный слой, уплотняются и обезвоживаются.

Таким путем можно понизить влажность осадка до 80% и тем самым облегчить и удешевить его дальнейшую обработку, особенно при использовании механического обезвоживания.

3. Кондиционирование осадков. Этот процесс предварительной подготовки осадков перед обезвоживанием или утилизацией проводят для снижения удельного сопротивления и улучшения водоотдающих свойств осадков вследствие изменения их структуры и форм связи воды. От условий кондиционирования зависит производительность аппаратов обезвоживания, чистота отделяемой воды и влажность обезвоженных осадков.

Кондиционирование проводят реагентными и безреагентными способами. При реагентной обработке осадка происходит коагуляция – процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц.

К безреагентным методам обработки относятся тепловая обработка, замораживание с последующим оттаиванием, жидкофазное окисление, электрокоагуляция и радиационное облучение.

4. Сушка. Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. Этот прием упрощает задачу удаления осадков с территорий очистных станций и их дальнейшей утилизации.

Современные методы переработки осадка сточных вод

1. Декантер флоттвег. Для сгущения и обезвоживания осадков, образующихся в различных стадиях очистки сточных вод, применяются декантеры. Декантеры бывают двух- и трехфазные. Соответственно, первые служат для простого обезвоживания перерабатываемого сырья, вторые дополнительно разделяют жидкую фазу на две составляющие, например нефть и воду.

2. Геотубирование. Сущность метода заключается в статическом обезвоживании, т.е. фильтрации жидкой фазы осадка через стенки геотуб – контейнеров из полимерной фильтрующей ткани, которые расположены на специально подготовленной дренажной площадке.

3. Замораживание и оттаивание осадка. Данный метод обработки осадков заключается в том, что при замораживании происходит высвобождение влаги, коагуляция твердых частиц и снижение удельного сопротивления иловых отложений.

4. Метод жидкофазного окисления. Суть данной технологии заключается в окислении органических компонентов осадка кислородом в условиях высокого давления и повышенной температуры.

Традиционные методы утилизации осадка сточных вод

1. Аэробное сбраживание. Это метод обработки осадков, при котором органическая часть минерализуется аэробными микроорганизмами. Аэробной стабилизации может подвергаться уплотненный и неуплотненный активный ил, а также его смесь с сырым осадком первичных отстойников. При стабилизации только одного ила процесс можно рассматривать как завершающую ступень очистки сточных вод, когда при минимуме питательной среды происходит самоокисление клеточного вещества микроорганизмов.

2. Анаэробное сбраживание. Анаэробное сбраживание – один из старейших и до сих пор наиболее часто используемых методов стабилизации осадка.

Содержащиеся в осадке концентрированные органические и неорганические вещества при дефиците кислорода разлагаются, превращаясь в метан и конечные неорганические продукты.

3. Ферментно-кавитационное сбраживание. Для получения осадка, отвечающего критериям удобрения, разработан и реализован новый аэробный ферментно-кавитационный метод очистки сточных вод и обработки осадка.

Основы ферментно-кавитационного метода были использованы и при переработке «старых» и сравнительно свежих некондиционных осадков, скопившихся вокруг очистных сооружений

4. Компостирование. Компостирование – это биотермический процесс разложения органических веществ, протекающий под действием аэробных микроорганизмов, в результате которого происходит обеззараживание субстрата, стабилизация его состава и получается ценное органическое удобрение.

Конечный продукт – компост содержит наиболее стабильные органические соединения, продукты распада, биомассу мертвых организмов, некоторое количество живых и продукты химического взаимодействия этих компонентов.

Современные методы утилизации осадка сточных вод

1. Получение топливных брикетов. Изобретение относится к производству твердого топлива в виде целевых продуктов (брикетов, гранулятов) на основе использования осадков городских сточных вод и может быть использовано в качестве заменителя природного твердого топлива, например угля, в энергетике.

Способ позволяет получить высококачественное твердое топливо с относительно малой зольностью и низкой себестоимостью изготовления, отказаться от использования дорогостоящих флокулянтов и одновременно решить важную и актуальную проблему утилизации осадков городских сточных вод и отходов целлюлозосодержащих материалов.

2. Депонирование. Не все осадки, полученные в процессах очистки сточных вод, пригодны для захоронения из-за наличия в них патогенных микроорганизмов, выделяющихся опасных газов, высокотоксичных соединений и т.п. Экономически нецелесообразно направлять осадки на захоронение, если содержание сухого вещества в них менее 15%.

Существует несколько способов захоронения осадков. Наибольшее распространение получили траншейный способ захоронения и полигонный.

3. Сжигание. Сжигание осадков осуществляют, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна.

Сжигание – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием осадки должны быть или механически обезвожены, или подвергнуты термической сушке, или пройти оба процесса.

1. Сравнительный анализ методов переработки и утилизации осадка сточных вод

Метод	Экономические критерии	Техническая эффективность	Критерии энерго- и ресурсопотребления	Экологические критерии
Механическое обезвоживание осадка	Дороговизна оборудования	Низкий показатель водоотдачи осадка	Большой расход воды и флокулянта	Риск загрязнения поверхностных и подземных вод, почв
Биологическая и химическая флотации	Затраты на химические реагенты-пенообразователи	Понижение влажности осадка до 80%	Низкое энерго- и ресурсопотребление	Экологически безопасны
Кондиционирование осадков	Большие затраты на химические реагенты и оборудование	Улучшаются водоотдающие свойства, осадок изменяет структуру и формы связи воды, благодаря чему лучше обезвоживается	В качестве коагулянтов используют соли железа и алюминия, а также известь. Вместе с коагулянтами применяют и флокулянты	Обеспечивает надежную стабилизацию и полную стерилизацию осадка

Метод	Экономические критерии	Техническая эффективность	Критерии энерго- и ресурсопотребления	Экологические критерии
Сушка	Барабанные сушилки имеют низкий КПД, требуют высоких капитальных затрат и относительно сложны в эксплуатации	Барабанные сушилки имеют большую единичную производительность, но малое напряжение по влаге, что обуславливает их большие габариты, массу и металлоемкость. Эффективность сушки 70%	Высокие затраты на энергопотребление	Неполное сгорание осадков сточных вод приводит к выбросу огромного количества сажи и вредных органических соединений
Декантер флоттвег	Незначительные затраты на флокулянт и оборудование	Большой объем осаднения (благодаря «глубине пруда» и крутому углу конуса) обеспечивает очень высокую удельную производительность (10...20%) при минимальной требуемой площади	Уменьшение энергопотребления примерно на 30% благодаря сочетанию большого объема и оптимальной геометрической формы системы выгрузки	Отсутствие негативного влияния на здоровье персонала, работающего с установкой (отсутствие аэрозоля, грязи или запахов, благодаря закрытой системе)
Геотубирование	В ходе эксплуатации не требуются затраты на запчасти и фильтровальные ткани; себестоимость обезвоживания в контейнерах – геотубах на 20...30% ниже, чем при аппаратных процессах	Свойства материала ткани позволяют быстро пропускать воду и задерживать твердые частицы	Низкое энергопотребление для технологического процесса	Защищенность обезвоживаемых отходов от ветровой и водной эрозии
Замораживание и оттаивание осадков	Не требует капитальных затрат	Полное промораживание осадков позволяет снижать их удельное сопротивление до (1...16) 10 см/г, при этом более низкие значения получают путем медленного замораживания	После замораживания и оттаивания осадок обезвоживается механическим путем без применения дополнительных реагентов	Не оказывает негативного влияния на окружающую среду

Метод	Экономические критерии	Техническая эффективность	Критерии энерго- и ресурсопотребления	Экологические критерии
Метод жидкофазного окисления	Высокая стоимость оборудования	Конечные продукты жидкофазного окисления имеют высокую температуру и давление и, следовательно, обладают большой энергией, которую можно использовать для выработки электроэнергии и пара	С увеличением концентрации органических примесей в воде экономичность процесса возрастает. Скорость реакций окисления растет с увеличением температуры	Отсутствие в продуктах окисления вредных веществ
Аэробное сбраживание	Низкие капитальные затраты на оборудование	Получение биогаза	Малоэффективная работа в зимнее время года; высокие энергетические затраты	Взрывоопасность; не обеспечивает дегельминтизации и надежного обеззараживания осадка
Анаэробное сбраживание	Низкие капитальные затраты на оборудование	Биологическая ферментация органических отходов в анаэробных условиях сопровождается выделением биогаза, который может использоваться для производства тепла или электричества	Забивание песком, неэффективное перемешивание насосами, сбраживание происходит при минимальном потреблении кислорода	Взрывоопасность; плохая водоотдача недоброжеленного осадка; предотвращение загнивания осадков
Ферментационное сбраживание	Возможность отказа от первичных и вторичных отстойников, в 100 раз уменьшается общая площадь очистных сооружений, и вообще, вся станция очистки может быть помещена в одно здание. Возникает существенная экономия капитальных расходов	Влажность с 98% уменьшается естественным образом до 50% за полгода	Не требуется никаких реагентов и дополнительных затрат по энергетике по сравнению с другими способами утилизации сырого осадка	Конечным результатом обработки избытка активного ила и сырого осадка является так называемый техногенный гумус (земля) который экологически абсолютно безвреден и может быть использован для различных целей

Метод	Экономические критерии	Техническая эффективность	Критерии энерго- и ресурсопотребления	Экологические критерии
Компостирование	Требует применения специальной и весьма дорогостоящей техники для буртования, ворошения	Готовый компост представляет собой сыпучий материал влажностью 40...50%, не имеющий запаха, содержащий макро- и микроэлементы, необходимые для роста и развития растений, полезную микрофлору и вещества, повышающие плодородие почв	Для создания пористой структуры, требуемой влажности и соотношения углерода к азоту компостирование осадков осуществляется с наполнителями, в качестве которых используются твердые бытовые отходы, торф, опилки, листва, ботва растений, солома, молотая кора и часть готового компоста	Использование компостов в качестве удобрения дает существенные экологические преимущества, возвращая в почвы питательные вещества и сокращая использование химических удобрений.
Получение топливных брикетов	Получение твердого осадка в процессе механического обезвоживания ОСВ используются дорогостоящие флокулянты. Влечет за собой значительные финансовые затраты на производство топлив, приводит к росту себестоимости изготавливаемых топливных материалов и делает его неконкурентоспособным	Производство твердого топлива в виде целевых продуктов (брикетов, гранулятов) на основе использования осадков городских сточных вод и может быть использовано в качестве заменителя природного твердого топлива, например угля, в энергетике	Осадок сточных вод перед их обезвоживанием вводятся целлюлозосодержащие материалы в количестве 10...75% на сухую массу топлива, которые перетираются с ОСВ до гомогенной массы с образованием волокон целлюлозы	Уменьшение загрязнения окружающей среды, уменьшение площадей, отводимых под свалки и полигоны захоронения целлюлозосодержащих отходов и ОСВ городских очистных сооружений
Депонирование	Экономически нецелесообразно направлять осадки на захоронение, если содержание сухого вещества в них менее 15%	—	Простота обслуживания	Опасность фильтрации осадка сточных вод и ухудшения качества грунтовых и подземных вод

Метод	Экономические критерии	Техническая эффективность	Критерии энерго- и ресурсопотребления	Экологические критерии
Сжигание	Многоподовые печи просты и надежны в эксплуатации. К их недостаткам относятся высокая строительная стоимость, большие габариты, частый выход из строя гребковых устройств	Возможность сжигания осадков различной влажности	Если при сгорании органической части осадка недостаточно собственной теплоты, то для поддержания процесса горения с помощью горелок сжигается дополнительное топливо	Большая запыленность отходящих газов и необходимость устройства рекуператоров

Исходя из данной таблицы можно сделать вывод, что из традиционных и современных методов переработки с точки зрения экономического критерия выгодным является метод геотубирования, с точки зрения технической эффективности – метод биологической и химической флотации, с точки зрения энерго- и ресурсопотребления – метод геотубирования, с точки зрения экологического критерия – кондиционирование осадка.

Из традиционных и современных методов утилизации с точки зрения экономического критерия выгодным является метод аэробного и анаэробного сбраживания, с точки зрения технической эффективности метод анаэробного сбраживания, с точки зрения энерго- и ресурсопотребления метод ферменто-кавитационного сбраживания, с точки зрения экологического критерия является метод компостирования.

Список литературы и источников

1. Благоразумова, А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод : учебное пособие / А. М. Благоразумова. – Новокузнецк : СГИУ, 2010. – 138 с.
2. Технологический регламент городских канализационных очистных сооружений Макеевского ПУВКХ КП «Компания «Вода Донбасса» / Макеевское ПУВКХ КП «Компания «Вода Донбасса». – Макеевка, 2016. – 20 с.
3. Паспорт места удаления отходов Макеевского ПУВКХ КП Компания Вода Донбасса: Отчет годовой / Макеевское ПУВКХ КП Компания Вода Донбасса. – Макеевка, 2013. – 20 с.
4. Влияние канализационных осадков на экологическое состояние природной среды, обработка и утилизация осадков сточных вод / А. В. Гриценко, Н. С. Горбань, Н. Ю. Ревякина и др. // Проблемы охраны окружающей природной среды и экологической безопасности: сборник научных трудов ; УкрНИИЭП. – Харьков, 2011. – С. 111 – 122.
5. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е. П. Пахненко. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 314 с.
6. Благоразумова, А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод : учебное пособие / А. М. Благоразумова. – Новокузнецк : Сиб-ГИУ, 2010. – Ч. 1. – 139 с.

7. Небел, Б. Наука об окружающей среде / Б. Небел. – М. : Мир, 1993. – Т. 1.
8. Родное Подмосковье. Дубна : учебное пособие / под ред. Н. А. Акатова. – Дубна, 1997.
9. Евилевич, А. З. Осадки сточных вод / А. З. Евилевич. – Л.-М. : Стройиздат, 1965.
10. Беспамятнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов. – Л. : Химия 1987.
11. Туровский, И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – М. : Стройиздат, 1984.
12. Жуков, А. И. Методы очистки производственных сточных вод / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат.
13. Евилович, А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич. – М. : Стройиздат, 1989.
14. Комплексное использование и охрана водных ресурсов / под ред. О. А. Юшманова. – М. : Агропромиздат, 1985.
15. Охрана производственных сточных вод и утилизация осадков / под ред. В. Н. Соколова. – М. : Стройиздат, 1992.
16. Гольдфарб, Л. Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л. Л. Гольдфарб, И. С. Туровский, С. А. Беляева. – М. : Стройиздат, 1983.

М. И. Михайлин, магистрант направления «Техносферная безопасность»,
И. В. Хорохорина, канд. техн. наук, доц. кафедры «Природопользование
и защита окружающей среды»,
С. И. Лазарев, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Прикладная геометрия и
компьютерная графика»
(ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования кинетических характеристик баромембранного разделения технологических растворов, содержащих поверхностно-активные вещества. Установлены зависимости коэффициента задержания от давления и удельного потока растворителя от температуры.

Ключевые слова: ультрафильтрация, поверхностно-активные вещества, коэффициент задержания, удельный поток.

Всякий водный объект напрямую связан с окружающей его средой. На его состояние влияют разнообразные условия, такие как: природные явления, формирования поверхностного или подземного водного стока, промышленное и коммунальное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека. Последствием этих воздействий считается внесение в водную среду новых, нехарактерных ей элементов – загрязнителей, ухудшающих качество воды [1].

Одним из таких загрязнителей являются сточные воды, содержащие поверхностно-активные вещества. Анионные поверхностно-активные вещества являются самым большим классом из сурфактантов [2 – 5]. С целью очистки данных сточных вод возможно применение баромембранных методов, позволяющих осуществлять разделение веществ на молекулярном уровне [6].

Исследование данных стоков проводилось на примере водного раствора додецилсульфата натрия, который является основным компонентом моющих средств.

Существует много способов очистки промышленных сточных вод, содержащих органические вещества, к ним относятся: выпаривание, коагуляция, флотация, экстракция, сорбция, электрохимические и химические методы, биологическая очистка и обеззараживание [7, 8].

Необходимо отметить, что данные способы характеризуются значительной энергоемкостью, сложностью и громоздкостью техники, применением в некоторых случаях токсичных поглотителей.

Большинство недостатков перечисленных выше методов разделения можно избежать, применяя полупроницаемые мембраны и методы мембранной технологии. Мембранные способы отличаются высокой экологичностью, компактностью и несложностью техники, ее небольшой металло- и энергоемкостью [6, 7].

В работе были проведены эксперименты по влиянию температуры и давления на кинетические характеристики процесса разделения (коэффициент задержания и удельный поток растворителя), выполненные на ультрафильтрационной установке рулонного типа. В качестве объекта исследования был взят водный раствор додецилсульфата натрия, анионного поверхностно-активного вещества. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 1 – 4.

Приведенные зависимости показывают, что с повышением температуры разделяемого раствора селективность мембран изменяется мало, а удельная производительность увеличивается. Однако с повышением температуры возрастает скорость гидролиза полимерных мембран и сокращается срок службы. Учитывая это, а также то, что использование теплообменников усложняет и удорожает процесс, ультрафильтрацию целесообразно проводить при температуре окружающей среды (обычно 20...25 °С) [6].

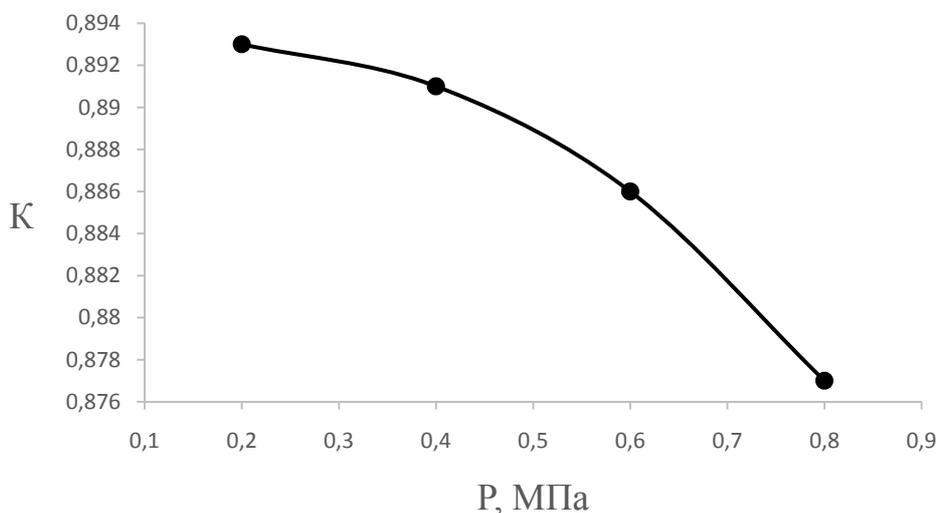


Рис. 1. Зависимость коэффициента задержания мембраны от давления

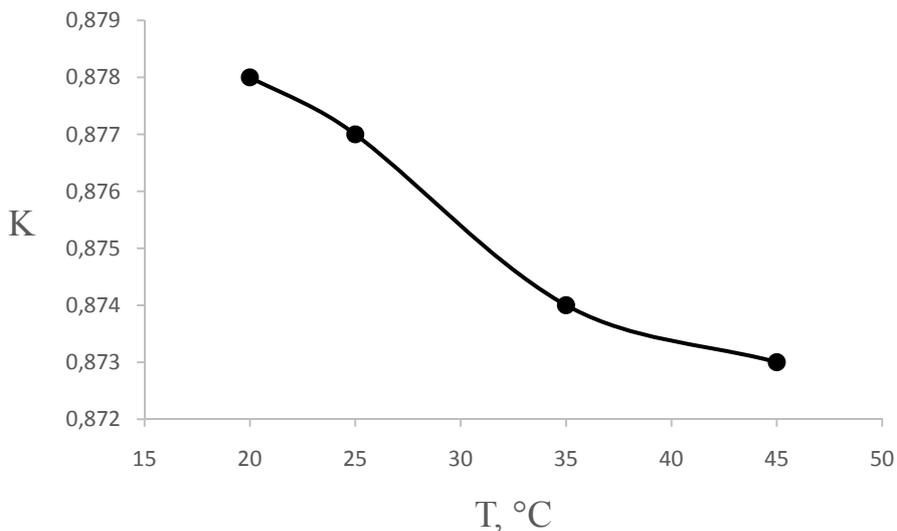


Рис. 2. Зависимость коэффициента задержания мембраны от температуры

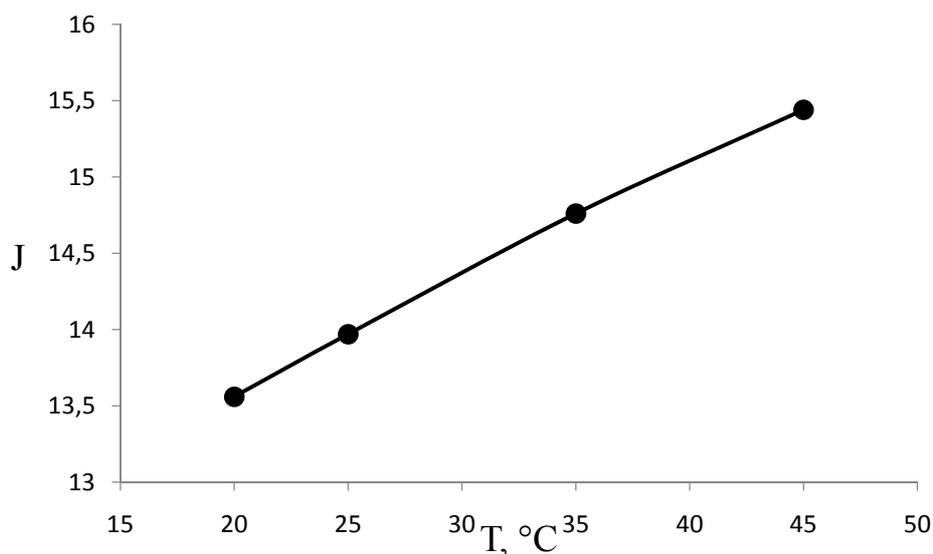


Рис. 3. Зависимость удельного потока растворителя мембраны от температуры

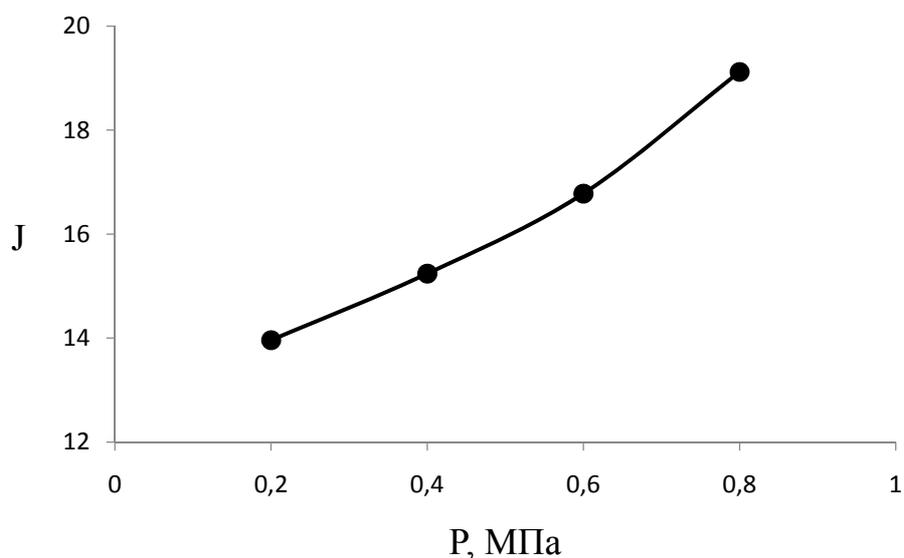


Рис. 4. Зависимость удельного потока растворителя мембраны от давления

С увеличением рабочего давления через мембрану возрастает движущая сила ультрафильтрации и увеличивается удельная производительность мембран. Кроме того, при высоких давлениях мембраны быстрее загрязняются взвешенными в растворе микрочастицами, поскольку в этих условиях загрязняющим частицам легче внедриться в поры мембраны, а на поверхности мембраны образуется более плотный осадок задержанных микрочастиц.

Содержание додецилсульфата натрия в пермеате определяем фотоколориметрическим методом.

Экспериментальное значение коэффициента задерживания определяли по формуле [6]:

$$K = 1 - \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{исх}}},$$

где K – коэффициент задерживания; $C_{\text{пер}}$ – концентрация растворенного вещества в пермеате; $C_{\text{исх}}$ – концентрация растворенного вещества в исходном растворе.

Удельный поток растворителя рассчитывали по следующей зависимости [6]:

$$J = \frac{V}{F_M \tau},$$

где V – объем собранного пермеата; F_M – площадь поверхности мембраны; τ – время проведения эксперимента.

Произвели расчет коэффициента задержания и удельного потока растворителя.

Установили зависимость коэффициента задержания от давления и удельного потока растворителя от температуры.

Наиболее эффективным, доступным и экологически чистым способом разделения и концентрирования растворов поверхностно-активных веществ из сточных вод агропромышленного комплекса является ультрафильтрационный метод. Использование ультрафильтрационных мембран позволяет разделять и концентрировать растворы ценных компонентов агропромышленности. Процесс ультрафильтрационного разделения и концентрирования позволит существенно упростить технологическую схему очистки сточных вод, а также изменение технологических параметров процесса позволяет интенсифицировать процессы массообмена.

Список литературы и источников

1. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году : государственный доклад. – М. : НИА-Природа, 2015. – 270 с.
2. Margesin R., Schinner F. Low-temperature bioremediation of a wastewater contaminated with anionic surfactants and fuel oil. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1998. – V. 49. – P. 482 – 486.
3. A. Dhouib, N. Hamad, I. Hassaïri, S. Sayadi. Degradation of anionic surfactants by *Citrobacter braakii*. *Proc. Biochem.* – 2003. – V. 38. – P. 1245 – 1250.
4. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг, Б. Йенссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. – М. : Лаборатория знаний, 2015. – 532 с.
5. Поверхностно-активные вещества и методы исследования их свойств : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Башкирцева, О. Ю. Сладовская и др. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 132 с.
6. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1978. – 352 с.
7. Когановский, А. М. Физико-химические основы извлечения поверхностно-активных веществ из водных растворов и сточных вод / А. М. Когановский, Н. А. Клименко. – Киев : Наукова думка, 1978. – 176 с.
8. Безопасность водных экосистем и проблемы реализации процесса очистки сточных вод от биогенных веществ / А. В. Козачек, Ю. В. Зеленева, Т. В. Скопинцева, А. Г. Синельников, К. А. Конькова, М. И. Михайлин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Сер.: Естественные и технические науки. – 2015. – Т. 20, Вып. 1. – С. 219 – 222.

Е. Ю. Образцова, канд. техн. наук, доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
И. А. Жабкина, магистрант кафедры «Химия и химические технологии»,
А. В. Рухов, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Химия и химические технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТИЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО ОКСИДОМ НАНОГРАФИТА, ПОЛУЧЕННЫМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭКСФОЛИАЦИЕЙ

Аннотация. Установлено, что адсорбция метилового оранжевого протекает на гетерогенной поверхности оксида нанографита, синтезированного электрохимическим способом и имеет физическую природу. При этом энергия активации процесса адсорбции МО на оксиде нанографита, вычисленная из уравнения Дубинина–Радускевича составляет 0,8 кДж/моль.

Ключевые слова: оксид нанографита, метиловый оранжевый, адсорбция.

Сорбционное извлечение – один из преобладающих методов выделения красителей из сложных объектов, основанный на селективном выделении интересующих веществ из смеси твердым поглотителем – сорбентом. Этот метод извлечения выгодно отличается высокой эффективностью, технологичностью, легкостью интеграции в системы химического анализа и экологическая безопасность.

Все большую популярность приобретают адсорбенты на основе оксида графена, обладающего уникальными свойствами благодаря своей развитой поверхности и наличию функциональных групп, которые позволяют ему легко взаимодействовать с органическими и неорганическими соединениями путем ковалентных или нековалентных взаимодействий. Эти свойства делают окисленный нанографит отличным кандидатом на удаление различных загрязняющих веществ путем адсорбции.

Целью настоящей работы является исследование адсорбционных характеристик окисленного нанографита, который был синтезирован электрохимическим способом, позволяющий получать функционализированные листы нанографита.

Методика эксперимента

Электрохимическая эксфолиация окисленных графеновых структур осуществлялась на постоянном токе в двухэлектродной ячейке, в качестве анода была использована платина, катодом являлась графитовая фольга, марки «Графлекс». Синтез проводили в растворе серной кислоты [1].

Адсорбционные свойства исследуемых сорбентов изучали используя стандартную методику спектрофотометрического анализа на основе градуировочного графика при концентрациях от 0,1 до 0,6 мг/л, по отношению к метаниловому оранжевому (МО) – N,N,N',N'-тетраметилтионин хлорид тригидрату, средний диаметр молекулы которого составляет 0,67 нм при заранее определенной аналитической длине волны 440 нм. Адсорбцию красителей вычисляли по следующей формуле

$$a = \left(\frac{C_0 - C_p}{m} \right) V$$

где a – величина адсорбции, мг/г; C_0 – концентрация исходного раствора, мг/л; C_p – концентрация равновесного раствора, мг/л; V – объем раствора, л; g – масса адсорбента, г, равная 4,5 мг.

Экспериментальные данные

Физико-химические свойства оксида графита. На рисунке 1 представлен микроснимок окисленного графита, полученного электрохимическим способом с содержанием кислорода 27,35%. Латеральный размер частиц находится в пределах от 17 до 100 мкм.

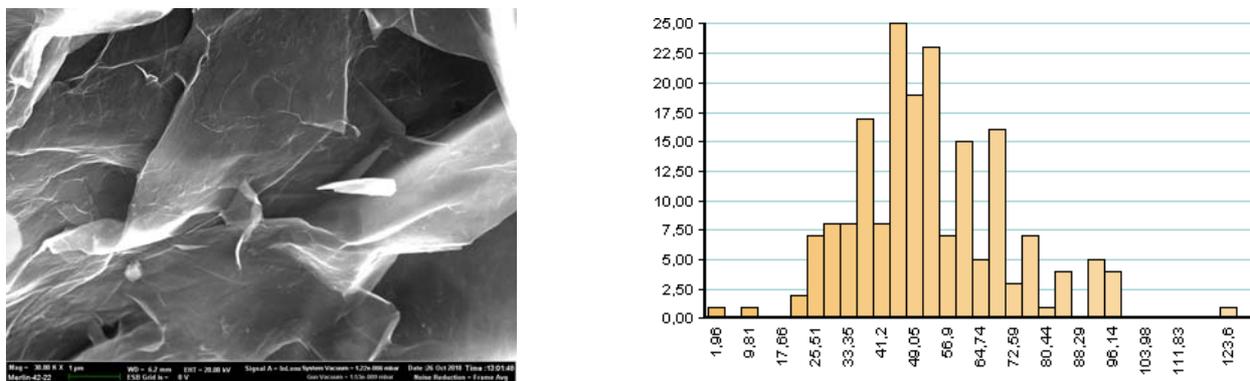


Рис. 1. Сканирующая электронная микроскопия оксида графита и распределение частиц по размерам

На ИК-спектрах исследуемого материала были обнаружены полосы поглощения в диапазоне 3000...3700 см^{-1} , которые согласно имеющимся в литературе данным можно приписать валентным колебаниям связей O–H. Что касается происхождения узких полос поглощения при 2919 и 2850 см^{-1} , то, по-видимому, они являются валентными колебаниями C–H-связей алифатических групп углеводородных загрязнений поверхности бумаги, которая хранилась на воздухе в химической лаборатории. Полоса поглощения при 1733 см^{-1} относится к валентным колебаниям связей C=O в карбонильных группах и/или кетонах, а при 1620 см^{-1} скорее всего является составной: вклад в эту полосу вносят как колебания двойных связей C=C, так и деформационные колебания молекул воды. Полоса поглощения при 1162 см^{-1} относится к колебаниям связей C–OH, а полоса поглощения при 1046 см^{-1} – к колебаниям C–O – связей, в том числе и алкоксидных и эпоксидных групп.

Функциональные группы, располагающиеся на кромках листов графита, создают отрицательный заряд на его поверхности, что приводит к его гидрофильности и легкой дисперсии в полярных растворителях, в частности в водных растворах окисленный графит устойчив до 3 месяцев без добавления в раствор поверхностно-активных веществ.

В качестве адсорбента был выбран метиловый желтый – кислотный азокраситель, являющийся сильной органической кислотой, содержащий сульфогруппу. В водных растворах метиловый желтый находится в виде аниона и проявляет сродство к материалам с основными группами.

Подбор моделей адсорбции МО на оксиде нанографита. На рисунке 2 представлена изотерма адсорбции метилового оранжевого оксидом нанографита.

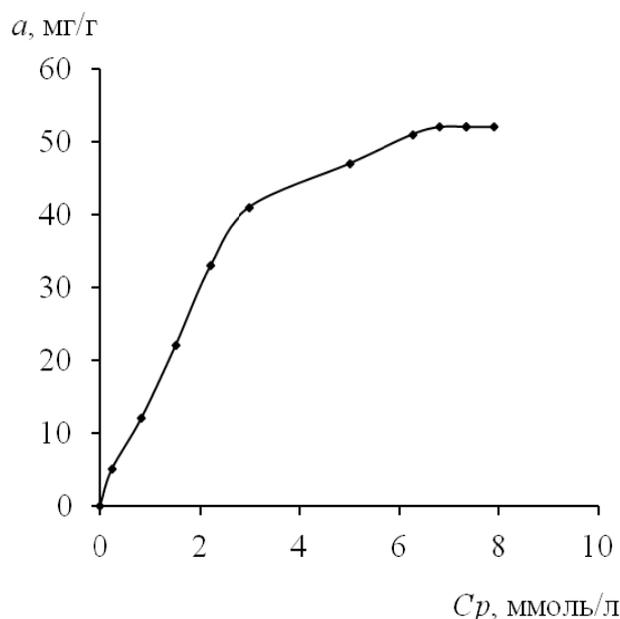


Рис. 2. Изотерма адсорбции МО на оксиде графена

Равновесие в адсорбционной системе зависит от природы взаимодействия адсорбент – адсорбат. Известные модели адсорбции – Ленгмюра и Фрейндлиха, Дубина–Радушкевича описывают это взаимодействие по-разному.

Модель Ленгмюра основана на том, что на поверхности сорбента образуется мономолекулярный слой адсорбата, а все активные центры обладают равной энергией и энтальпией.

Уравнение изотермы модели Фрейндлиха используется для описания адсорбции на гетерогенной поверхности. Так как адсорбционные центры по этой модели обладают различными величинами энергии, то в первую очередь происходит заполнение активных сорбционных центров с максимальной энергией.

Классические уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха, в линейной форме выражены уравнениями (1) и (2) соответственно.

$$\frac{C_p}{a} = \frac{1}{K_L} + \frac{C_p}{a_e}, \quad (1)$$

$$\ln a = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_p, \quad (2)$$

где a_e – адсорбционная емкость сорбента при насыщении, мг/г, где K_L и K_F константы уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха соответственно

Согласно расчетам (табл. 1), наиболее адекватно процесс адсорбции описывает модель Фрейндлиха, с величиной достоверной аппроксимации равной 0,9935, следовательно, адсорбция МО происходит на гетерогенной неоднородной поверхности, большинство активных центров которой обладают различными величинами энергии, что связано, по всей видимости, с наличием различных типов функциональных групп на поверхности нанографита.

1. Коэффициенты в уравнениях Ленгмюра и Френдлиха и Дубинина–Радушкевича

Уравнения	Фрейндлих			Ленгмюр				Дубинин–Радушкевич		
	$1/n$	K_F	R^2	$1/a_m$	$1/K_L a_m$	K_L	R^2	k	E	R^2
$y = 3,226 + 0,449x$	0,44	25,2	0,9935	–	–	–		–	–	–
$y = 0,054 + 0,495x$	–		–	0,02	0,054	1,48	0,9223	–	–	–
$y = 3,97 - 6,35x$	–	–	–	–	–	–	–	6,35	0,8	0,9927

Изотерма Дубинина–Радушкевича является более общей, чем изотерма Ленгмюра, так как она не предполагает гомогенности поверхности или постоянства адсорбционного потенциала. Она применяется для того, чтобы различить физическую и химическую адсорбцию, а именно по численному значению величины свободной адсорбции E можно определить, какая адсорбция происходит между адсорбентом и красителем. Если $E \geq 8$ кДж/моль – физическая адсорбция, при $8 \leq E \leq 16$ кДж/моль – хемосорбция.

При этом энергия активации процесса адсорбции МО на оксиде графита, вычисленная из уравнения Дубинина–Радушкевича составляет 0,8 кДж/моль, что указывает на физический характер сорбции МО на поверхности оксида графита.

Таким образом, установлено что адсорбция МО протекает на гетерогенной поверхности оксида графита, и имеет физическую природу. Последнее позволяет сделать вывод об отсутствии побочных химических реакций в процессе адсорбции, а также возможности применения данного красителя для исследования и определения удельной поверхности окисленных графитов, полученных электрохимической эксфолиацией.

Список литературы

1. Azizian, S. Kinetic models of sorption: a theoretical analysis / S. Azizian // J. Coll. Inter. Sci. – 2004. – V. 276. – P. 47 – 62.
2. Rudzinski, W. Theoretical description of the kinetics of solute adsorption at heterogeneous solid/solution interfaces on the possibility of distinguishing between the diffusional and the surface reaction kinetics models / W. Rudzinski, W. Plazinski // Applied Surface Science. – 2007. – V. 253. – P. 5827 – 5840.
3. Boyd, G. E. The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites. II. Kinetics / G. E. Boyd, A. W. Adamson, L. S. Myers // J. Am. Chem. Soc. – 1947. – V. 69, № 11. – P. 2836 – 2848.
4. Yang, X. Kinetic modeling of liquid-phase adsorption of reactive dyes on activated carbon / X. Yang, B. Al-Duri // J. Coll. Inter. Sci. – 2005. – V. 287. – P. 25 – 34.

Е. Ю. Образцова, канд. техн. наук, доц. кафедры «Химия и химические технологии»,
И. А. Жабкина, магистрант кафедры «Химия и химические технологии»,
А. В. Рухов, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Химия и химические технологии»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЗОКРАСИТЕЛЯ МЕТИЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО ОКИСЛЕННЫМ НАНОГРАФИТОМ

Аннотация. Изучены кинетические закономерности процесса адсорбции кислотного азокрасителя метилового оранжевого на поверхности оксида нанографита, синтезированного электрохимическим способом в растворе серной кислоты.

Ключевые слова: оксид нанографита, метиловый оранжевый, адсорбция, кинетика адсорбции.

В настоящее время постоянно увеличивается интерес к новым аллотропным модификациям углерода, к которым в том числе относится нанографит – плоские углеродные наносистемы, образованные графеновыми слоями, имеющие открытые края. Подобный интерес продиктован уникальными свойствами этих материалов, такими как высокая тепло- и электропроводность, большая удельная поверхность и соответственно способность адсорбировать различные загрязняющие вещества из водных растворов.

Одним из ключевых параметров нанографитов, определяющего его свойства, является удельная поверхность. Из известных способов ее определения наибольшее распространение получили адсорбционные методы, в том числе в жидкой фазе. Например, адсорбция водорастворимых красителей [1]. Однако применение подобных методов невозможно без понимания физико-химических закономерностей адсорбции красителей на поверхности нанографитов различной химической природы.

Таким образом, были проведены исследования по изучению особенностей процесса адсорбции кислотного азокрасителя метилового оранжевого (МО) на поверхности оксида нанографита, полученного электрохимическим способом, который отличается от традиционного метода синтеза окисленных графеновых структур, метода Хаммерса, простотой аппаратного оформления и экологической безопасностью [1].

Электрохимическая эксфолиация графеновых структур осуществлялась на постоянном токе в двухэлектродной ячейке, в качестве анода была использована платина, катодом являлась графитовая фольга марки «Графлекс», площадью 2 см². В качестве электролита был использован раствор серной кислоты. Плотность тока, пропускаемая через электроды составляла 0,25 А/см².

Адсорбционные свойства исследуемых сорбентов изучали, используя стандартную методику спектрофотометрического анализа, на основе градуировочного графика при концентрациях от 0,1 до 0,6 мг/л, по отношению к метиловому оранжевому (МО) – N,N,N',N'-тетраметилтионин хлорид тригидрату, средний диаметр молекулы которого составляет 0,67 нм при заранее определенной аналитической длине волны 440 нм. Адсорбцию красителей вычисляли по следующей формуле:

$$a = \left(\frac{C_0 - C_p}{m} \right) V,$$

где a – величина адсорбции, мг/г; C_0 – концентрация исходного раствора, мг/л; C_p – концентрация равновесного раствора, мг/л; V – объем раствора, л; g – масса адсорбента, г, равная 4,5 мг.

Кинетические кривые снимались при концентрации МО 4 мг/л и массе адсорбата 4,5 мг/мл.

Физико-химические свойства оксида нанографита. Как показали данные микроскопии, размер частиц, полученных в растворе серной кислоты, лежит в пределах 17...100 мкм. При этом содержание кислорода составляет 27,35%.

Образцы оксида нанографита были проанализированы при помощи Раман-спектроскопии. Так, для оценки степени дефектности графеновых структур используют соотношение интенсивностей линий D и G ($I_{D/G}$), которое характеризует как дефекты внутри слоя, так и на периферии графеновых частиц. Для данного образца соотношение $I_{D/G}$ составляет 0,136. Появление полосы D можно отнести также к разупорядочению структуры графеновых слоев за счет присоединения окисных групп, которые преобразовывают долю первоначально sp^2 -гибридизованных атомов углерода к дефектноподобным sp^3 -гибридизованным атомам, образующимся в результате электрохимической эксфолиации и окисления графита.

Для определения слойности графеновых частиц обычно рассчитывают отношение интенсивностей линий $I_{G/2D}$. При этом значение $I_{G/2D}$, равное 0,26 соответствует монослою графена и линейно возрастает до 6 – 8 слоев [4]. В нашем случае оно составляет 2,75, что теоретически говорит о формировании многослойных графеновых структур. Так же с увеличением количества графеновых слоев происходит сдвиг пика $2D$ в синюю область до достижения 10 графеновых слоев, далее ее положение практически соответствует высокоориентированному пиролитическому графиту [2].

Однако, для оксида графита полоса $2D$ отсутствует [5], а интенсивность полос D и G обычно одинакова, так же как и для малослойного графена, содержащего некоторое количество присоединенных окисных групп. Таким образом, разупорядочение структуры графеновых слоев из-за их окисления приводит к уменьшению относительной интенсивности $2D$ -полосы, и невозможности провести оценки количества графеновых слоев исходя из соотношения $I_{2D/2G}$.

Изучение кинетических закономерностей процесса адсорбции МО на оксиде нанографита. Согласно кинетическим кривым равновесие в адсорбционной системе «окисленный нанографит – МО» наступает через 10 часов (рис. 1).

Обработка кинетических кривых адсорбции в рамках модели псевдо-первого (Лагергена) и псевдо-второго порядка (табл. 1) показала, что модель псевдо-первого порядка имеет достаточно высокий коэффициент детерминации $R^2 = 0,9935$, что указывает на наличие физической адсорбции, что также косвенно подтверждается неизменностью рН раствора красителя измеренного до и после адсорбции.

Однако, коэффициент детерминации для моделей псевдо-второго порядка также достаточно высок $R^2 = 0,9912$, что может говорить о существовании электростатического взаимодействия между функциональными группами, находящимися на поверхности окисленного нанографита.

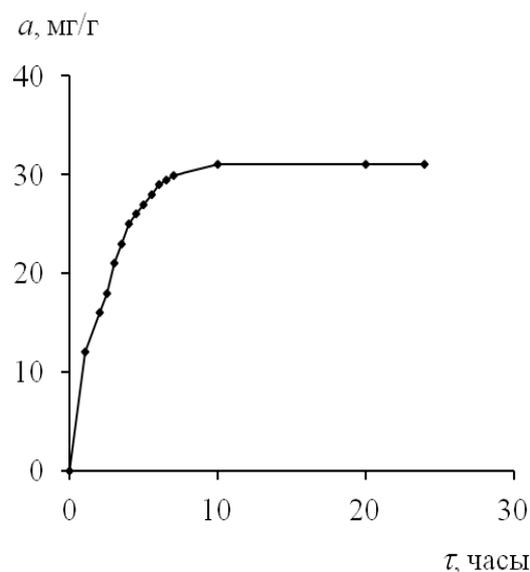


Рис. 1. Кинетическая кривая адсорбции МО на оксиде графита

1. Коэффициенты в уравнениях псевдо-первого и псевдо-второго порядка

Уравнения	Псевдо-первый порядок		Псевдо-второй порядок	
	k_1	R^2	k_2	R^2
$y = 3,8164 - 0,5121x$	0,5121	0,9935	–	–
$y = 0,0909 + 0,0213x$	–	–	0,032	0,9912

Для оценки вклада внутри- и внешнедиффузионных процессов в общую скорость процесса сорбции экспериментальные кинетические данные были обработаны в рамках модели Бойда–Адамсона. Как известно, в случае когда процесс лимитирован внешней диффузией кинетическая кривая линейна в координатах $-\ln(1 - a_e/a) = f(\tau)$, в случае когда лимитирующей стадией является сорбция в зерне линейность кинетической кривой наблюдается в координатах $(a_e/a) = f(\tau)$.

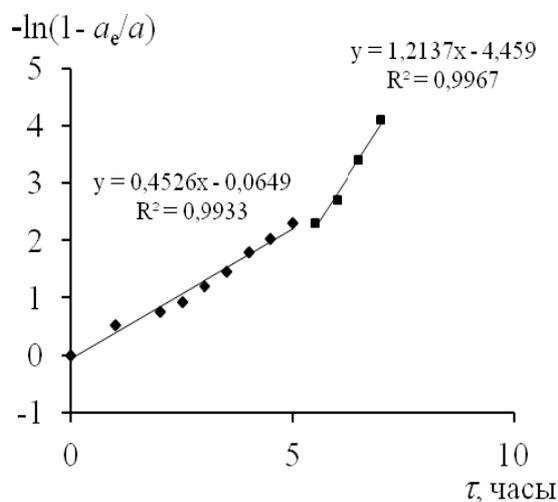


Рис. 2. Кинетическая кривая адсорбции в координатах модели Бойда–Адамсона

Характер кинетических зависимостей в координатах моделей Бойда–Адамсона (рис. 2) свидетельствует о существенном влиянии внешнедиффузионного этапа массопереноса в общую скорость адсорбции, но лишь на начальном этапе и преобладании внутридиффузионного взаимодействия на заключительной стадии адсорбции, что подтверждается также высокой адекватностью модели псевдо-второго порядка.

Мультиплетный характер данной зависимости говорит о том, что механизм реакции сорбции сложен и лимитируется как диффузией в пленке, так и диффузией внутри частиц при высокой степени заполнения поверхности.

Таким образом установлено, что адсорбция МО имеет физическую природу, протекает в течение 10 часов. При этом адсорбируется около 60% красителя, что говорит о перспективности использования оксида нанографита для сорбционного извлечения водорастворимых красителей.

Список литературы

1. Azizian S. Kinetic models of sorption: a theoretical analysis // *J. Coll. Inter. Sci.* – 2004. – V. 276. – P. 47 – 62.
2. Rudzinski W., Plazinski W. Theoretical description of the kinetics of solute adsorption at heterogeneous solid/solution interfaces on the possibility of distinguishing between the diffusional and the surface reaction kinetics models // *Applied Surface Science.* – 2007. – V. 253. – P. 5827 – 5840.
3. Boyd G. E., Adamson A. W., Myers L. S. The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites. II. Kinetics // *J. Am. Chem. Soc.* – 1947. – V. 69. № 11. – P. 2836 – 2848.
4. Yang X., Al-Duri B. Kinetic modeling of liquid-phase adsorption of reactive dyes on activated carbon // *J. Coll. Inter. Sci.* – 2005. – V. 287. – P. 25 – 34.

З. П. Оказова, д-р с.-х. наук, доц., проф. кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»,
Н. Х. Кусова, аспирант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»
(Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия)

МЕСТО ИНДИКАЦИИ В АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. Лидирующее место среди факторов, воздействующих на качество жизни жителей города, отводится качеству окружающей среды. На современном этапе многие государства ведут крупномасштабные исследования, направленные на анализ источников выбросов, транзитной и депонирующей сред. Цель исследования – изучение возможности использования методов биоиндикации в оценке состояния окружающей среды городских территорий различной степени освоенности.

Ключевые слова: древесные растения, индикация, состояние окружающей среды, современный город.

Город на современном этапе – сложная в экологическом отношении система, испытывающая на себе в течение длительного времени влияние значительного числа ксенобиотиков, основная доля которых – неорганизованные. Основная часть компонентов городской среды подвергается загрязнению [1].

Лидирующее место среди факторов, воздействующих на качество жизни жителей города, отводится качеству окружающей среды. На современном этапе многие государства ведут крупномасштабные исследования, направленные на анализ источников выбросов, транзитной и депонирующей сред.

Российскими учеными изучены основополагающие принципы экологического исследования современных городов, получившие широкое распространение на современном этапе: концепция воздушной среды, являющаяся главным фактором, необходимым для формирования экологической ситуации города; концепция водооборота города, депонирующей среды, в которых осуществляется аккумуляция промышленных выбросов и их заключительная трансформация [2].

Цель исследования – изучение возможности использования методов биоиндикации в оценке состояния окружающей среды городских территорий различной степени освоенности.

Для биологического мониторинга применяют несколько биологических методов: биоиндикация; биоаккумуляция; биоразнообразие.

В качестве их основных черт можно назвать:

Биоиндикация – растительные объекты являются эффективными диагностами уровня загрязненности городской среды, отличаются спецификой отклика на загрязнение тяжелыми металлами.

Фитоиндикаторы: дают возможность накапливать сведения по загрязненности среды; делают необязательным применение дорогостоящих физико-химических методов; обеспечивают длительный мониторинг; отражают интенсивность изменений, которые происходят в окружающей среде; обеспечивают широкий контроль; позволяют нормировать допустимое антропогенное воздействие на экосистемы.

Биоаккумуляция – большинство растений являются специфическими накопителями ксенобиотиков, в частности накапливают тяжелые металлы. По этому параметру их можно применять в сельскохозяйственных целях для восстановления очагов загрязнения и как про-текторы загрязнения. Растения высаживают как кулисы вдоль дорожного полотна для поглощения ксенобиотиков из воздуха. Биоразнообразие представляет собой экспресс-анализ загрязнения территорий, который способен определить степень загрязнения и концентрацию по длительности выживания.

Воду и воздух отличает высокая динамичность, что обеспечивает рассеивание загрязняющих веществ. Исследование депонирующих сред – наиболее информативно в анализе состояния среды. Наиболее распространенные методы исследования окружающей среды в городе – метод биогеохимической индикации, основанный на анализе содержания ксенобиотиков в растениях, животных, почве, воде и т.д. Растения – самый распространенный биологический объект, реагирующий на незначительный уровень загрязнения среды, способный характеризовать загрязненность за длительный период, что является его основным преимуществом [3].

Установлено, что в качестве индикаторов могут применяться растения, способные накапливать ксенобиотики в тканях или их метаболиты, которые формируются в ходе контакта растения с токсикантом [4].

Оценка состояния экосистем основывается на особенностях отклика растений. Растительность и показатели, ее описывающие, являются надежными индикаторами воздействия. Различные виды воздействия, как правило, не вызывают специфических реакций, что дает возможность применять показатели роста и развития растений в качестве комплексных параметров нагрузки и в итоге диагностировать состояние экосистем.

Визуализация растительности, доступность для наблюдения и целесообразность применения дистанционных методов позволила эффективно применять фитоценотические критерии.

В ходе исследования установлены основные направления использования растений как индикаторов состояния городской среды:

1. Растения в качестве индикатора особенностей иных компонентов экосистем и ландшафтов: рельеф, глубина залегания грунтовых вод, механический состав почв и т.п.
2. Изменение в структуре растительного сообщества в качестве параметра среды.
3. Динамика продукционных показателей экосистем как параметр их устойчивости.
4. Установление показателей для оценки потенциальных возможностей ландшафта, экосистемы и т.п.
5. Растительность в качестве индикатора антропогенной трансформации экосистем является одним из направлений индикации.

В целях индикации используются деревья, распространенные и способные накапливать различные ксенобиотики и их метаболиты, их отличает способность к ответным реакциям на антропогенное загрязнение [5].

Общепризнанными загрязнителями современных городов можно назвать соединения тяжелых металлов, форма и концентрация которых в атмосферных осадках тесно связана с промышленным направлением города. Основные показатели состояния экосистем приведены в табл. 1.

1. Основные показатели состояния экосистем

Показатель	Состояние экосистем		
	удовлетворительное		неудовлетворительное
Экологоценотические			
Доминанта	Тип экосистем	Ценотическая роль	Смена доминанты
Степень участия	< 5,0%	$\leq 20,0\%$	> 20,0%
Экологическая группа и жизненная форма	Характерный спектр	Изменение доли. Возможно участие нетипичных экологических групп	Вариация – > 25%
Морфомигрирующие формы			
Параметры хвои и листа	Характерное значение	Вариация не > 25%	Вариация – > 25%
Продукционные			
Запас фитомасс	Характерный	Варьирует до 30%	Вариация – >30%
Продукция	Типичный	Варьирует до 50%	Вариация – > 50%
Структура фитомасс			
Надземная/ Подземная	Типичное	Варьирует до 30%	Вариация – > 30%
Живая/мертвая	Типичная	Варьирует до 50%	Вариация – > 50%
Комплексные			
Природный потенциал	0,9 от типичного	0,6 от типичного	Менее 0,6 от типичного
Снижение продукционного потенциала	До 20%	20...60%	> 60%

В большинстве городов во всех компонентах экосистем осуществляется кумуляция различных форм тяжелых металлов: свинца, меди, цинка, олова, вольфрама, молибдена, никеля, кобальта, хрома и ртути.

Отмечается формирование больших биогеохимических аномалий техногенного происхождения, отличающихся полиэлементностью состава, что характеризуется большим количеством источников загрязняющих веществ и взаимного наложения зон их влияния; значительным накоплением больших количеств тяжелых металлов в верхних горизонтах почвенного покрова; выраженной коррелятивной зависимостью вытянутости оси аномалии, розы ветров, это можно объяснить сложной ландшафтной структурой города.

На современном этапе проводится исследование степени геохимической загрязненности почвенного покрова и растений. Отмечается повышение содержания свинца, цинка, кадмия, меди, железа, никеля, хрома и других элементов по отношению к контрольным, экологически чистым участкам почвенного покрова [6].

На большей части городских территорий фиксируется изменение рН почвенного покрова в сравнении с экологически чистыми районами, рост содержания органического вещества в верхней части почвенного покрова, что обуславливает рост концентрации тяжелых металлов и уменьшает интенсивность их поступления в растительные ткани.

При интегральном анализе установления содержания тяжелых металлов в системе почва–растение сделаны выводы:

- уменьшение кумуляции ксенобиотиков в растениях и почве по ходу движения от города к пригороду, от центра к периферии, от посадок на улицах к паркам, с удалением от источника загрязнения;

- отсутствие полного повторения границ аномалий в почвенном покрове и растительности, это объясняется тем, что концентрация тяжелых металлов в почвенном покрове – итог длительного, многолетнего загрязнения, концентрация тяжелых металлов в растительности – описание состояния растения в изучаемый период вегетации;

- преобладание аэриального поступления тяжелых металлов в ткани и органы растений, которые имеют прямую зависимость от исследуемого потока загрязнения и попадают в листья, кору, ветви;

- различное содержание тяжелых металлов многочисленными деревьями и их частями;

- разновидность почвенного покрова, его физико-химические свойства, механический состав, содержание гумуса, соотношение в нем гуминовых и фульвокислот, рН, что оказывает воздействие на уровень токсичности тяжелых металлов для растений, определяет уровень их доступности.

Список литературы

1. Олькова, А. С. Анализ результатов биотестирования: особенности, проблемы, подходы / А. С. Олькова, А. В. Будина, Л. В. Даровских // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 680.

2. Мироненко, И. В. Применение методов фитоиндикации в ландшафтных исследованиях / И. В. Мироненко, Н. В. Сурков, Е. Ю. Новенко // Апробация. – 2015. – № 11. – С. 95 – 192.

3. Лькова, О. С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России / О. С. Лькова. // Успехи современной биологии. – 2014. – № 6. – С. 614 – 622.

4. Оказова, З. П. Признаки повреждения растений в результате загрязнения воздуха / З. П. Оказова // Известия Чеченского государственного педагогического института. – 2018. – № 2. – С. 77 – 81.

5. Мироненко, И. В. Применение методов фитоиндикации в ландшафтных исследованиях / И. В. Мироненко, Н. В. Сурков, Е. Ю. Новенко // Апробация. – 2015. – № 11. – С. 95 – 192.

6. Кусова, Н. Х. Биоиндикация как метод контроля состояния окружающей среды / Н. Х. Кусова, З. П. Оказова, М. С. Маргиева // Мат. ВНИК «География: история, современность, перспективы». – Краснодар. – 2012. – С. 228 – 232.

И. С. Решетов¹, аспирант 4 года обучения кафедры гидробиологии, биологический факультет, **К. А. Кузьмин**², студент 3 курса направления подготовки «Экология и природопользование», Институт математики, естествознания и информационных технологий
(¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
²Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов, Россия)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОТОКОВ И ВОДОЕМОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА НИЗМЕННЫХ ВОДОРАЗДЕЛАХ, В НАИБОЛЕЕ ЖАРКИЙ ПЕРИОД ГОДА

Аннотация. Представлены результаты изучения фауны верховий рек на водоразделах рек Цны и Воронежа, Цны и Вороны. Изучена структура сообществ макрозообентоса.

Ключевые слова: верховья рек, водные макробеспозвоночные, водораздел, временные водотоки, макрозообентос.

Сообщества, населяющие временные водотоки и истоки рек, представляют значительный интерес, ввиду наилучшей возможности миграции организмов из одного бассейна в другой. Промысловые виды верховьях рек, как правило, отсутствуют. Это предопределяет достаточно слабую изученность организмов, населяющих верховья рек и пересыхающие водотоки.

В средней полосе России наиболее жарким месяцем в году является июль. После прохождения весеннего половодья к концу июня уровень воды в реках устанавливается на уровне летней межени. При этом в зависимости от количества осадков в летний период времени небольшие водотоки верховьев рек имеют постоянное течение до июля, постепенно теряя водность и в итоге пересыхая.

Поэтому весьма актуальной представляется задача изучения сходства сообществ верховьев рек, относящихся к различным бассейнам, а также динамики структуры сообществ гидробионтов в пересыхающих водотоках в наиболее жаркий период года, когда значительная часть временных водотоков, существовавших во время весеннего половодья начинает пересыхать.

Актуальность изучения структуры сообществ водных беспозвоночных состоит еще в том, что эти сообщества крайне чувствительны к поступающим в водоток загрязнениям. Определив структуру сообществ водных беспозвоночных в водотоках со сходными гидрологическими условиями, можно судить о степени антропогенной нагрузки на экосистему водоема и ее адаптационных возможностях.

Изучение состава сообществ водных беспозвоночных в постоянных водотоках Тамбовской области проводилось рядом исследователей [1 – 3].

Нами изучена структура сообществ макрозообентоса пересыхающих водотоков и верховьев рек в июле.

Исследование проводилось в 12 точках на водоразделах рек Цна и Воронеж, Цна и Ворона. Из 12 точек отбора проб четыре были выбраны на временных пересыхающих водо-

тока в самых истоках рек, четыре – в верховьях рек с постоянным течением и четыре – в прудах, созданных в балках в верховьях рек.

Шесть точек находились на водоразделе рек Цны и Вороны в районе сел Новгородовка и Осиновка Рассказовского района Тамбовской области. Исследования проводились в истоках рек Большой Ломовис и Мокрая Панда. Также шесть точек находились на водоразделе рек Цна и Воронеж в районе сел Беломестная Двойня и Николаевка Тамбовского района Тамбовской области. Исследования проводились в истоках рек Беломестная Двойня и Матыра.

Для отбора проб использовался гидробиологический сачок площадью 0,02 м². На каждой площадке пробы отбирались со всего многообразия биотопов. В каждой точке организмы отбирались до выхода числа видов на плато, затем фиксировались в 70% растворе этилового спирта. Таксономическое определение велось в лабораторных условиях в МГУ имени М. В. Ломоносова по возможности до вида, но в некоторых случаях до группы видов или рода, по определителю пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий (т. 3 – 6) [4].

Сходство сообществ на изученных модельных площадках определялось нами при помощи индекса Жаккара [5].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований нами был обнаружен 61 вид и род водных макробеспозвоночных, относящихся к 39 семействам (табл. 1).

1. Список обнаруженных водных макробеспозвоночных

	Семейство	Род, вид	Матыра	Двойня	М. Панда	Ломовис
Тип Annelida						
1.	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>		+		+
2.		<i>Helobdella stagnalis</i>				+
3.	Haemopidae	<i>Haemopsis sanguisuga</i>			+	
4.	Erpobdellidae	<i>Erpobdella lineata</i>			+	
5.		<i>Erpobdella octoculata</i>	+	+	+	
6.	Tubificidae	<i>Tubifex tubifex</i>	+	+		
Тип Mollusca						
7.	Bithyniidae	<i>Bithyniaten taculata</i>	+	+		+
8.	Bulinidae	<i>Planorbarius corneus</i>			+	
9.	Valvatidae	<i>Cincinna piscinalis</i>		+	+	
10.	Planorbidae	<i>Gyraulus</i> sp.				+
11.	Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	+			
12.	Lymnaeidae	<i>Lymnaea auricularia</i>				+
13.	Sphaeriidae	<i>Musculum</i> sp.		+		
14.		<i>Sphaerium</i> sp.	+		+	+
15.	Pisidiidae	<i>Pisidium amnicum</i>		+	+	

	Семейство	Род, вид	Матьра	Двойня	М. Панда	Ломовис
Тип Arthropoda						
16.	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	+	+		
17.	Gammaridae	<i>Gammarus lacustris</i>	+			
18.	Coenagrionidae	<i>Coenagrion pulchellum</i>			+	+
19.		<i>Erythromma najas</i>				+
20.		<i>Ishuraelegans</i>				+
21.	Corduliidae	<i>Cordulia aenea</i>		+		
22.	Gomphidae	<i>Gomphus vulgatissimus</i>			+	
23.	Libellulidae	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>		+	+	+
24.	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	+	+	+	
25.	Caenidae	<i>Caenis horaria</i>		+		+
26.	Limnephilidae	<i>Anobolia furcata</i>	+	+	+	
27.		<i>Grammotaulius nigropunctatus</i>			+	
28.		<i>Limnephilus elegans</i>	+			
29.		<i>Limnephilus nigriceps</i>			+	
30.		<i>Limnephilus stigma</i>			+	
31.	Leptoceridae	<i>Mystacides azureus</i>		+		+
32.		<i>Triaenodes bicolor</i>	+			
33.	Molannidae	<i>Molanna angustata</i>	+	+	+	
34.	Phryganeidae	<i>Phryganea bipunctata</i>			+	
35.		<i>Trichostegia minor</i>	+			
36.	Dytiscidae	<i>Agabus</i> sp.	+		+	
37.		<i>Colymbetes dolabratus</i>		+		+
38.		<i>Cybister</i> sp.	+			
39.		<i>Graphoderus cinereus</i>				+
40.		<i>Hyphydrus ovatus</i>	+		+	+
41.		<i>Ilybius ater</i>	+			
42.		<i>Ilybius subtilis</i>				+
43.		<i>Lacophilushyalinus</i>	+			+
44.		<i>Platambus maculatus</i>			+	
45.	<i>Rhantus latitans</i>			+		

	Семейство	Род, вид	Матьра	Двойня	М. Панда	Ломовис
46.	Hydrophilidae	<i>Coelostoma orbiculare</i>		+		+
47.		<i>Laccobiussp.</i>		+	+	+
48.	Gyrinidae	<i>Gyrinuspaikulli</i>		+	+	
49.	Haliplidae	<i>Haliphus heydeni</i>	+		+	
50.	Noteridae	<i>Noterus crassicornis</i>			+	
51.	Chironomidae	<i>Chironomussp.</i>	+		+	
52.	Limoniidae	<i>Hexatoma sp.</i>				+
53.	Muscidae	<i>Limnophora riparia</i>	+		+	
54.	Stratiomyidae	<i>Odontomyia ornata</i>			+	
55.	Naucoridae	<i>Iliocoriscimicoides</i>	+			
56.	Nepidae	<i>Nepa cinerea</i>	+	+		
57.		<i>Ranatra linearis</i>				+
58.	Notonectidae	<i>Notonecta glauca</i>	+	+	+	+
59.	Pleidae	<i>Pleaminutissiima</i>				+
60.	Corixidae	<i>Sygarasp.</i>	+	+	+	+
61.	Sialidae	<i>Sialis sordida</i>	+	+	+	

Сходство сообществ водных макробеспозвоночных на обследованных площадках представлено на рис. 1.

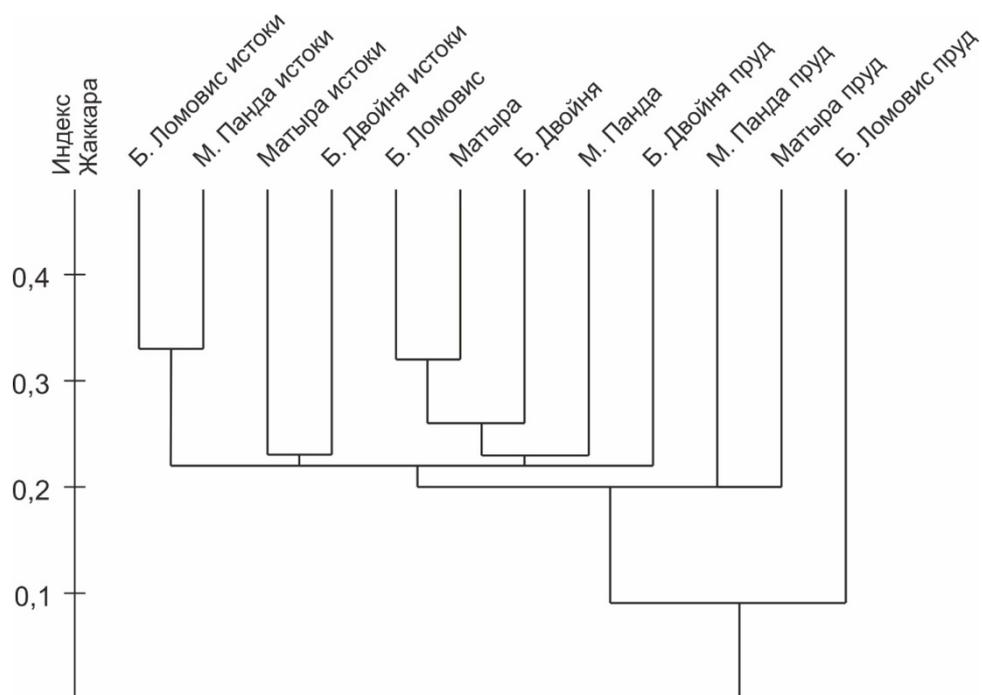


Рис. 1. Дендрограмма сходства сообществ водных макробеспозвоночных

Как видно из рис. 1 значение индекса сходства Жаккара изменяется от 0,09 до 0,33. Наибольшее сходство обнаруживается между истоками рек Двойня и Большой Ломовис, наименьшее сходство по отношению ко всем остальным исследуемым участкам показывает пруд реки Большой Ломовис. На дендрограмме мы можем увидеть, что произошло разделение исследуемых участков на три кластера – истоки, постоянные участки и пруды. Истоки всех исследуемых рек к этому времени значительно пересохла и начали проявлять наибольшее сходство между собой. В большинстве прудов же к этому времени видовое богатство снизилось, и они объединились в один кластер. Исключением стал пруд реки Большой Ломовис, который вследствие своих более крупных размеров оказался менее подвержен изменениям и в значительной мере сохранил видовое богатство, чем и объясняется его меньшее сходство с остальными прудами.

В результате проведенных исследований мы пришли к следующим выводам. На 12 обследованных точках найден 61 род и вид водных макробеспозвоночных. Установлено, что сообщества макрозообентоса, обитающие весьма недалеко друг от друга, отличаются весьма высоким разнообразием.

Сообщества, обитающие в пределах весьма ограниченной территории, отличаются весьма высоким разнообразием. Индекс Жаккара не превысил значение 0,33.

Список литературы

1. Оценка качества воды поверхностных водотоков бассейна реки Цны с применением методов биоиндикации / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева, А. Ю. Клоков, А. А. Олейников // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2011. – Т. 16, Вып. 2. – С. 638 – 642.

2. Буковский, М. Е. Естественные условия протекания и таксономический состав донных беспозвоночных реки Вороны / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки. – 2012. – № 9, Вып. 19. – С. 82 – 88.

3. Буковский, М. Е. Сапробность рек на участках с различной антропогенной нагрузкой в годы разной водности / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4 – С. 368 – 373.

4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб. : Наука, 1997 – 2004. – Т. 3 – 6.

5. География и мониторинг биоразнообразия / Колл. авторов. – М. : Изд-во Научного и учебно-методического центра МГУ, 2002. – 432 с.

Л. В. Ромашкина, П. В. Макеев, канд. техн. наук, доц. кафедры «М и Т»,
П. С. Беляев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «М и Т»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ТЕТРАПАК И ОТХОДОВ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Аннотация. В настоящее время растет количество отходов полимерной тары и упаковки. На производствах цементно-стружечных плит также образуется большое количество отходов. Вторичная переработка – самый передовой способ утилизации отходов, решающий сразу несколько проблем: экологическую и экономическую.

Ключевые слова: полимер, композит, цементно-стружечные плиты.

Каждый день по всему миру потребляются миллионы литров воды, молока, сока и других жидких продуктов питания. На данный момент наибольшей популярностью для упаковки таких видов продуктов пользуется упаковка из комбинированных материалов. Такую значительную востребованность эти материалы приобрели за счет удобства в эксплуатации, высоких прочностных и барьерных свойств. Самым востребованным пакетом данного вида является упаковка TetraPak. TetraPak – это компания, которая начала свою деятельность в 1951 году. Компания TetraPak разработала широкую линейку упаковок, которые сохраняют как питательную ценность продукта, так и его вкус. Благодаря технологиям TetraPak упаковка и доставка жидких продуктов питания потребителям стали намного проще. Сегодня компания предоставляет разнообразные технологии по переработке и упаковке самых разных продуктов, начиная с мороженого, сыров, фруктов и овощей и заканчивая кормами для домашних животных.

Из-за роста потребления продукта, упакованного в TetraPak, увеличивается количество отходов данной упаковки, следовательно появляется вопрос их утилизации. Сложность переработки отходов Tetrapak заключается в том, что картон, полиэтилен и алюминий соединены вместе и у перерабатывающих предприятий возникает проблема их разделения. Как правило, процесс разделения протекает в несколько стадий, это требует большое количество различного оборудования, что влечет за собой большие затраты. Картон еще возможно отделить, но полиэтилен от алюминия отделить очень трудно, получается конгломерат вторичного полиэтилена и алюминия, так называемый «полиалюминий», который имеет специфические свойства и не находит широкого применения в дальнейшем производстве. В России упаковка Tetrapak практически не перерабатывается.

С другой стороны существует проблема загрязнения окружающей среды, которая создается производствами цементно-стружечных плит (ЦСП). Во время производства этих плит образуется большое количество отходов в виде древесно-цементного порошка. Только в рамках отдельно взятого предприятия отходов ЦСП получается около 10 м³ в день [1]. Попытки вернуть эти отходы в технологический цикл получения плит ЦСП не увенчались успехом из-за недопустимого снижения качества готовой продукции.

С учетом того, что в составе смеси для ЦСП преобладает минеральный компонент, а упаковка TetraPak делается исключительно из высококачественных материалов, одним из способов решения вышеуказанных проблем является создание композиционного мате-

риала на основе отходов ЦСП и TetraPak для получения легких и прочных конструкционных изделий.

Для получения такого композиционного материала нами была использована экспериментальная установка на основе смесителя Брабендера (рис. 1) [2].

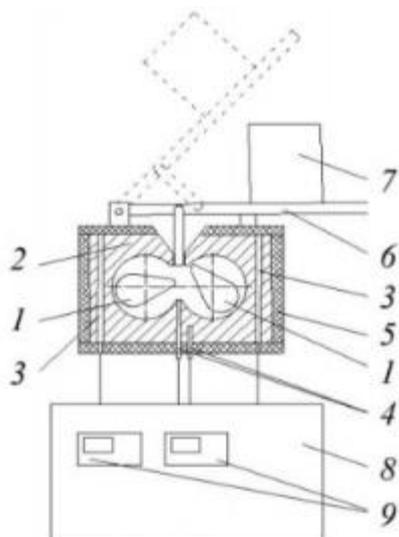


Рис. 1. Схема камеры смесителя:

- 1 – роторы; 2 – смесительная камера; 3 – трубчатые электронагреватели; 4 – термопары;
5 – пластины теплоизолятора; 6 – рычаг; 7 – груз; 8 – щит управления;
9 – приборы для контроля и регулирования температуры

Смеситель состоит из камеры смесительной, загрузочного устройства, станины с приводом и электрооборудования. Смешение компонентов производится в смесительной камере. Она состоит из камеры, в которой происходит смешение, и сварного корпуса, на котором она закреплена двумя специальными гайками. Смесительные органы представляют два ротора б, которые вращаются в противоположные стороны. Роторы консольно установлены в корпусе камеры. Опорами ротора являются передний подшипник скольжения и два задних подшипника качения. Вращение роторов производит мотор-редуктор, связанный муфтой с валом приводного ротора. Второй ротор получает вращение от приводного ротора через зубчатую передачу с передаточным отношением 1,5.

Для проведения испытаний изначально нужно было определить влияние на качественные показатели композита гранулометрического состава отходов ЦСП. Для этого отходы загружались в вибросито (рис. 2), в котором они разделялись на соответствующие фракции 800 и 400 мкм [3].

Далее отходы ЦСП заданного гранулометрического состава и отходы «полиалюминия» в виде гранул загружались в смесительную камеру Брабен-



Рис. 1. Схема лабораторного вибросита:

- 1 – закрывающая ручка; 2 – винтовая ручка; 3 – винт; 4 – сита разных диаметров; 5 – таймер; 6 – панель управления

дера, разогретого до 180 °С. Смешение компонентов происходило в течение 7 минут, при частоте вращения 45 об/мин.

После смешения полученная масса композита извлекалась из Брабендера и загружалась в пресс-форму, которая устанавливалась под пресс с усилием прессования 100 тонн на 5 минут. Полученный образец изделия в виде параллелепипеда вынимался из пресс-формы и подвергался физико-механическим испытаниям. При проведении исследований варьировалось соотношение «полиалюминия» и ЦСП (1:1; 1:2; 1:3) и с разными гранулометрическими составами ЦСП (800 мкм и 400 мкм) [4].

Были проведены исследования водопоглощения и разбухания образцов изделий из композита, а также определение влажности. Все эксперименты проводились в соответствии с ГОСТ 26816–86 [5].

Для определения водопоглощения и набухания образцы погружали в вертикальном положении в сосуд с водой, таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом и с самим сосудом, также соблюдая расстояние 20 мм ниже уровня поверхности воды. Через 24 ч ± 15 мин образцы извлекали из воды и складывали в стопы в горизонтальном положении, прокладывая фильтровальной бумагой для удаления лишней воды. На стопку образцов клали груз 500 г на 30 с. После проделанных действий образцы взвешивали и определяли снова их толщину [6].

Определяя влажность, образцы взвешивали и помещали в сушильный шкаф при температуре 105 °С до постоянной массы. Массу образца считали постоянной, если разность между двумя последовательными взвешиваниями не превышала 0,1% массы. Первое взвешивание проводилось через 4 ч, далее через 2 ч. После высушенные образцы охлаждали в эксикаторе с гигроскопическим веществом и взвешивали [7].

На рисунке 3 представлены данные по изменению линейных размеров образцов с различным содержанием компонентов в результате поглощения воды. На рисунке 4 представлены данные по содержанию влаги в тех же образцах после испытаний на водопоглощение.

Анализ графических зависимостей показал, что с увеличением содержания в композите отходов ЦСП показатели водопоглощения и влажности увеличиваются. Увеличение размера частиц отходов ЦСП также приводит к снижению качественных показателей изделия.

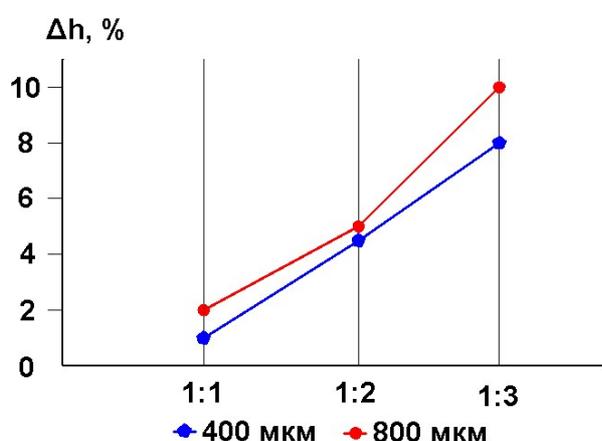


Рис. 3. Изменение размеров образцов в результате водопоглощения

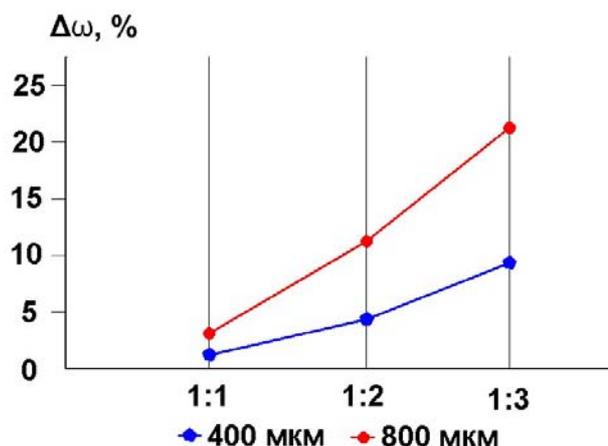


Рис. 4. Влажность образцов

Список литературы

1. Утилизация и переработка твердых бытовых отходов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько и др. – Тамбов, 2015. – С. 42.
2. Переработка отходов полимерных материалов на валково-шнековом агрегате / П. В. Макеев, А. С. Клинков, И. В. Шашков, Д. Л. Полушкин // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 119 – 123.
3. Ресурсосберегающая технология переработки отходов полимерных материалов / А. С. Клинков, П. В. Макеев, И. В. Шашков, Д. Л. Полушкин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 3. – С. 292 – 300.
4. Методика расчета величины сдвиговой деформации при получении профильных изделий заданного качества / П. В. Макеев, А. С. Клинков, Д. Л. Полушкин, П. С. Беляев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – № 1. – С. 166 – 172.
5. Пат. на изобретение RUS 2417881 11.01. Валково-шнековый агрегат / А. С. Клинков, П. В. Макеев, Д. Л. Полушкин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – 2009.
6. Беляев, П. С. Утилизация отходов производства цементно-стружечных плит с получением композиционных строительных материалов / П. С. Беляев, П. В. Макеев, Е. В. Устьян // Матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – С. 119 – 123.
7. Беляев, П. С. Исследование процесса получения композиционного материала на основе отходов ЦСП и вторичного полипропилена / П. С. Беляев, П. В. Макеев, Е. В. Устьян // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 100 – 104.

А. А. Саблин, магистрант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», **Н. В. Алексеева**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРИРОДООХРАННЫЕ СПОСОБЫ ВОДОПОДГОТОВКИ

Аннотация. Рассмотрены доступные способы водоподготовки, их преимущества и недостатки, а также принципы действия и влияние на окружающую среду.

Ключевые слова: георесурс, водоподготовка, фильтрация.

К проблемам, связанным с георесурсами, можно отнести несоответствие качества добываемых водных ресурсов нормам СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.» Из основных проблем можно выделить повышенный показатель металла в добываемой воде, в частности, железа. Из чего следуют повышенные органолептические показатели: цветность и мутность. При решении данной задачи используются доступные методы водоподготовки. Они имеют свои недостатки, также могут негативно влиять на окружающую среду.

1. Аэрация в водоподготовке применяется для удаления марганца, железа, сероводорода, а также других веществ. При наличии в воде двухвалентного железа с растворенным кислородом, металл выделяется из жидкости. К недостаткам стоит отнести применимость данного метода только при небольшой концентрации железа в жидкости [1].

2. Водоподготовка с использованием кварцевого песка. Кварц наиболее распространен на планете. Этот минерал максимально используется человеком. Кварцевый песок для фильтрации воды – самый доступный и подходящий вариант. Он удаляет из воды хлор, алюминий и марганец. Значительно снижает количество радионуклидов. Сорбирует ионы тяжелых металлов: железа, свинца, цезия, меди и кадмия. Также кварцевый песок применяется для фильтрации сточных вод, для подготовки к очистке активным углем и обратным осмосом. Фильтры с использованием кварцевого песка промываются большим количеством проточной воды, после чего минерал сбрасывается в сточные воды. При обратной промывке будет происходить гидравлическая сортировка слоев загрузки, в состав которой входит кварцевый песок, что приведет к нарушению технологического процесса [2].

3. Фильтрация с использованием минерала глауконита. Стоит рассмотреть свойства минерала глауконита, содержащегося в глауконитовых песках, которыми богата Тамбовская область. Глауконитовые концентраты имеет высокую емкость поглощения (0,02...0,65%) и стойкость при использовании в водоочистных фильтрах.

Глаукониты являются активными поглотителями различных фосфорорганических, серосодержащих пестицидов. Установлена способность глауконитов к биохимической очистке вод животноводческих комплексов, т.е. очищать воду от вредной органики.

Он относится к экологически чистым материалам. Природные загрузки могут применяться без предварительной подготовки. Также к достоинствам можно отнести цену, которая ниже чем у синтетических загрузок в несколько раз [3].

4. Флотация. Под флотацией понимают расщепление твердых микрочастиц с разной смачиваемостью. Это несмачиваемые водой (гидрофобные) частицы, и смачиваемые (гидрофильные). Пузырьки воздуха или масляные капли поднимаются вверх к границе раздела фаз, унося за собой гидрофобные частицы. Метод флотации используют при очистке сточных вод от взвесей и различных органических веществ, при разделении веществ в таких отраслях промышленности как пищевая, нефтеперерабатывающая и другие.

Расширенно применяется метод пенной флотации. При помощи добавления реагентов обрабатываются первоначальные частицы, также добавляется пенообразователь. При выталкивании их в верхний слой жидкости образуется пена.

После флотации продукты идут на дальнейшее обезвоживание в отстойники-сгустители и гидроциклоны, сушилки и так далее [4].

5. Обратный осмос. Процесс мембранной фильтрации, разделяющий чистую воду и раствор с загрязнениями.

Первоначально осмос использовался для получения питьевой воды из морской, в медицине и промышленности. В настоящее время обратный осмос является одной из самых популярных технологий для первоначальной очистки воды. Эта самая популярная технология, используемая для предварительной очистки воды, предназначенной для розлива в пластиковые и стеклянные бутылки.

Обратный осмос относится к наиболее перспективным и широко применяемым способам очистки воды. Обратноосмотические фильтры эффективно удаляют из воды частицы размером от 0,001 до 0,0001 мкм. В этот диапазон попадают соли жесткости, сульфаты, нитраты, ионы натрия, малые молекулы, красители. Мембраны, используемые для обратного осмоса, очень чувствительны к загрязнениям. Для более эффективной и продолжительной работы фильтров с обратноосмотической мембраной перед системой устанавливается предварительная фильтрация, задерживающая более крупные частицы.

В системах очистки воды обычно используются синтетические полупроницаемые мембраны. Мембрана пропускает низкомолекулярные вещества, растворенные газы.

Главной особенностью фильтров, в которых используется технология обратного осмоса, является практически полная стерилизация воды. Через фильтры проходит молекула воды (размер 0,3 нм), но не проходят высокомолекулярные вещества, химические и биологические примеси, в частности, микроорганизмы и вирусы [5].

6. Коагуляция воды. Способность дисперсных систем сохранять определенную степень дисперсности называется агрегативной устойчивостью.

Частицы дисперсной фазы сопротивляются слипанию за счет разных механизмов. Данная способность обусловлена, во-первых, образованием на поверхности частиц дисперсной фазы двойного электрического слоя, обеспечивающего электрическую стабилизацию дисперсной системы. Во-вторых, работает молекулярно-адсорбционный механизм стабилизации.

Вокруг частиц формируются слои адсорбции, которые состоят из дисперсной среды и растворенных в ней веществ. В-третьих, существует кинетический фактор устойчивости – малая частота столкновений дисперсных частиц [6].

7. Биологическая очистка воды. Биологическая очистка сточных каналов заключается следующим.

Сточные воды, которые попадают из жилого здания, подвергаются брожению и частичному отстаиванию в специальной емкости. В такой емкости отсутствует кислород.

После чего осветленный сток отправляется в систему почвенной фильтрации, для того чтобы произвести дополнительную очистку.

При помощи активного ила, который содержится в среде с кислородом, происходит следующий этап очистки сточной воды. Компрессор подает дополнительное количество кислорода.

Еще одним положительным качеством биологической очистки является полное отсутствие неприятных запахов. При других методах очистки присутствуют различные запахи. Например, при химическом методе ощущается запах химических элементов, которые были использованы во время очистки воды. При физическом методе остается небольшой запах отходов [7].

Список использованных источников

1. Очистка воды аэрацией – принципы и методы [Электронный ресурс]. – URL : <http://bwt.ru/userful-info/809>
2. Кварц в водоочистке [Электронный ресурс]. – URL : <http://vse-o-vode.ru/materials/kvarc-v-vodoochistke-klassifikacia-trebovaniya-recomendacii>
3. Барышникова, Е. А. Использование абсорбционных свойств глауконита бондарского месторождения Тамбовской области в процессах водоподготовки [Электронный ресурс] / Е. А. Барышникова, Е. О. Забенькина. – Молодой ученый. – 2013 – URL : <http://moluch.ru/archive/59/8582>
4. Очистка сточных вод методом флотации [Электронный ресурс]. – URL : <http://аква-плюс.рф/очистка-сточных-вод-методом-флотации>
5. Обратный осмос [Электронный ресурс]. – URL : http://ru.wikipedia.org/wiki/Обратный_осмос
6. Коагуляция воды. Виды коагуляции в водоподготовке. [Электронный ресурс]. – URL : <http://water2you.ru/articles/tekhnologii-ochistki-vody/koagulyatsia-kolloidnykh-primesey>
7. Биологическая очистка воды [Электронный ресурс]. – URL : <http://watermap/articles/biologicheskaya-ochistka-vody>

Б. М. Садыков, студент, **Д. А. Садыкова**, студент,
С. М. Романова, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры «Инженерная экология»,
Д. И. Сабирова, ассистент кафедры «Инженерная экология»
(Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия)

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПИРОКСИЛИНОВЫХ ПОРОХОВ, НЕ СООТВЕТСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

Аннотация. Предложен метод модификации некондиционных и устаревших нитратов целлюлозы тиокарбамидом. Введение в структуру полимера фрагментов тиомочевины позволяет направленно менять его эксплуатационные и технологические характеристики и получать новые смешанные азотнокислые эфиры целлюлозы с использованием отходов пороходелия.

Ключевые слова: нитрат целлюлозы, тиокарбамид, химическая модификация.

Проблема утилизации боеприпасов с истекшим гарантийным сроком хранения является масштабной и крайне актуальной в Российской Федерации. Такие отходы требуют тщательного контроля при хранении. Пожаро- и взрывоопасность, высокая трудоемкость регламентных работ, необходимость в высококвалифицированных специалистах, неопределенность безопасных сроков хранения обуславливают высокую стоимость складирования устаревших пироксилиновых порохов. Это вызвало потребность перейти к разворачиванию мощных производств по их утилизации, что определилось, в первую очередь, масштабами подлежащих ликвидации запасов, экономической нецелесообразностью их безвозвратных потерь, требованиям экологической безопасности.

Безусловно, наиболее целесообразным вариантом является переработка пироксилиновых порохов в новые пороха и топлива, например, сферические. Это направление должно быть доминирующим, однако большое количество устаревших и утилизируемых порохов заставляет технологов искать параллельно и другие варианты.

Переработка устаревших порохов в новые полимерные материалы может быть осуществлена методом химической модификации различными органическими и неорганическими соединениями.

Одним из способов химического модифицирования нитратов целлюлозы (НЦ) является замещение его функциональных групп иными группами, используя реакции нуклеофильного и электрофильного замещения, что позволяет целенаправленно изменять комплекс их свойств: повышать устойчивость к химическим реагентам, расширять область температурной переработки и др.

Взаимодействие НЦ с тиомочевинной проводилось в гомогенной среде диметилсульфоксида, который хорошо растворяет исходные реагенты и остается индифферентным по отношению к ним. Реакцию проводили при температуре 70 °С и с временем выдержки 2,3 и 5 часов. Продукт представляет собой мелкодисперсное порошкообразное вещество, хорошо растворимое в апротонных полярных растворителях и не растворимое в воде.

Для изучения полученных продуктов применили методы инфракрасной спектроскопии и спектроскопию ядерного магнитного резонанса. В ИК-спектрах конечных продуктов наблюдаются полосы поглощения, принадлежащие колебаниям связей нитратов целлюлозы:

690...694, 750...754, 840...844, 1280...1285, 1651...1656 cm^{-1} , соответствующие валентным и деформационным колебаниям в группировке $-\text{ONO}_2$; 1430...1435 cm^{-1} – колебания метильной группы в $-\text{CH}_2-\text{ONO}_2$; 1070...1140 cm^{-1} , соответствующие колебаниям простой эфирной связи $\text{C}-\text{O}-\text{C}$; 1006...1164 cm^{-1} – колебаниям глюкопиранозного кольца; 3100...3647 cm^{-1} – валентным колебаниям связи $-\text{O}-\text{H}$; а также полосы поглощения, характеризующие валентные и деформационные колебания связей тиокарбамидного фрагмента: 732...736 cm^{-1} – колебаниям $\text{C}-\text{S}$; 3570...3573 cm^{-1} – колебаниями аминогрупп; 1492...1496 cm^{-1} пики слабой интенсивности, отнесенные к $-\text{C}-\text{N}$. Стоит отметить, что колебания, соответствующие гидроксильным и аминогруппам проявляются в одном интервале в виде широкого пика, однако его форма сильно деформируется по сравнению с НЦ, и пик смещается в сторону более низких значений волнового числа.

На основании анализа результатов ИК-спектроскопии можно сделать вывод, что происходит изменение строения полимера, поскольку спектры полученных продуктов содержат функциональные группы, характерные не только для валентных и деформационных колебаний связей исходного НЦ, но и для тиокарбамида, что свидетельствует о протекании реакции и введении в структуру полимера фрагментов модифицирующего агента.

Спектры ЯМР ^1H продуктов имеют сигналы (м. д.): 5,82 (^3H); 5,27 ($^{2,4}\text{H}$); 4,88 (^6H); 4,79 ($^{1,5}\text{H}$), соответствующие протонам глюкопиранозного кольца нитрата целлюлозы; 3,9 – протонам гидроксильных групп; 5,52-5,62 (H-C-S). Наличие в спектрах продуктов реакции сигналов, соответствующих протонам (H-C-S), также свидетельствует о наличии в их структурах фрагментов тиокарбамида.

Анализ полученных данных показывает, что при взаимодействии НЦ с тиокарбамидом при температуре 70 °С происходит уменьшение содержания нитратных групп и увеличение степени замещения на тиокарбонильную группу.

Процесс замещения зависит от времени реакции: с увеличением времени выдержки реакции степень замещения на фрагменты тиокарбамида увеличивалась. Наиболее глубоко процесс нуклеофильного замещения протекал при времени выдержки 3 часа. Дальнейшее увеличение времени реакции приводило к сильной деструкции полимера, что затрудняло выделение полимерных продуктов.

Введение в структуру данного полимера фрагментов тиомочевины может придать полимеру некоторые биоцидные свойства: дезинфицирующие или фунгицидные. Модификация НЦ расширяет возможности получения новых целлюлозных материалов, с целью дальнейшего использования полученных продуктов как сырья для создания товаров народного хозяйственного назначения.

Список литературы и источников

1. Проблемы утилизации списанных боеприпасов [Электронный ресурс] // Научная библиотека. – URL : http://www.f-mx.ru/voennaya_kafedra/sposoby_utilizacii_vzryvchatyx_veshhestv.html (дата обращения: 17.03.2018).
2. Wu, T. K. Studies of reaction nitrocellulose / T. K. Wu // Amer. Chem. Soc. polym. prepr. – 1979. – V. 20. – № 2. – P. 409 – 412.

3. Химическая модификация нитрата целлюлозы бромпроизводными мидазола / Д. И. Павлова, А. М. Мадякина, Г. Ф. Ишмаева, М. В. Хузеев // Вестник КГТУ. – 2015. – № 23. – С. 135 – 135.

4. Поляков, А. И. Взаимодействие нитрата целлюлозы с хлорангидридами карбоновых кислот / А. И. Поляков, В. В. Смагин // Высокомолекулярные соединения. – 1972. – № 6. – С. 1278 – 1282.

5. Пат. 10/46706 РФ, МКИ С09D101/18. Сложные смешанные азотнокислые эфиры целлюлозы с капролактамными группами и способ их получения / Н. П. Логинов, С. Н. Логинова ; заявитель и патентообладатель Н. П. Логинов, С. Н. Логинова. – № 2157817 ; заявл. 19.03.1999 ; опубл. 20.10.2000.

6. Романова, С. М. Синтез хлорнитратов целлюлозы / С. М. Романова, А. М. Мадякина, С. В. Фридланд // Недели науки СПбПУ : сб. докл. конф. с Междунар. участием (13 – 19 ноября 2017 г.). – СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2017. – С. 169 – 172.

Д. А. Садыкова, студент, Д. И. Сабирова, ассистент кафедры «Инженерная экология»,
Б. М. Садыков, студент, С. М. Романова, канд. хим. наук, доц.,
доц. кафедры «Инженерная экология»,
(Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия)

ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ УСТАРЕВШИХ НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ КАК СПОСОБ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Аннотация. Изучено взаимодействие нитрата целлюлозы с мочевиной и выявлены основные направления реакции. Структура полученных соединений подтверждена методами элементного анализа, ИК- и ЯМР ^1H -спектроскопии.

Ключевые слова: нитрат целлюлозы, мочевина, химическая модификация.

В настоящее время в связи с сокращением вооружений и конверсией оборонной промышленности высвобождается большое количество бездымных (пироксилиновых) порохов, представляющих в этой ситуации отходы, не нашедшие применения [1]. Взрывчатые вещества и средства взрывания, непригодные для взрывных работ, обычно рекомендуется уничтожать взрыванием, сжиганием, потоплением в водах морей и океанов или растворением в воде. Но это наносит неоценимый вред окружающей среде: атмосферному воздуху, почве, поверхностным и подземным водам, растительному и животному миру, также теряется ценный ресурс, который можно вторично использовать, извлекая экономическую и экологическую выгоду [2]. Поэтому разработка новых рациональных методов утилизации устаревших пироксилиновых порохов является важной и актуальной задачей.

Целью работы было изучение реакции нитрата целлюлозы (НЦ), основного компонента пироксилинового пороха, с мочевиной и выявление основных направлений взаимодействия.

В качестве исходного полимера, подлежащего химической модификации, использовали азотнокислый эфир целлюлозы, который имеет эмпирическую формулу элементарного звена $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{0,92}(\text{ONO}_2)_{2,08}$ с содержанием азота $\text{N} = 11,40\%$. Химическое взаимодействие НЦ с карбамидом проводилось в гомогенной среде диметилсульфоксида (ДМСО). Реакции проводили при температуре 70°C и различном времени выдержки (2, 3, 5 часов).

В результате реакции были получены продукты, которые представляют собой мелкодисперсные порошкообразные вещества белого цвета, хорошо растворимые в ацетоне, этилацетате, диметилформамиде, ДМСО и др. апротонных полярных растворителях и нерастворимые в воде и спирте. Для подтверждения химического строения элементарных звеньев полученных продуктов применяли следующие физико-химические методы анализа: элементный анализ, ИК и ЯМР ^1H -спектроскопия, вискозиметрический анализ, термическая поляризационная микроскопия.

В ИК-спектрах конечных продуктов наблюдаются полосы поглощения, характерные для нитрата целлюлозы:

- 688...622, 756...752, 841...838, 1280, 1380, 1429...1439, 1636...1659 cm^{-1} – соответствующие валентным и деформационным колебаниям в группировке $-\text{ONO}_2$ и $-\text{CH}_2-\text{ONO}_2$;
- 1074...1077 cm^{-1} – соответствующие колебаниям простой эфирной связи;
- 1006...1165 cm^{-1} – колебаниям связей глюкопиранозного кольца;

- 2916...2979 cm^{-1} – соответствующие валентным колебаниям CH ;
- 3200...3690 cm^{-1} – соответствующие валентным колебаниям связи OH ;

а также полосы поглощения, характеризующие валентные и деформационные колебания карбамидного фрагмента:

- 1633...1653 cm^{-1} – колебания связей CON .
- 3417...3658 cm^{-1} – соответствующие валентным колебаниям группы N-H .

Стоит отметить, что на спектрах продуктов пики, соответствующие колебаниям углеродного скелета, значительно деформированы по сравнению со спектром HЦ , что вероятнее всего указывает не процессы деструкции полимерных цепей. Наличие колебаний аминогруппы карбамида было установлено по изменению спектральной картины в области высоких значений волнового числа: вместо широкого пика гидроксильных групп при 3200...3600 cm^{-1} на спектре присутствует характеристическая группа пиков 3417-3658 cm^{-1} .

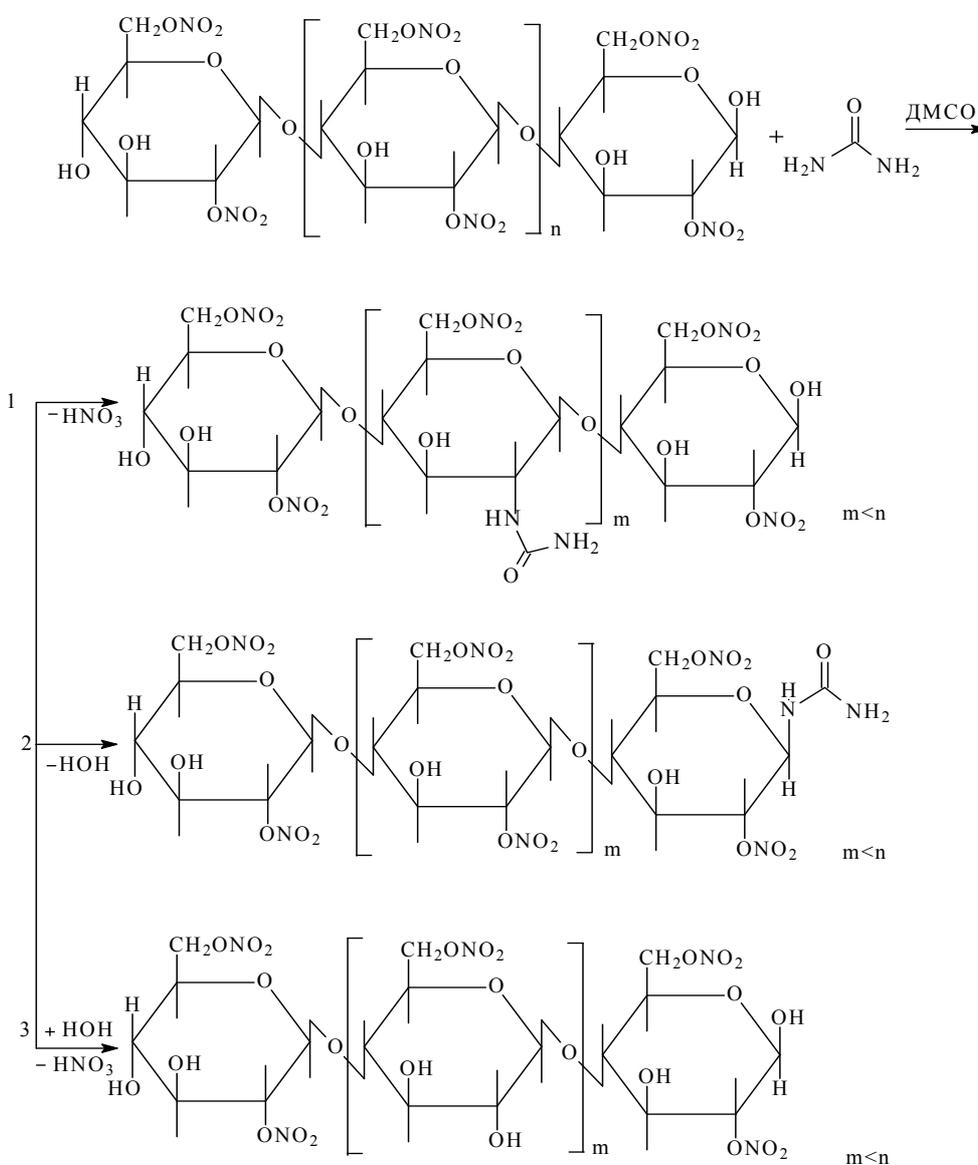


Рис. 1. Схема химического взаимодействия HЦ с карбамидом:

1 – нуклеофильное замещение нитратных групп на радикал – NHCONH_2 ; 2 – разрыв β -гликозидной связи с присоединением по концу полимерной цепи фрагмента карбамида; 3 – гидролиз нитратных групп и деполимеризация цепи макромолекул полимера

Спектры ЯМР ^1H полимера имеют сигналы (м. д.): 5,82...5,86 (^3H), 5,12...5,14 ($^{2,4}\text{H}$), 4,80...4,82 (^6H), 4,02...4,03 ($^{1,5}\text{H}$), соответствующие протонам глюкопиранозного кольца нитрата целлюлозы; 3,70...3,78 – протонам гидроксильных групп; 1,23...1,24 (H–CH–O); 6,04 – сигнал, соответствующий протонам (–NH) группы карбамида. Наличие в спектрах продуктов реакции сигналов, соответствующих протонам NH–группы, также свидетельствует о наличии в их структурах фрагментов карбамида.

Данные термической поляризационной микроскопии показали, что в интервале температур 198...200° С продукты начинают темнеть, а при достижении 200 °С происходит их обугливание, в то время как НЦ разлагается при 195 °С. Таким образом, уреидонитраты целлюлозы являются более термоустойчивыми соединениями.

На основании данных физико-химических методов анализа была предложена общая вероятная схема направлений химического превращения НЦ, представленная на рис. 1.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что полученные полимеры содержат меньшее число нитратных групп в элементарном звене, обладают меньшей молекулярной массой и имеют отличную от исходного НЦ структуру.

Модификация НЦ карбамидом расширяет возможности получения новых целлюлозных материалов с целью дальнейшего использования полученных продуктов как сырья для создания товаров народно-хозяйственного назначения. Введение азотсодержащих соединений в структуру полимеров придает им ионнообменные свойства. Подобные модификаты НЦ можно использовать в качестве пластификаторов полимеров, введение которых будет менять их физико-механические свойства.

Список литературы и источников

1. Пат. 2083590 Рос. Федерация, МПК С08 В 5/10. Способ переработки отходов бездымных порохов / Б. С Романов, А. Ф. Воронов, В. Ф. Харитонов, С. Н. Полле, Г. И. Юдина. – № 94012407/04 ; заявл. 07.04.1994 ; опубл. 10.07.1997.
2. Надо грамотно утилизировать боеприпасы [Электронный ресурс] // Военное обозрение. – URL : <http://img4.topwar.ru/8595-nado-gramotno-utiliurovat-boepripsy.html> (дата обращения: 14.03.2018).

Л. Н. Студеникина, канд. техн. наук, доц. кафедры «Промышленная экология, оборудование химических и нефтехимических производств» (ПЭОХиНХП),
В. И. Корчагин, д-р техн. наук, доц., заведующий кафедрой ПЭОХиНХП,
М. В. Шелкунова, аспирант кафедры ПЭОХиНХП,
Е. А. Зудина, студент кафедры ПЭОХиНХП,
Е. Ю. Шпомер, студент кафедры ПЭОХиНХП
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ИММОБИЛИЗАЦИЮ АКТИВНОГО ИЛА

Аннотация. Эффективность иммобилизации активного ила на композитных термопластах состава «полиэтилен:целлюлоза» повышается более чем в 2 раза по сравнению с чистым полиэтиленом за счет пористой структуры и шероховатой поверхности.

Ключевые слова: биозагрузка, композит, иммобилизация активного ила.

Наиболее распространенным методом очистки бытовых и некоторых производственных сточных вод является искусственное биологическое обезвреживание, однако большинство действующих очистных сооружений (ОС) не обеспечивают нормативного качества очистки, что подтверждается данными ежегодных докладов Управления Росприроднадзора РФ «О государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды», а также ежегодными Государственными докладами «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» Минприроды России.

При реконструкции действующих и строительстве новых ОС (особенно малых и локальных) применяют биозагрузки (БЗ), которые позволяют повысить концентрацию биомассы, снизить вынос активного ила (АИ) из зоны биохимического окисления, сократить образование АИ и т.д. [1, 2].

В отечественной практике в подавляющем большинстве случаев в качестве БЗ применяются пластиковые элементы сложной геометрической формы (ерши, звездочки, сетки и проч.), что обусловлено их дешевизной, долговечностью и т.д. Но, как показывает опыт, со временем происходит заиливание рабочих элементов таких БЗ с потерей их функциональности [3].

Зарубежные исследования в данной области в последнее время направлены на получение пористых элементов плавающей БЗ в виде дисков, обладающих развитой поверхностью для иммобилизации и возможностью «самоочищения» от излишней биомассы [3].

Известно, что наполнение полиэтилена (ПЭ) полисахаридами (ПС), особенно при модификации композита биогенными добавками, способствует закреплению и развитию на поверхности материала микроорганизмов [4].

Представляет научно-практический интерес изучение возможности фиксации на композитах состава ПЭ:ПС биоценоза активного ила (АИ) для применения в качестве БЗ.

Цель работы: оценка влияния структуры композита ПЭ:ПС на эффективность иммобилизации активного ила.

Объекты исследования: композиты на основе ПЭ, наполненного микроцеллюлозой (МЦ) и крахмалом (К) в количестве 30 об.% в виде дисков и гранул (рис. 1), в качестве

объекта сравнения применяли чистый ПЭ, традиционно используемый как материал БЗ. Для иммобилизации использовали активный ил с городских очистных сооружений, показатели которого соответствовали известным данным [5].



Рис. 1. Образцы композитной биоагрузки состава «ПЭ : ПС» в виде дисков (а) и гранул (б)

Образцы получали методом компаудирования при использовании промышленного оборудования: смесителя и двухшнекового экструдера.

Структуру материала оценивали цифровым микрофотографированием с помощью микроскопа Levenhuk D870T. Прочностные показатели материала оценивали по ГОСТ 11262–80, плотность – по ГОСТ 15139–69, шероховатость поверхности – по отношению максимальной и минимальной толщины образца, водопоглощение – по ГОСТ 4650–2014, эффективность иммобилизации АИ – весовым методом по приросту биомассы (по сухому остатку), иммобилизацию проводили в лабораторном аэрируемом биореакторе в течение 10 суток.

Следует отметить, что в настоящее время нет единой методики оценки иммобилизационной способности материалов-носителей биомассы для сооружений искусственной биологической очистки сточных вод. Косвенными показателями эффективности иммобилизации микрофлоры на носителе могут быть: структура материала (наличие пор, шероховатость поверхности и проч.), смачиваемость, степень водопоглощения и некоторые другие. Одним из наиболее информативных показателей эффективности иммобилизации активного ила на носителе является динамика прироста биомассы по сухому остатку, что позволяет одновременно оценить способность материала к прикреплению и внедрению микроорганизмов.

На рисунке 2 представлены микрофотографии композитов ПЭ:МЦ и ПЭ:К (70:30 об.% соотв.) в сравнении с чистым ПЭ, из которых видно, что композит состава ПЭ:МЦ имеет более развитую «рыхлую» структуру и шероховатую поверхность.

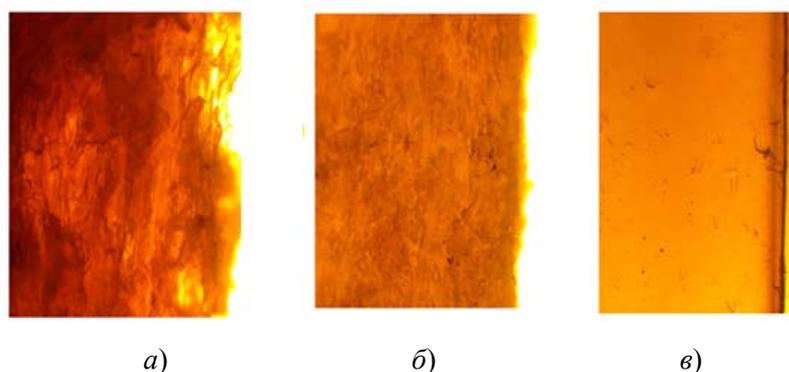


Рис. 2. Микрофотографии (увеличение x100) среза композитов ПЭ:МЦ (а), ПЭ:К (б) и чистого ПЭ (в)

В таблице 1 представлены основные эксплуатационные показатели исследуемых композитов в сравнении с чистым ПЭ, включая прирост биомассы по сухому остатку. Из таблицы 1 видно, что композиты состава ПЭ:МЦ обладают наиболее привлекательными с точки зрения эффективности фиксации биомассы морфологическими показателями – пористостью, шероховатостью, но при этом имеют наименьшие показатели прочности, которые, однако, позволяют использовать данный композит в процессах биологической очистки сточных вод, так как плавающая БЗ не испытывает значительной механической нагрузки, а определяющим показателем в данном случае является эффективность закрепления и удержания микрофлоры.

1. Основные эксплуатационные показатели композитной биоагрузки

Показатель	Значение		
	ПЭ	ПЭ:МЦ (70:30 об.%)	ПЭ:К (70:30 об.%)
Шероховатость поверхности	0,0	3,5	2,2
Плотность, кг/м ³	870	430	510
Пористость, %	0	Около 60	Около 40
Прочность при разрыве, МПа	13,5	1,6	2,4
Водопоглощение (max), %	1,85	40,3	24,6
Сухой остаток биомассы за 10 суток иммобилизации, %	2,6	8,4	5,7

Следует отметить, что при длительном нахождении в воде композиты не теряют физико-механических свойств.

Выводы: введение в состав полиэтилена полисахаридов способствует повышению иммобилизационной способности композитов, при этом эффективность иммобилизации активного ила на композитных термопластах состава «полиэтилен:целлюлоза» повышается в 3,2 раза по сравнению с чистым полиэтиленом (на композитах «полиэтилен:крахмал» – в 2,2 раза) за счет пористой структуры и шероховатой поверхности.

Список литературы

1. Жмур, Н. С. Анализ причин неэффективной работы малых сооружений биологической очистки / Н. С. Жмур // Водоснабжение и канализация. – 2010. – № 9-10. – С. 57 – 76.
2. Маркевич, Р. М. Особенности биоценоза активного ила, находящегося в свободном состоянии и иммобилизованного на полимерном носителе / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова, А. В. Роденко // Труды БГТУ. – 2013. – № 4. – С. 219 – 223.
3. Гаврилова, С. А. Биоагрузка MutagBioChip для очистных сооружений / С. А. Гаврилова // Экология производства. – 2018. – № 8.
4. Студеникина, Л. Н. Получение высоконаполненного крахмалом полиэтилена с использованием модифицирующих добавок : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.06 / Л. Н. Студеникина ; Воронеж. гос. ун-т инжен. Технологий. – Воронеж, 2012. – 159 с.
5. Жердев, В. Н. Видовой состав активного ила из аэротенков ЛОС / В. Н. Жердев, Л. Н. Студеникина, М. В. Шелкунова // Модели и технологии природообустройства (Региональный аспект). – 2016. – № 2. – С. 34 – 39.

О. Ю. Терехова, магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ЛАМП И ИНЫХ ПРИБОРОВ С РТУТНЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Аннотация. Современная экономика должна строиться на основе повторного использования отработанных материалов, отходов, низкокалорийной энергии и т.п. Такое направление в экономике строится на рециклинге. В данной работе предложено создание подсистемы экологического менеджмента регионального уровня, нацеленного на сбор и переработку отходов, содержащих такие опасные вещества как ртуть. Высказана идея построения технологического участка по переработке ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением с использованием соответствующего оборудования. В настоящее время лампы выбрасываются в общий контейнер, отравляя окружающую среду.

Ключевые слова: обращение с отходами, ртутьсодержащие лампы, технология, утилизация, экологический менеджмент.

Одной из серьезнейших проблем переработки отходов является проблема утилизации ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением, так как ртуть – это чрезвычайно опасное вещество I класса опасности. Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе ртути – $0,0003 \text{ мг/м}^3$. Ртуть остается в жидком состоянии в интервале температур от $357,25$ до $-38,87$ и легко испаряется при комнатной температуре. Ртутьсодержащие отходы представляют группу отходов, которым предъявляются особые требования в части их обращения. Это обуславливается высокой токсичностью ртути, ее воздействием на здоровье человека и окружающую среду [1].

Целью данной работы является создание и организация подсистемы экологического менеджмента регионального уровня, способного решать проблемы утилизации ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением, а также разработка технологии сбора, хранения и переработки ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением, с дальнейшим ее внедрением на предприятия Тамбовской области.

Основные направления утилизации ртутьсодержащих отходов:

- вакуумная дисцилляция отходов с криогенной конденсацией паров ртути с получением металлической ртути;
- термическая демеркуризация отходов;
- демеркуризация растворами хлорного железа, перманганата калия, препаратов на основе йода;
- метод противоточной продувки с получением концентрата ртути [2].

В России разработаны технологии, обеспечивающие остаточное содержание ртути, соответствующее санитарным требованиям. Эти технологии можно применять при создании передвижных комплексов для переработки ртутьсодержащих отходов. Несмотря на огромную площадь Тамбовской области, деятельностью по сбору, хранению, транспортированию, приему и дальнейшей передаче на утилизацию ртутьсодержащих ламп и иных приборов

с ртутным заполнением занимаются всего несколько специализированных организаций, таких как: ООО «ТЕХНОЭКОС» и ООО «Тамбовский экологический комбинат», расположенных в г. Тамбове [3].

Основными видами ртутьсодержащих отходов, принимаемых вышеуказанными предприятиями, являются: люминесцентные ртутные лампы; термометры медицинские; ртутьсодержащие приборы школьных, учебных и научно-исследовательских лабораторий; гальванические элементы. С целью предотвращения загрязнения окружающей среды ртутью производится предварительная обработка ртутьсодержащих отходов потребления, которая заключается в сливе из отходов металлической ртути, которая соответствует загрязненной ртути. Изделия, из которых слита ртуть, переходят в другой вид отходов, содержащих 1...20% металла [2].

Одним из широко используемых оборудований для переработки ртутьсодержащих отходов является установка УРЛ-2м (рис. 1). Данная установка разработана Венчурной фирмой «ФИД-Д» и предназначена для термической демеркуризации (удаления ртути) из люминесцентных ламп всех типов, а также ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ, энергосберегающих ламп. УРЛ-2м может использоваться также для демеркуризации содержащих ртуть отходов промышленного производства: вышедших из строя приборов с ртутным наполнением (термометров, игнитронов, ртутных контактов); отработанных мониторов (электронно-лучевые трубки); загрязненных ртутью почв (грунтов), строительных материалов, сорбентов.



Рис. 2. Установка УРЛ-2м

Принцип работы данной установки следующий. Она нагревает лампы до определенного уровня, благодаря чему ртуть начинает испаряться и выкачиваться вакуумной системой. Конденсат, собранный таким образом на поверхности низкотемпературной ловушки, стекает в специально предназначенную для этого емкость. Демеркуризованный бой высыпают, наклонив камеру оборудования. Выделенную металлическую ртуть можно повторно использовать в производстве. Оборудование используется как стационарно, так и на шасси транспортного средства.

Техническое обслуживание установки не требует особых затрат и навыков, что немаловажно, и заключается в периодической очистке от пыли и грязи и периодическом прогревании пустой демеркуризационной камеры с одновременным обогревом горячим воздухом откачного патрубка камеры и шиберного затвора для очистки камеры и ее вакуумпроводов от скопившейся ртути [4].

На данный момент технология переработки ртутьсодержащих ламп и иных приборов с ртутным заполнением в Тамбовской области ограничивается сбором и хранением, а на переработку и утилизацию ртутьсодержащие отходы транспортируются в другие регионы, что невыгодно и экономически нецелесообразно для предприятий области [5].

Список литературы и источников

1. Об отходах производства и потребления : федер. закон № 89-ФЗ от 24.06.1998 г. (с изм. и доп. от 25.12.2018 г. № 483-ФЗ).
2. Пугачевич, П. П. Работа с ртутью в лабораторных и производственных условиях / П. П. Пугачевич. – М. : Экология, 2017. – С. 118.
3. . Об утверждении региональной программы Тамбовской области по обращению с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами : постановление Администрации Тамбовской области № 558 от 13.06.2017 г.
4. URL : <http://fid-dubna.com/equipment/url-2m/>
5. Федоров, Л. А. Экономика и организация производства / Л. А. Федоров. – М. : МИСиС, 2018. – С. 99.

М. А. Чернова, аспирант кафедры «Природопользование и землеустройство»,
Институт математики, естествознания и информационных технологий,
С. В. Панков, д-р геогр. наук, доц., проф. кафедры «Природопользование
и землеустройство», Институт математики, естествознания и информационных технологий
(Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов, Россия)

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСУРСАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Аннотация. Рассмотрена проблема обеспеченности сельских населенных пунктов водными ресурсами поверхностного стока.

Ключевые слова: поверхностный сток, сельские населенные пункты.

Водные ресурсы России представлены, в основном, поверхностными водами. Подземные воды занимают меньшую долю водных ресурсов страны, однако это не умаляет их важность. Рассредоточение водных запасов по стране неравномерно. Так на малонаселенные регионы Дальнего Востока, Сибири и Северной Европейской части России приходится около 90% речного стока, в то время как остальной половине страны приходится довольствоваться лишь 10% (около 4 м³ на душу населения в год) [1]. Поэтому проблема обеспеченности ресурсами поверхностного стока, в том числе и для жителей сельских поселений, стоит крайне остро на сегодняшний день. Водный кодекс РФ утверждает следующее: «Водные ресурсы являются важнейшим компонентом природной среды, ограниченным, возобновляемым и уязвимым природным ресурсом, охраняются и используются на территории Российской Федерации как основа жизнедеятельности народов и обеспечивают экологическое, социальное и экономическое благополучие населения, а также существование растительного и животного мира» [2].

Основные принципы государственной политики в области использования и охраны водных объектов закреплены в Водной стратегии Российской Федерации до 2020 г. и включают три ключевых направления:

- гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики;
- охрана и восстановление водных объектов;
- обеспечение защищенности от негативного воздействия вод [3].

За последние десятилетия выработалась следующая стратегия использования ресурсов поверхностного стока: социально-экономическая отрасль – 2% водных ресурсов поверхностного стока в использование, промышленность – 60%, ЖКХ – 20% и столько же поверхностного стока забирает сельское хозяйство.

На сегодняшний день на реках Дон и Волга, на водоразделе которых расположена Тамбовская область, наблюдается сложная ситуация. Ресурсные возможности этих рек не удовлетворяют требованиям гидроэнергетики, водного транспорта и рыбного хозяйства. На территории Тамбовской области протекает 9 крупных рек – Ворона, Битюг, Воронеж, Матыра, Цна, Пара, Савала, Карай, Карачан) и 1424 притока различной длины, площади водосбора и т.д. [4]. Дефицит водных ресурсов (усиливающийся в маловодные годы) усугубляется неудовлетворительным качеством вод [5].

Большинство крупных комплексов промышленности и сельского хозяйства располагаются, как правило, за пределами городской черты, ближе к сельским поселениям, деревням, что дает источникам поверхностного стока дополнительную антропогенную нагрузку.

Питание рек Тамбовской области – снеговое. Весенний паводок также неблагоприятно влияет на химические показатели водных ресурсов поверхностного стока – увеличение объема стока повышает самоочищающую способность водотоков, снижает уровень минерализации воды, при этом с берегов смываются остатки удобрений, различные СПАВ, нефтепродукты [6].

Традиционное расположение сельских поселений по берегам малых рек играет немаловажную роль – жители используют воды малых рек для орошения и рекреации, а открытость таких водоемов влечет за собой интенсивное загрязнение водоемов бытовыми стоками. Усугубляет такую санитарную ситуацию разбитое состояние коммуникационных систем и отсутствие на малых реках любых очистных установок [6]. Лишь установив очистные установки локально можно отследить расход воды на питьевые, промышленные, технические цели, на поливы, на тушение пожаров и т.д. Такое решение продиктовано экономическими соображениями с целью грамотного рационального распределения воды населению.

Еще одним инструментом решения проблемы обеспеченности поверхностным стоком в сельских населенных пунктах служит создание водопровода с технической водой. Так как сама водоподготовка – это достаточно дорогой процесс, то рассматривать питьевую воду как расходный ресурс на полив было бы кощунством (потери воды при орошении превышают 40% от объема подаваемой воды). На такое мероприятие подойдет техническая вода. Это и есть экономия материалов и энергоресурсов. Сюда же можно отнести и водопроводные сети систем сельскохозяйственного водоснабжения. Несколько десятилетий назад использовались трубы из стали, но без антикоррозионного покрытия, что на сегодняшний день приводит к образованию коррозии на трубах как с внешней, так и с внутренней стороны. Коррозия нарушает герметичность труб, соответственно, из-за этого процесса появлялись утечки, что увеличивало расход электроэнергии на подачу воды.

Реконструкция и замена насосно-силового оборудования тоже служит экономическим инструментом в обеспечении сельских жителей водными ресурсами.

Также полезно с экономической точки зрения устроить общую систему орошения, захватывающую сразу несколько хозяйств.

Задачи, направленные на минимизирование негативных экологических и санитарно-гигиенических последствий потребления, несоответствующей нормам, воды населением, в первую очередь, сельским, следующие:

- 1) рациональное водопотребление (или усовершенствование и модернизация технологического процесса), включающее в себя очистку и последующее использование воды;
- 2) уменьшение доз препаратов, приводящих к образованию мутагенов и канцерогенов и оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, проблема обеспеченности поверхностным стоком сельских населенных пунктов существует и напрямую связана с повышением качества жизни людей. Так наличие достаточного количества питьевой воды заведомо сокращает различные эпидемии; бесперебойная подача воды в населенный пункт позволяет добиться благоприятной картины.

Список литературы

1. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 28.09.2018). – М. : Кремль, 2008.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.07.2012) [Принят Государственной Думой 12 апреля 2006 года]. – М. : Кремль, 2006.
3. Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р (ред. от 17.04.2012). – М. : Кремль, 2009.
4. Чернова, М. А. Оценка изменения летнего стока рек донского бассейна на территории Тамбовской области за последние полвека / М. А. Чернова, М. Е. Буковский ; под общ. ред. проф. Т. А. Трифионовой // Экология речных бассейнов : тр. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир : Аркаим, 2018. – С. 33 – 39.
5. Василенко, В. А. Водные ресурсы – ключевой фактор регионального развития // Стратегическое управление региональным и муниципальным развитием / В. А. Василенко ; под ред. А. С. Новоселова, В. Е. Селиверстова ; Рос. акад. наук., Сиб. отд-е, ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2018. – Гл. 11. – С. 463 – 479.
6. Гигиенические аспекты использования малых водотоков Нижнего Поволжья для сельского водоснабжения / С. А. Мосияш, А. А. Орлов, М. В. Накарякова и др. // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 11. – С. 27 – 29.

И. В. Шашков, канд. техн. наук, доц. кафедры «Материалы и технология»,
П. С. Беляев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Материалы и технология»,
Т. В. Коржавина, И. И. Морева
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЛЕНОЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В настоящее время быстрыми темпами растет количество отходов пленочных термопластичных полимерных упаковочных материалов, что приводит к загрязнению окружающей среды. Вторичная переработка представляет собой самый передовой способ утилизации отходов пленочных упаковочных материалов, решающий сразу несколько проблем: экологическую и экономическую.

Ключевые слова: вторичная переработка, полимер, отходы, упаковка.

В современном мире существует свыше 400 различных видов отходов полимерных материалов. Поэтому использование пленочной полимерной упаковки сопряжено с образованием отходов в размере 40...50 кг/год в расчете на одного человека. В России предположительно к 2020 году полимерные отходы составят больше 1,3 миллиона тонн. Однако процент вторичного использования получаемых отходов до сих пор ничтожно мал [1, 2].

Захоронение, затопление и сжигание полимерных отходов ведет к загрязнению окружающей среды, к сокращению земельных угодий (организация свалок) и т.д. Между тем и захоронение, и сжигание продолжают оставаться довольно широко распространенными способами уничтожения отходов пластмасс.

Основной путь использования отходов пластмасс – это их утилизация, т.е. повторное использование. Положительной стороной утилизации является то, что получается дополнительное количество полезных продуктов для различных отраслей народного хозяйства и не происходит повторного загрязнения окружающей среды. По этим причинам утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы использования отходов полимерной упаковки.

Для России наиболее приемлемым является вторичная переработка отходов полимерных материалов механическим рециклингом, так как этот способ переработки не требует дорогого специального оборудования и может быть реализован в любом месте накопления отходов [3].

Выбор способа предварительной обработки зависит в основном от источника образования отходов и степени их загрязненности. Наиболее остро в настоящее время стоит вопрос вторичной переработки отходов пленочных термопластичных полимерных упаковочных материалов. Однако эффективная технология вторичной переработки пленочных отходов упаковки пищевых продуктов и упаковки промышленных приборов и аппаратов до сих пор не разработана.

Наиболее распространенная в настоящее время технология переработки пленочных отходов, включающая в себя сортировку отходов, их измельчение, мойку, сушку, гранулиро-

вание в червячно-дисковых экструдерах, резку и охлаждение получаемых гранул требует значительных затрат электроэнергии, трудовых затрат, что приводит к высокой себестоимости получаемой продукции [4].

Предполагается, что предлагаемая технология для вторичной переработки отходов термопластичных пленочных упаковочных материалов приведет к значительному снижению энерго- и трудовых затрат, а следовательно к уменьшению себестоимости вторичного материала.

Установка для вторичной переработки пленочных термопластичных полимерных упаковочных материалов (рис. 1) представляет собой валковый пластикатор-гранулятор, выполненный на базе лабораторных валцов ЛБ190 80/80.

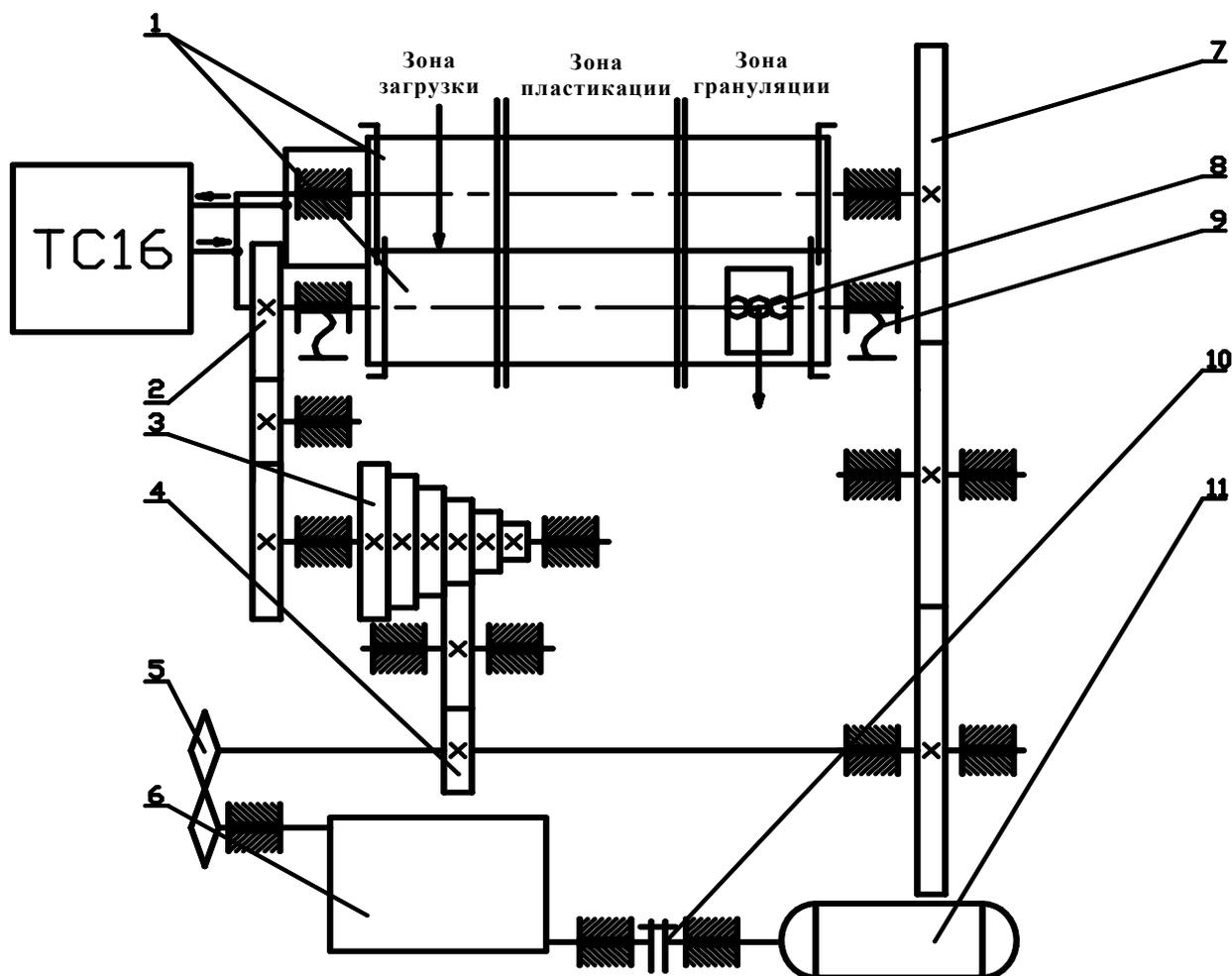


Рис. 1. Кинематическая схема экспериментальной установки:

- 1 – валки; 2, 7 – фрикционные шестерни; 3 – вариатор; 4 – передаточные шестерни;
 5 – цепная передача; 6 – редуктор; 8 – отборочно-гранулирующее устройство;
 9 – механизм регулировки зазора; 10 – муфта; 11 – электродвигатель

По сравнению с дисково-червячными экструдерами валковые машины обладают следующими достоинствами: возможность переработки пленочных отходов без их промывки от остатков пищевых продуктов, сушки, дробления; высокая производительность на единицу капиталовложений и качество конечного продукта; простота осуществления параметров

процесса; свободный доступ к рабочим органам машины; незначительные затраты времени на изменение толщины получаемых изделий без замены калибрующего устройства.

Установка состоит из двух горизонтально расположенных валков 1, вращающихся навстречу друг другу с разными окружными скоростями и приводного механизма, установленного на раме сварной конструкции. Передняя пара 9 подшипниковых опор выполнена подвижной, что позволяет производить поджим валков для установки зазора между ними. Крутящий момент с вала электродвигателя 11 передается через муфту 10, редуктор 6 на промежуточный вал, от которого на задний валок 1 через передаточные прямозубые шестерни 4 и фрикционные шестерни 7 и на передний валок через фрикционные шестерни 7.

Технологический процесс вторичной переработки отходов термопластичных пленочных упаковочных материалов по разработанной технологии осуществляется следующим образом: отходы упаковки непрерывно загружаются в зоне загрузки с левой стороны экспериментальной установки. В этой зоне происходит плавление отходов, удаление летучих компонентов. Далее расплав полимера через отверстия в ограничительных стрелах дросселируется в зону пластикации, где происходит окончательная дегазация, окрашивание расплава и пластикация. В правой части оборудования установлено отборочно-гранулирующее устройство 8, обеспечивающее образование прутков (стренгов) заданного поперечного сечения. Полученные стренги предварительно охлаждаются сжатым воздухом, режутся ножом, после чего полученные гранулы собираются в емкости. Отборочно-гранулирующее устройство представляет собой приставку со сменными фильерами различного диаметра. В зависимости от производительности возможно изготовление гранулирующего инструмента в виде многоручьевой приставки. В процессе усовершенствования оборудования возможно изменение конфигурации отборочного устройства и установки в целом [5].

В процессе вторичной переработки отходов полимерной упаковки на вальцах в расплав добавляются модифицирующие добавки. Целью модификации гранулята является экранирование функциональных групп и активных центров химическими или физико-химическими способами и создание однородного по структуре материала с воспроизводимыми свойствами [6].

Проведенные экспериментальные исследования по вторичной переработке отходов термопластичных пленочных пищевых упаковочных полимерных материалов на валковом оборудовании непрерывного действия показали работоспособность данной технологии и оборудования и возможность получения гранул заданных размеров.

Отработаны оптимальные режимы переработки (частота вращения, величина межвалкового зазора, температура переработки, величина запаса полимера на валках) отходов термопластичных пленочных пищевых упаковочных полимерных материалов на валковом оборудовании непрерывного действия.

Разработана математическая модель непрерывного процесса пластикации и гранулирования термопластов, позволяющая оценить влияние величины продольной и поперечной сдвиговой деформации на степень деструкции полимера и физико-механические показатели гранулята [7]. Это позволило определить границы использования вторичного сырья для изготовления упаковки и деталей неответственного назначения.

Список литературы

1. Беляев, П. С. Утилизация отходов производства цементно-стружечных плит с получением композиционных строительных материалов / П. С. Беляев, П. В. Макеев, Е. В. Устьян // Матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – С. 119 – 123.
2. Беляев, П. С. Исследование процесса получения композиционного материала на основе отходов ЦСП и вторичного полипропилена / П. С. Беляев, П. В. Макеев, Е. В. Устьян // В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 100 – 104.
3. Беляев, В. П. Утилизация резиновой крошки из изношенных шин в контексте решения проблемы повышения качества дорожных покрытий / В. П. Беляев, А.С. Клинков, П. С. Беляев, Д. Л. Полушкин // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 10(19). – С. 169 – 171.
4. Синева, Н. В. Разработка технологии и оборудования по вторичной переработке отходов полимеров / Н. В. Синева, П. В. Макеев, П. С. Беляев // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : матер. IX Междунар. науч.-инновационной молодежной конференции. – 2017. – С. 161 – 163.
5. Пат. на изобретение RUS 2417881 11.01. Валково-шнековый агрегат / А. С. Клинков, П. В. Макеев, Д. Л. Полушкин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – 2009.
6. Удалова, Н. Ю. Разработка технологии и оборудования по модификации полимерных отходов / Н. Ю. Удалова, П. В. Макеев, П. С. Беляев // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент : матер. IX Междунар. науч.-инновационной молодежной конференции. – 2017. – С. 150 – 152.
7. Методика расчета величины сдвиговой деформации при получении профильных изделий заданного качества / П. В. Макеев, А. С. Клинков, Д. Л. Полушкин, П. С. Беляев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – № 1. – С. 166 – 172.

А. Б. Ярошевский, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Инженерная экология»,
Д. И. Сабирова, ассистент кафедры «Инженерная экология»,
Л. М. Курамшина, магистр кафедры «Инженерная экология»
(Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ТРИЭТИЛАЛЮМИНИЯ

Аннотация. Исследован один из способов повышения эффективности обезвоживания осадков сточных вод производства α -олефинов – механическое обезвоживание с применением флокулянтов. Проведенные опыты и эксперименты показали, что наибольшей эффективностью действия обладают анионные флокулянты Superfloc A-130.

Ключевые слова: обезвоживание, флокулянты, сточная вода, осадок, ХПК.

Триэтилалюминий широко известен по использованию в качестве сокатализатора в процессах полимеризации олефинов, катализатора роста цепи в производстве α -олефинов и по применению в ряде других технологий. После завершения процесса полимеризации триэтилалюминий, как правило, отмывается, после чего водный слой отделяется от органического. В случае, если образовавшийся осадок гидроксида алюминия не находит применения, его отправляют на захоронение на полигон промышленных отходов. Обработка осадков сточных вод должна проводиться в целях максимального уменьшения их объемов и подготовки к последующему размещению, использованию или утилизации при обеспечении поддержания санитарного состояния окружающей среды или восстановления ее благоприятного состояния [1]. При размещении на полигоне, влажность отхода не должна превышать 85% [2]. На практике суспензия гидроксида алюминия характеризуется значительно большей влажностью, в связи с чем его необходимо предварительно обезвоживать. Однако выгрузка осадка для его подачи на фильтр или центрифугу связана с некоторыми трудностями. Образовавшийся гидроксид алюминия плотно оседает на дне отстойника и его необходимо взмучивать, например, путем интенсивного барботажа азотом. В результате происходит турбулизация жидкости в аппарате, приводящая к загрязнению осадка органикой, в небольших количествах попадающей в отстойник после отмывки катализатора. Все это препятствует захоронению шлама на полигоне промышленных отходов.

Для преодоления этих препятствий в настоящей работе была поставлена цель поиска решений для обезвоживания шлама с одновременным освобождением его от органики. Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- исследование процесса отстаивания смеси продуктов нейтрализации (гидроксид алюминия, вода и олефины);
- подбор эффективных флокулянтов и установление технологических параметров процесса, обеспечивающих эффективное расслоение жидкой фазы и обеспечивающих беспрепятственную выгрузку осадка.

Уже на начальном этапе исследований было установлено, что осадок относится к трудно-фильтруемым суспензиям и плохо поддается обезвоживанию, что совпадает с прогнозами, сделанными на основе литературных данных [3].

Предпосылкой к использованию флокулянтов служило предположение, что их применение будет способствовать более быстрому и полному осаждению взвеси гидроксида алюминия и уплотнению осадка, а также его структурированию, что облегчит дальнейший процесс обезвоживания шлама. Флокуляцию проводят для более интенсивного процесса образования хлопьев. Флокулы вступают в контакт друг с другом в процессе медленного перемешивания. Столкновение этих частиц приводит к сорбции, в результате чего образуются большие, видимые хлопья. После того как флокула достигла своего оптимального размера и прочности, вода готова к процессу разделения (фильтрации или центрифугированию) [4].

Все исследования проводились с реальными образцами шламов, отобранными на производстве.

Учитывая то, что значение рН суспензии было больше, 9–10 опыты по выбору оптимальной марки и концентрации флокулянта основывались на использовании образцов, эффективных в сильнощелочных средах, и базировались на определении следующих характеристик: ХПК водного слоя и степени осветления.

В ходе работы были проведены испытания следующих образцов флокулянтов, которые согласно паспортным данным, эффективны при использовании в сильнощелочных средах:

- анионные Flopam AN934, Superfloc A130;
- катионные Superfloc C498, Flopam 4440.

Информация об использованных в работе флокулянтах приведена в табл. 1.

1. Свойства исследуемых флокулянтов

Марка флокулянта	Характеристика
Superfloc A-130	<ul style="list-style-type: none"> • Сухое вещество 87% min; • Заряд анионный • Стандартная вязкость 4,4...5,8 сПз или мПа/с; • Остаточный акриламид 500 млн-1 max; • Содержание нерастворимых веществ 2% max; • Размер частиц <0,15 мм 4% max; • Размер частиц >2,1 мм 1% max
FlopamAN-934	<ul style="list-style-type: none"> • Частицы размером более 2 мм, 2%; • Заряд анионный; • частиц размером менее 0,15 мм, 10%; • Стандартная вязкость 2,5...5 сПз или мПа/с; • Рекомендуемая рабочая концентрация 3 г/л; • Максимальная рабочая концентрация 5 г/л
Superfloc C-498	<ul style="list-style-type: none"> • Сухое вещество 90% min; • Заряд катионный; • Стандартная вязкость 3,0...3,8 сП или мПа/с; • Остаточный акриламид 999 ‰ max; • Содержание нерастворимых веществ 0,5% max; • Размер частиц <0,15 мм 4% max; • Размер частиц >2,1 мм 1% max

Марка флокулянта	Характеристика
Floram 440	<ul style="list-style-type: none"> • Заряд катионный; • Средний нелетучий твердый остаток 42%; • Стандартная вязкость 1200 мПа/с; • Максимальная рабочая концентрация 10 г/л; • Объемная плотность 1,04 • Высокий молекулярный вес

Для определения эффективных параметров процесса разделения суспензии исходной смеси на олефины, воду и гидроксид алюминия исследовался процесс отстаивания в присутствии флокулянтов и без них.

Для определения скорости осаждения частиц сточная вода объемом 500 мл помещалась в мерные цилиндры, куда добавлялась аликвота раствора флокулянта. Полученная суспензия тщательно перемешивалась. Далее наблюдалось постепенное осаждение твердой фазы, и в течение 5 часов с интервалом в 15 минут производились измерения высоты столба осветленной жидкости в цилиндре.

Применение катионных флокулянтов марок SuperflocC498, Floram 440, а также анионных FloramAN923 и FloramAN934 в различных дозах не показало увеличения скорости осаждения относительно холостого опыта. Лучшие результаты показал флокулянт SuperflocA-130.

Результаты, полученные при использовании флокулянта SuperflocA-130 (0,05%) в разной дозировке в сравнении с холостым опытом, отражаются в графике зависимости степени осаждения частиц от времени (рис. 1).

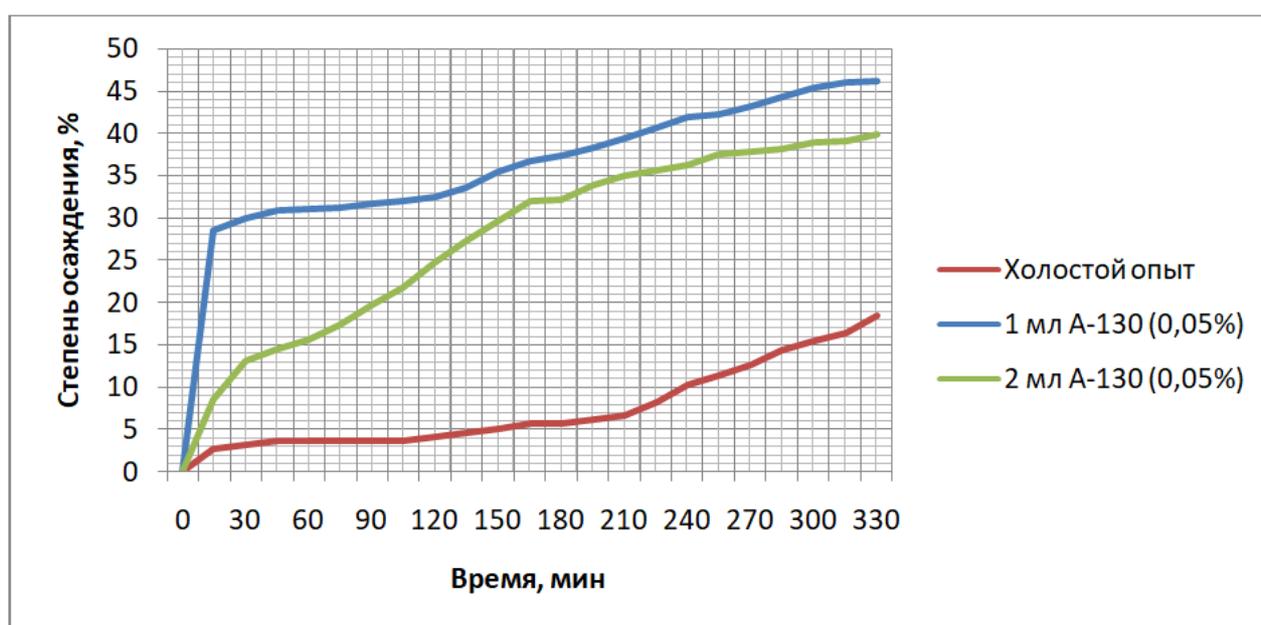


Рис. 1. Зависимость степени осаждения от времени при различных дозах флокулянта

Данные, представленные в табл. 2 и на рис. 1 показали, что добавление 1 мл 0,05 %-ного водного раствора флокулянта в первые 30 минут эксперимента существенно увеличивает скорость осаждения относительно холостого опыта и других растворов. В интервале с 0-й до 30-й минуты значения степеней осаждения частиц в данном образце превышает значения для холостого опыта приблизительно на 20,5%. Степень осветления при добавлении 1 мл SuperflocA-130 на 1000 мл водной суспензии через 330 минут составляет 46,11%.

Дальнейшие исследования проводились с использованием флокулянта Superfloc A-130 в концентрации 0,05%.

Так как одной из задач исследования являлось определение условий, обеспечивающих расслоение жидкой фазы, в том числе и расслоение водной и органической фаз, то на втором этапе работы проверялось насколько эффективен для этих целей флокулянт SuperflocA-130. Для контроля содержания органики в водной фазе определялось значение ХПК в верхней части слоя жидкости и в надосадочном слое после начала эксперимента и через 6 часов (соответственно, ХПК₁, ХПК₂ и ХПК₃, ХПК₄).

Определение ХПК осуществлялось ускоренным методом [5]. Проба отбиралась пипеткой с четырех точек осветленного столба жидкости: с верхней (2...3 мм ниже уровня воды), с нижней (2...3 мм выше слоя осадка) и между ними в двух точках примерно одинакового расстояния.

Сравнительные результаты определения значений ХПК при введении флокулянта SuperflocA-130 (0,05%) дозировкой 1 мл и без него занесены в табл. 2. На основании полученных данных построены графики, отражающие зависимость степени осаждения частиц от времени (рис. 2).

2. Значения ХПК флокулянта SuperflocA-130 (0,05%) разной дозировки

Точки отбора проб	Значения ХПК, г-экв/л		
	Холостой опыт	Дозировка флокулянта	
		1 мл А-130	2 мл А-130
ХПК ₁	6542,4	2978,4	4515,6
ХПК ₂	3392	2856,1	2448,4
ХПК ₃	2459,2	1040	1363,2
ХПК ₄	2332	897,6	1120

Как видно из приведенных результатов, применение флокулянта SuperflocA-130 в концентрации 0,05% с дозировкой 1 мл на 1000 мл суспензии позволяет достичь качественного разделения суспензии на твердую, водную и органическую фазы.

Использование флокулянта позволяет после декантации верхнего водно-органического слоя осуществить барботаж для взмучивания осадка. Суспензия, освобожденная от органики, хорошо фильтруется и центрифугируется, что позволяет получить осадок с влажностью менее 85%, отвечающей требованиям для приема на полигоны промышленных отходов.

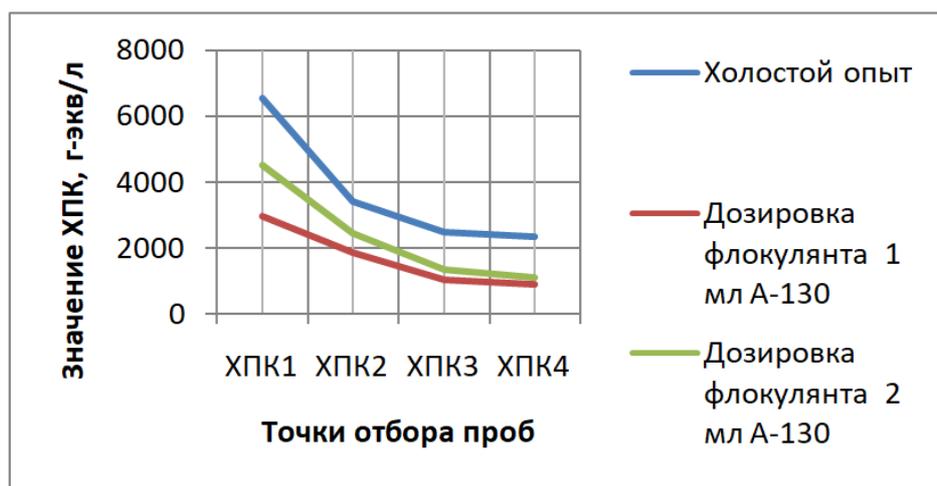


Рис. 2. Зависимость изменения ХПК в различных точках при разных дозах флокулянта

Таким образом, флокулянт Superfloc А-130 с концентрацией 0,05% и дозой 1 мл является наиболее эффективно действующим для обезвоживания осадков производства α -олефинов завода «Нижекамскнетехим». Флокулянт Superfloc А-130 обеспечивают образование из очень легких (неосаждаемых) хлопьев разного размера более плотных (более тяжелых, легко осаждаемых частиц) приблизительно одинакового размера. Таким образом, флокулянт способствует более быстрому и полному осаждению взвесей.

Список литературы

1. Кичигин, В. И. Обработка и утилизация осадков природных и сточных вод / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин. – Самара : СГАСУ, 2008. – 204 с.
2. СНиП 2.01.28–85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию.
3. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 704 с.
4. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. – М. : Химия, 1964. – 574 с.
5. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1984. – 448 с.

Jubari M. Qader, Ph. D. Student of the Department of “Technological Processes, Devices and Technosphere Safety”,
N. V. Alekseeva, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor Departments
“Technological Processes, Devices and Technosphere Safety” (Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

DRINKING WATER IN IRAQ

Annotation. There are two main resources of water in Iraq one of them is surface water and the other one is groundwater. Tigris and Euphrates rivers are the main sources of surface water, while groundwater is low due to the lack of rainfall and large areas of Iraq are desert. Drinking water in Iraq contains many chemical and biological materials which led to transmission of many diseases through water. Therefore, the water quality index by some physical and chemical parameters has been studied such as pH, Calcium (Ca^{+2}), turbidity, Electrical Conductivity, Magnesium (Mg^{+2}), Total Hardness, Total Dissolved Solids and Chloride (Cl).

Keywords: Tigris, Euphrates, water shortage, drinking water, Iraq.

The environment is defined as the total external conditions affecting the organism's life, growth and survival. It is known that the natural environment depends on three main elements air, water and land [1]. According to UNICEF, less than half of Iraq's population can claim reliable access to potable water [2]. Iraq suffers from severe deterioration in the environment and its elements, which has led to the establishment of the Ministry of Environment in Iraq in 2003.

Fresh water is a precious resource essential for sustaining life, health, and ensuring the preservation of the ecosystems [3]. Iraq has two sources of natural water, namely Tigris and Euphrates rivers; nevertheless, water shortage is a real problem in some parts of the country as well as desert is a large part of Iraq [2]. Additionally, the water flow from the Turkish sources of Tigris and Euphrates rivers have registered a marked decrease over the past 10 years; reaching 7 billion and 660million cubic meters compared with 20 billion and 930 million cubic meters per second, which Iraq has enjoyed annually until the early of 1990s [4]. Tigris and Euphrates rivers are covering an area of 126,900km² and 177,600km² respectively of surface water in Iraq [5]. As well as, Iraq has a number of water basins such as Habbaniyah, Therthar, and Razzazeh lake which may hold sufficient quantities of water to partially offset the water shortages [4].

The actual need of water is expected to increase proportionately with the population growth. As well as, the population of Iraq has increased from 31.6 million in 2009 to 34.2 million in 2012. Accordingly, the population is expected to reach 48.9 million in 2025 [10]. Moreover, water needs in different sectors of Iraq (2015) can be illustrated in Fig. 1 [5].

There are three main reasons interrelated and leading to increased demand for water: an increase in the population, development needs and excessive over consumption of water [4]. Drinking water is free of metals, organisms and organic substances that may produce adverse physiological effects[6]. Around 100 infants die every day in Baghdad, many from waterborne diseases and around around 36,000 infants are dying before they even celebrate their first birthday [7]. The most important problems suffered by the drinking water sector in Iraq are project inefficiency, scarcity of water sources, pollution of water sources, the water distribution network is old and project production does not meet the needs of the population and poor maintenance or no maintenance at all.

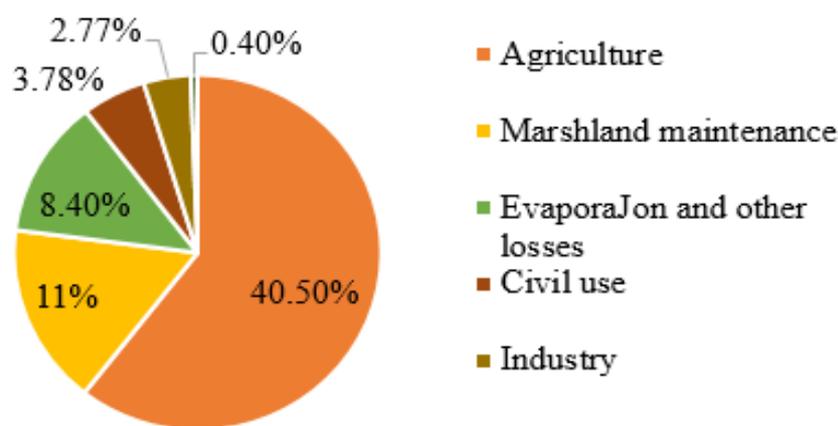


Fig. 1. Water demand in different sectors Iraq 2015

Water resources in Iraq largely depends on the surface waters of Euphrates and Tigris rivers. The Tigris and Euphrates rivers are considered to be international rivers, as they pass more than one country. The waters of these rivers come from Turkey (71%), Iran (6.9%) and Syria (4%) while the remainder is from Iraq [8]. The length of the Euphrates river is 2,880 kilometers, 1200 kilometers in Iraq, which makes up 52% of its total length. While, the length of Tigris river is 1718 km, 1415 km in Iraq which makes up 82% of its total length [9]. Moreover, groundwater resources in Iraq reach 1.2 Billion cubic meters and form only 2% of the consumed water [8]. Therefore, the percentage of surface water in Iraq is much higher than the groundwater [5].

Iraq was a rich country with water resources due to Tigris and Euphrates rivers until the 1970s. After that Turkey, Syria and Iran started to implement hydrological projects on the two rivers and their tributaries which affected the flow in these rivers [10]. Furthermore, the protocol for the regulation of the use of the Tigris and Euphrates rivers back in 1946 when Turkey and Iraq have agreed that the control and management of the two rivers depends to a great extent on the regulation of flow of their sources in Turkish territory [11]. As a result of Iraq's lack of clear policy with neighboring countries, especially the development of balanced agreements that can promote the preservation of Iraq's water resources, which has led to a decline in the per capita income of Tigris and Euphrates rivers and their tributaries. Where decline in the per capita share of 2,110 m³ in 1993 to 1,900.8 m³ in 2006-2007 as a result of building a lot of water facilities on Euphrates river by Turkey [12].

Water resources suffer from many physical, chemical or biological changes. These changes lead to water pollution. A number of government institutions in Iraq conduct measurements to test the levels of soluble salts and some mineral elements. These measurements are part of water quality indicators and their level of suitability for human, agricultural or industrial uses.

There are many methods used to determine the water quality index (Weighted Arithmetic Index (WAI), Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI), Bhargava method, etc.) [13]. Moreover, in order to compute the Water Quality Index, the levels of some physical and chemical water quality parameters were measured and then analyzed for the parameters (pH, Calcium (Ca⁺²) mg/l, turbidity (Nephelometric Turbidity Unit), Electrical Conductivity (EC) μ s/cm, Magnesium (Mg⁺²) mg/l, Total Hardness (TH) mg/l (as CaCO₃), Total Dissolved Solids (TDS) mg/l and Chloride (Cl⁻) mg/l), accordance to standard methods for the examination of water and wastewater [9, 14].

Table 1. Shows the mean values of the analyzed physiochemical parameters of tap water and bottled water with Iraqi standards water in Baghdad city

Water source	Tapwater	Bottled water brands	Iraqi Standards Water
pH	7.5	8.4	6.5...8.5
Electrical conductivity (EC), $\mu\text{S}/\text{cm}$	864	716	2000
Total Dissolved Solids (TDS), Mg/L	625	472	1000
Turbidity, NTU	0.56	0.22	5
Chloride, mg/L	74	12.2	250
Totalhardness, mg/L	94	85.7	500
Nitrate, mg/L	2.4	2.4	50
Sulfate, mg/L	338	204	250
Calcium, mg/L	56	25	150
Magnesium, mg/L	34	2.5	150

From previous studies for comparison of the mean values of the physiochemical parameters of tap water and bottled water brands with Iraqi standards water in Baghdad city as showed in Table 1 [15, 16]. Bottled water consumption is steadily growing almost all over the world. This can be attributed to concern, dissatisfaction, and uncertainty in the quality of tap water [17]. However, bottled water, which is more expensive, does not necessarily have better quality than tap water [18] In some cases, tap water has better quality due to the implementation of more strict and frequent tests. According to a 2012 UNICEF report, 91 percent of the Iraqi population has access to potable water. For example, in rural areas, only 77 percent of the population has access to improved drinking water sources compared to 98 percent in urban areas. Furthermore, poor drinking water and sanitation has increased the risk of waterborne diseases especially among vulnerable groups such as children and women [5]. Where the total number of bacteriological models examined for most of Iraq's governorates during 2005 reached (17975) samples. The highest percentage of contaminated samples was in Najaf governorate (3.19%) as it is shown in Table 2 [1].

Additionally, according to the analyzed water and food in 2012, the number of cases with transitional diseases transmitted through contaminated water and food and the number of diarrhoea deaths (2011) as shown in Figure 2 [5].

Overall, the quality of potable water varies depending on many factors, such as the water source, treatment process, water storage method, and distribution network. Tigris and Euphrates rivers are the lifeblood of the Iraq. This study assessed the physical and chemical properties of drinking water in Iraq. The certain important parameters for Analyzing drinking water is pH, TUR, EC, Ca^{+2} , Mg^{+2} , TH, Cl^{-1} , SO_4^{-2} , TDS, NO_3 and PO_4 . Additionally, the study showed that some of the parameters determined did not exceed the permissible limit of the Iraqi standards for drinking water like pH, electrical conductivity, magnesium ion, calcium ion, nitrates, turbidity, total hardness, chloride ion and total dissolved solid, whereas sulphate ion were above the permissible limits of Iraqi standards. Moreover, in this study suggested that physicochemical properties of water that is not suitable for drinking purpose because of the high content of total dissolved solid and bacterial, especially in the south of Iraq.

Table 2. Number of bacteriological models tested, contaminated models and the percentage of the number of models contaminated by Governorate for 2005

Governorate	Number of bacteriological models examined	Number of contaminated models	%
Babylon	697	52	7.5
Wasit	1052	17	1.6
Maysan	1792	24	1.3
Diyala	1335	8	0.6
Mosul	2415	6	0.2
Basra	3285	24	0.7
Qadisiyah	874	Zero	Zero
Kirkuk	2127	28	1.3
Muthanna	382	10	2.6
DhiQar	1608	159	9.9
Baghdad	326	25	7.7
Najaf	353	68	19.3
Karbala	1729	1	0.1
Total	17 975	422	2.3

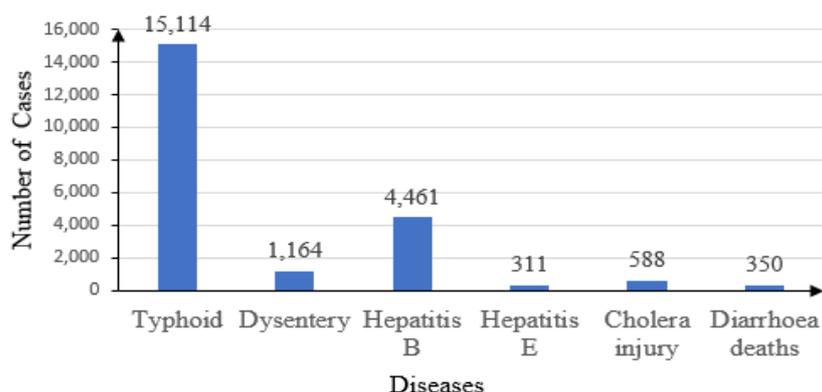


Fig. 2. Number of cases with transitional diseases transmitted through contaminated water and food (2012) and number of diarrhoea deaths (2011)

References

1. Zair, N. H., Mohammed H. H. Water statistics in Iraq. Conference of the ASCO in Cairo, May 2007.
2. Stars Orbit Consultants and Management Development. Water Quality Control and Surveillance in Iraq (Phase Two) (E3-11), World Health Organization, 2010. – P. 1 – 36.
3. Sasikaran, S., Sritharan K., Balakumar S., Arasaratnam V. Physical, chemical and microbial analysis of bottled drinking water. Ceylon Med J., 2012. – V. 57. – P. 111 – 116.
4. Alkhafaji, H. Iraq's Water Crisis Challenges and Solutions. Al-Bayan Center for Planning and Studies, 2018, Available at: <http://www.bayancenter.org/en/wp-content/uploads/2018/01/980987665.pdf>. (Accessed 25 April 2019).
5. UN Iraq. Water in Iraq Factsheet. 2013, Available at: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Water-Factsheet.pdf>. (Accessed 10 May 2019).

6. AWWA (American Water Works Association). Water quality and treatment: A Handbook of Community Water Supplies, 4th ed., McGraw Hill Inc, (1990).
7. Aenab, A. M., Singh S. K. Evaluation of Drinking Water Pollution and Health Effects in Baghdad, Iraq. Journal of Environmental Protection, 2012. – V. 3. – P. 533 – 537.
8. World Bank Iraq: Country Water Resources, Assistance Strategy: Addressing Major Threats to People’s Livelihoods. Report No. 36297-IQ, 2006. – 97 p.
9. Eaton, A. D., Clesceri L. S., Rice E. W., Greenberg A. E., Franson M. A. H. APHA, AWWA and WEF, “Standard Methods for the Examination of Water and wastewater” 21st Edition, American Water Work Association and Water Environment Federation, USA, (2005).
10. Kamel, A. H., Sulaiman S. O., Mustaffa S. Study of the Effects of Water Level Depression in Euphrates River on the Water Quality. Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013. – V. 7. – P. 238 – 247.
11. Iraq. Geography, climate and population. Water Report 34, 2009, Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/IRQ/index.stm. (Accessed 5 May 2019).
12. Al-Battat M. F. Water Pollution in Iraq and its Environmental Impacts. Qadisiyah J. of Administ. and Economic Sciences, 2009. – V. 11. – P. 122 – 148.
13. Oko, O., Aremu M., Odoh R., Yebpella G., Shenge G. Assessment of Water Quality Index of Borehole and Well Water in Wukari Town, Taraba State, Nigeria. Journal of Environment and Earth Science, 2014. – V. 4. – P. 1 – 9.
14. APHA (American Public Health Association) Standard methods for the examination of water and waste water, 20th Ed. New York, USA, (1999).
15. AL-Dulaimi G. A., Younes M. K., Assessment of Potable Water Quality in Baghdad City, Iraq. Air, Soil and Water Research. – V. 10. – P. 1 – 5.
16. Jazza, S. H., AL-Saad H. T. Quality Assessment of Drinking Water in Missan Province, Iraq. International Journal of Marine Science, 2016. – V. 6. – P. 1 – 7.
17. Doria, M. F. Bottled water versus tap water: understanding consumers’ preferences. J Water Health, 2006. – V. 4. – P. 271 – 276.
18. Espinosa-Garcia, A. C., Diaz-Avalos C., Gonzalez-Villarreal F. J., Val-Segura R., Malvaez-Orozco V., Mazari-Hiriart M. Drinking water quality in a Mexico City University community: perception and preferences. EcoHealth, 2015. – V. 12. – P. 88 – 97.

Джубари М. Кадер, аспирант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», **Н. В. Алексеева**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПИТЬЕВАЯ ВОДА В ИРАКЕ

Аннотация. Источники воды в Ираке могут быть поверхностными и подземными. Реки Тигр и Евфрат являются основными источниками поверхностных вод. Количество подземных вод из-за недостатка осадков и больших пустынных территорий Ирака невелико. Питьевая вода в Ираке содержит много химических и биологических материалов, которые приводят к различным заболеваниям. Для оценки индекса качества воды исследуются физические и химические параметры, такие как: кислотность, содержание кальция и магния, мутность, электропроводность, общая жесткость, общее количество растворенных твердых веществ и хлоридов.

Ключевые слова: Тигр, Евфрат, нехватка воды, питьевая вода, Ирак.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИРОДНЫХ СРЕД, ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

П. В. Балабанов, доц., **А. А. Жиркова**, магистрант,
А. Г. Дивин, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Мехатроника
и технологические измерения»,
С. В. Мищенко, д-р техн. наук, проф., **Н. А. Рамон**
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ ПРИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ

Аннотация. Рассматривается система управления перемещением объекта контроля при гиперспектральном анализе. Представлены структурная схема системы управления приводом платформы объектами и блок-схема функционирования данной системы.

Ключевые слова: гиперспектральный анализ, контроль, перемещение объекта, система управления.

Гиперспектральный анализ качества продуктов является одним из самых информативных среди неразрушающих методов контроля. Он основан на способности объектов избирательно отражать и поглощать свет разной длины волны.

Интенсивность отраженного сигнала зависит от интенсивности освещения естественных (Солнце, звезды, Луна) и искусственных (лампа) источников освещения.

Основные величины, которые измеряются при гиперспектральном анализе, – интенсивность отраженного сигнала, длина волны, пространственная координата объекта. При этом получают двумерный или трехмерный массив данных, который образуется из значений интенсивности отраженного сигнала от поверхности, разбитой на пиксели [1, 2].

Основной особенностью гиперспектрального анализа является возможность привлечения для идентификации изображения его дифференциальных характеристик. В других же методах происходит усреднение по длине волны.

Таким образом, гиперспектральный анализ является более эффективным – повышается информативность данных (используется весь спектр регистрируемых длин волн).

Несмотря на то, что в настоящее время стоимость гиперспектральных камер еще довольно высока, их применение для контроля качества овощей и фруктов в процессе сортировки оправдывает себя, так как появляется возможность в течение короткого интервала времени получать информацию о различных качественных характеристиках объектов, таких как концентрация хлорофилла в растительных тканях, содержание в них влаги, сахара и др.

С этой целью была разработана установка, позволяющая сканировать поверхность яблок и других фруктов, получать информацию о спектре отражения и определять по нему качество объекта.

Основой разрабатываемой установки является гиперспектральная камера Specim FX 10 e (рис. 1).



Рис. 1. Гиперспектральная камера Specim FX 10 / FX 10 e

Камера работает в так называемом режиме pushbroom и собирает гиперспектральные данные в пределах от 400 до 1000 нм.

Основные преимущества камеры: высокая скорость (330 кадров в секунду с полным режимом изображения); высококачественная оптика (хороший сигнал с коротким временем интегрирования); высокое соотношение сигнал / шум (600:1) обеспечивает лучшую точность обнаружения на высоких скоростях; гибкость (свободный выбор длины волны от 220 диапазонов); каждый блок FX10 / FX10e имеет одинаковую спектральную тарировку длины волны, т.е. все единицы дают одинаковые результаты; размер (1,4 кг; 150×71×85 мм); диапазон входного напряжения питания 12 В постоянного тока.

Поле зрения камеры составляет 38°. Калибровка выполняется автоматически для каждого пикселя в самом устройстве.

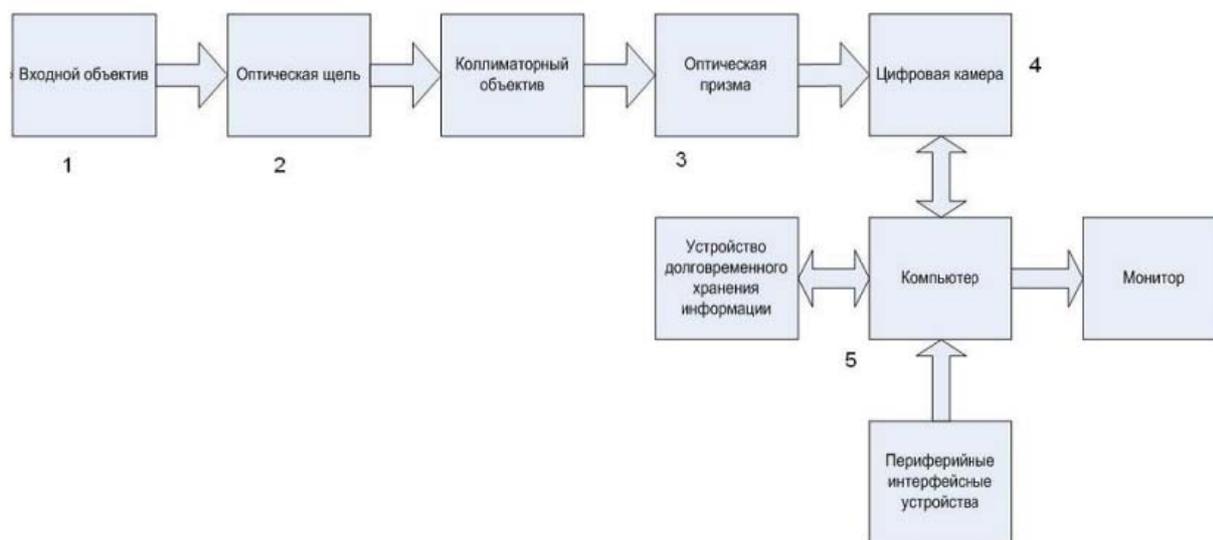


Рис. 2. Схема гиперспектрометра:

1 – входной объектив; 2 – щель; 3 – диспергирующий элемент;
4 – оптическая система; 5 – приемник [2]

Схема работы камеры (рис. 2) [3]: исследуемый сигнал, отраженный от объекта, попадает на входной объектив, фокусирующий его на щель. Щель, установленная перпендикулярно направлению движения носителя с гиперспектрометром «вырезает» узкую полосу снимаемой поверхности. Далее вырезанная полоса попадает на диспергирующий элемент, расположенный так, чтобы плоскость разложения света была перпендикулярна щели. Таким образом, полоса света раскладывается по длинам волн, образуя спектральную координату изображения. Разложенный сигнал попадает на оптическую систему (выходной объектив), проектирующий его на приемник цифровой камеры, где изображение фиксируется и сохраняется в виде непрерывной последовательности видеок кадров или одного (нескольких) кадров видеозаписи в задаваемый программой (оператором), производящей работу, момент времени. Далее уже оцифрованный сигнал записывается управляющим компьютером на жесткий диск, флэшкарту или другое устройство для долговременного хранения и последующего воспроизведения или обработки или же для выдачи на монитор для просмотра оператором. Для каждого пикселя полученного изображения, таким образом, определена яркость, являющаяся третьей «координатой» точки в гиперкубе. По мере движения аппарата снимается новая полоса поверхности, создавая последовательность кадров, позднее объединяемых в цельное изображение снятой поверхности – спектральное изображение.

Кроме гиперспектральной камеры измерительная установка комплектуется еще двумя источниками света (галогеновыми лампами), подвижной платформой с приводами.

На рисунке 3 представлена структурная схема алгоритма управления приводом разрабатываемой установки.

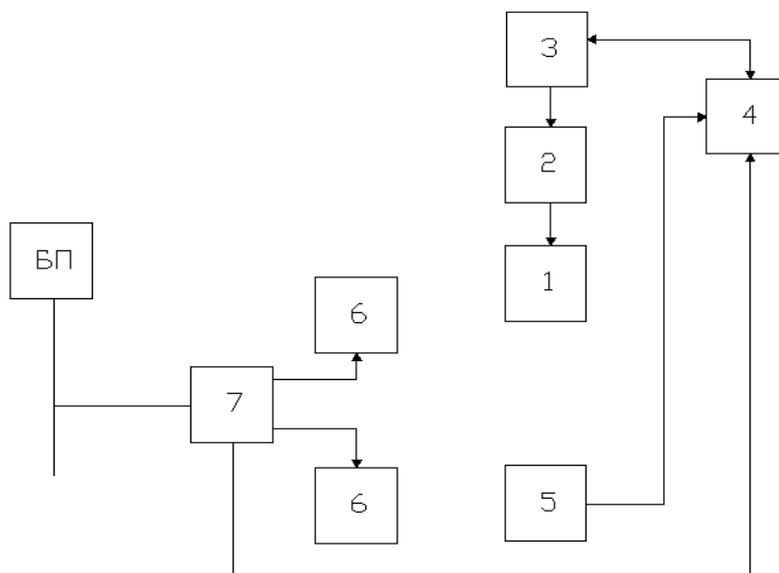


Рис. 3. Структурная схема алгоритма управления приводом установки:

1 – мотор; 2 – драйвер; 3 – контроллер; 4 – компьютер; 5 – камера; 6 – лампы; 7 – ключ

С помощью ключа (7) включается компьютер (4) и лампы (6); компьютер (4) запускает контроллер (3), драйвер (2) и мотор (1). Информация с камеры обрабатывается компьютером (4).

На рисунке 4 представлена блок-схема алгоритма управления приводом установки и обработки данных.

Для управления приводом установки и обработки данных необходимо включить лампы и привод платформы, затем переместить объект на заданное расстояние, при этом происходит регистрация спектральной линии, далее определяются границы объекта на центральной линии. Получаем спектр в заданных точках объекта. Если спектр в заданной точке соответствует спектральному дефекту, то происходит его регистрация. Если нет, то без регистрации сразу переходим к вопросу выхода объекта из поля зрения камеры. Если объект не вышел, то еще раз перемещаем объект на заданное расстояние. Если же объект вышел из поля зрения камеры, то процесс останавливается.

Выводы.

1. Гиперспектральный анализ является более эффективным методом исследования качества объектов растительного происхождения, так как используется весь спектр регистрируемых длин волн.

2. Разработана установка, которая позволяет сканировать поверхность яблок и др. фруктов, получать информацию о спектре отражения и определять по нему качество объекта.

3. Преимуществом использования разрабатываемой установки является возможность в течение короткого интервала времени получать информацию о различных качественных характеристиках объектов (концентрация хлорофилла в растительных тканях, содержание в них влаги, сахара и др.)

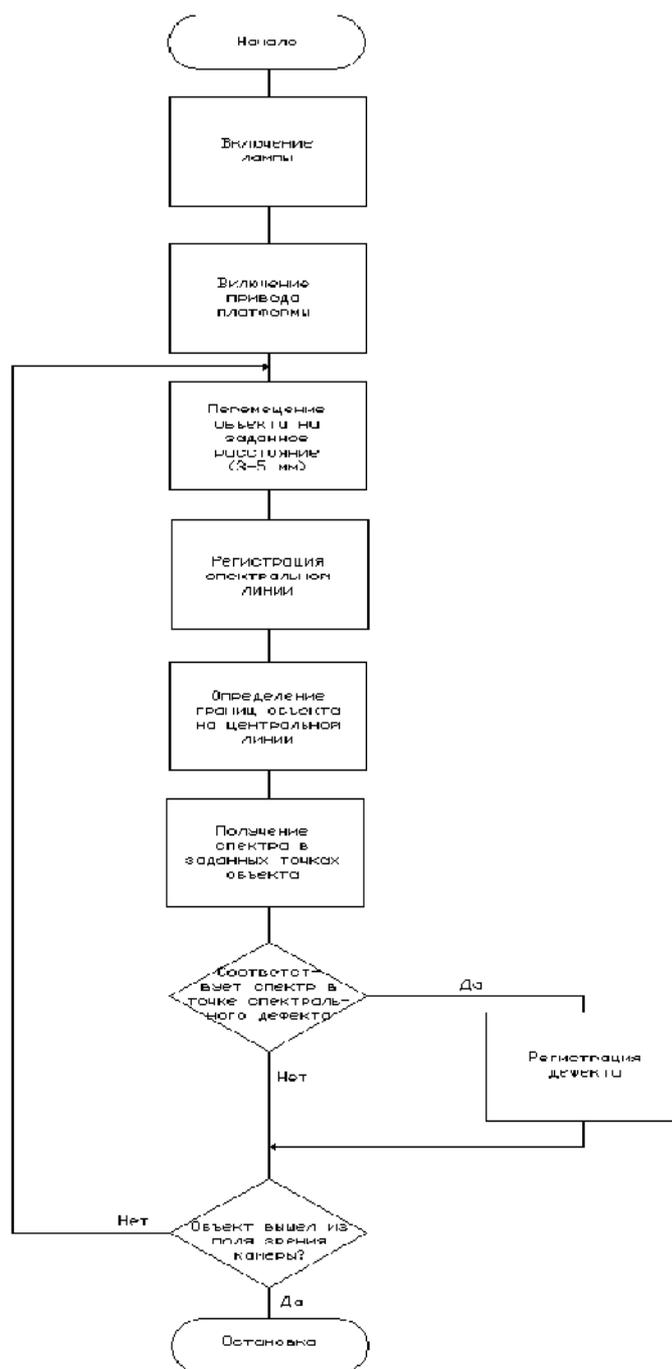


Рис. 4. Блок-схема алгоритма управления приводом установки и обработки данных

Список литературы и источников

1. Овчинников, А. М. Разработка алгоритмических и программных средств регистрации и визуализации локальных гиперспектральных данных : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.11 / А. М. Овчинников ; Институт прикладной математики РАН. – М., 2010. – 84 с.
2. Метод формирования спектральных изображений [Электронный ресурс]. – URL : https://ozlib.com/871871/tehnika/metod_formirovaniya_spektralnyh_izobrazheniy (дата обращения: 17 мая 2019).
3. Демонстрация возможности изучения процессов горения и взрыва с помощью дистанционного гиперспектрального зондирования. Физико-химическая кинетика в газовой динамике / А. П. Калинин, А. Г. Орлов, А. И. Родионов, К. Я. Трошин. – М., 2009. – С. 12.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»)

А. А. Балашов, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Энергообеспечение предприятий и теплотехника»,
А. Н. Грибков, д-р техн. наук, доц., проф., заведующий кафедрой
«Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Аннотация. Рассмотрена методология неразрушающего контроля температурных характеристик, а именно значений коэффициента тепловой активности от температуры, структурных переходов в полимерных материалах. Предложен метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах для данной методологии.

Ключевые слова: метод, неразрушающий контроль, полимеры, структурный переход, теплофизические характеристики.

Алгоритм методологии неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах разработан с использованием CASE-технологии по методологии структурного системного анализа и проектирования SADT и представлен в виде функциональных моделей AS-IS и TO-BE [1 – 3].

Целью работы является создание алгоритмического и программного обеспечения информационно-измерительной системы (ИИС), реализующей метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах в контексте данной методологии [1 – 3]. Для того, чтобы определить температурные характеристики структурных переходов в полимерах, необходимо с помощью ИИС исследовать изделие и образцовые меры, с помощью определенной методики провести анализ температурных характеристик, зафиксировать структурные переходы в полимерных материалах (ПМ). В качестве входных данных будут использоваться: «Исследуемое изделие», «Образцовые меры». Выходные данные: «Температурные характеристики структурных переходов в ПМ». Процесс определения температурных характеристик структурных переходов управляется ИИС и оператором согласно методике и руководству по эксплуатации.

Контекстная диаграмма методологии представлена на рис. 1.

Проведем декомпозицию контекстной диаграммы, описав последовательность этапов исследования температурных характеристик. Этапы исследования [1 – 3]: калибровка, получение термограммы и обработка термограммы.

В результате выполненной декомпозиции получена диаграмма стандарта IDEF0 [4], изображенная на рис. 2 [1 – 3].

Анализ последовательности этапов метода AS-IS позволил предложить другую последовательность этапов метода TO-BE стандарта DFD (рис. 3) [4].

Далее выполнена декомпозиция блока № 4 диаграммы «Анализ температурных характеристик», представленной на рис. 4. Алгоритм работы «Анализ температурных характеристик» состоит из следующих этапов [1 – 3].

1. Формирование множества существенных отклонений информативных параметров T , $dT/d\tau$, ε , d_1 , d_0 , S_{d1}^2 , S_{d0}^2 .

2. Доказательство принадлежности нормальному закону распределения $\varepsilon(T)$.

3. Определение неслучайности некоторых наблюдений с использованием критериев.

4. Определение температуры структурного перехода в исследуемом полимерном материале.

Диаграмма «Анализ температурных характеристик» выглядит следующим образом (рис. 4).



Рис. 1. Контекстная диаграмма методологии

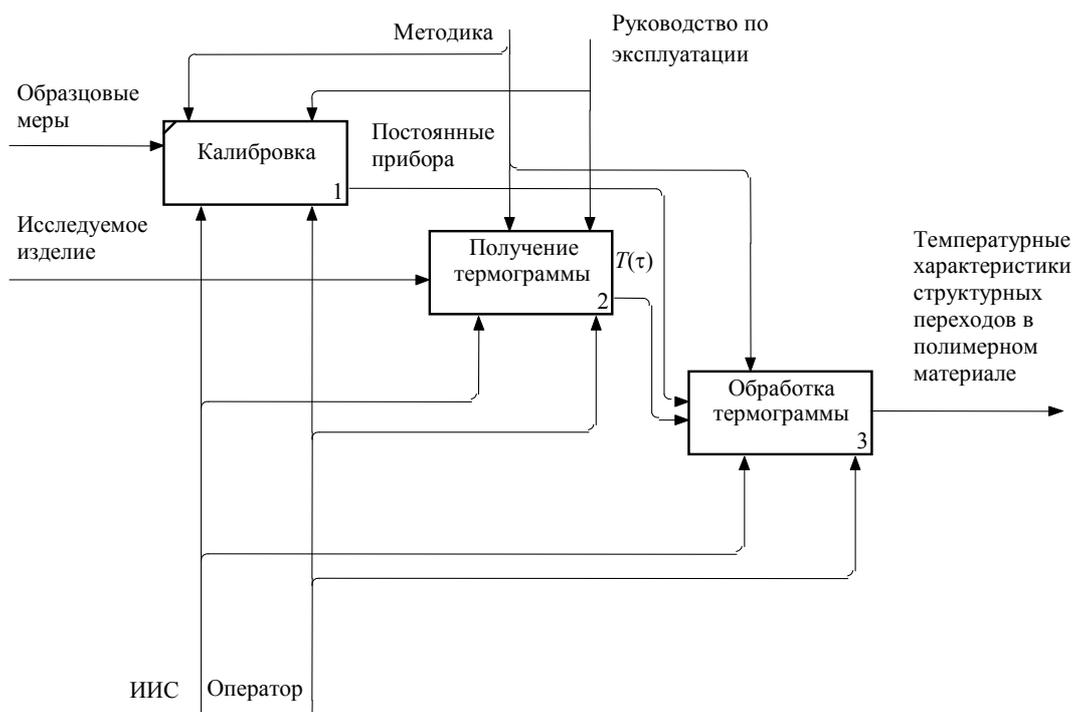


Рис. 2. Диаграмма методологии (AS-IS), полученная в результате декомпозиции диаграммы, представленной на рис. 1

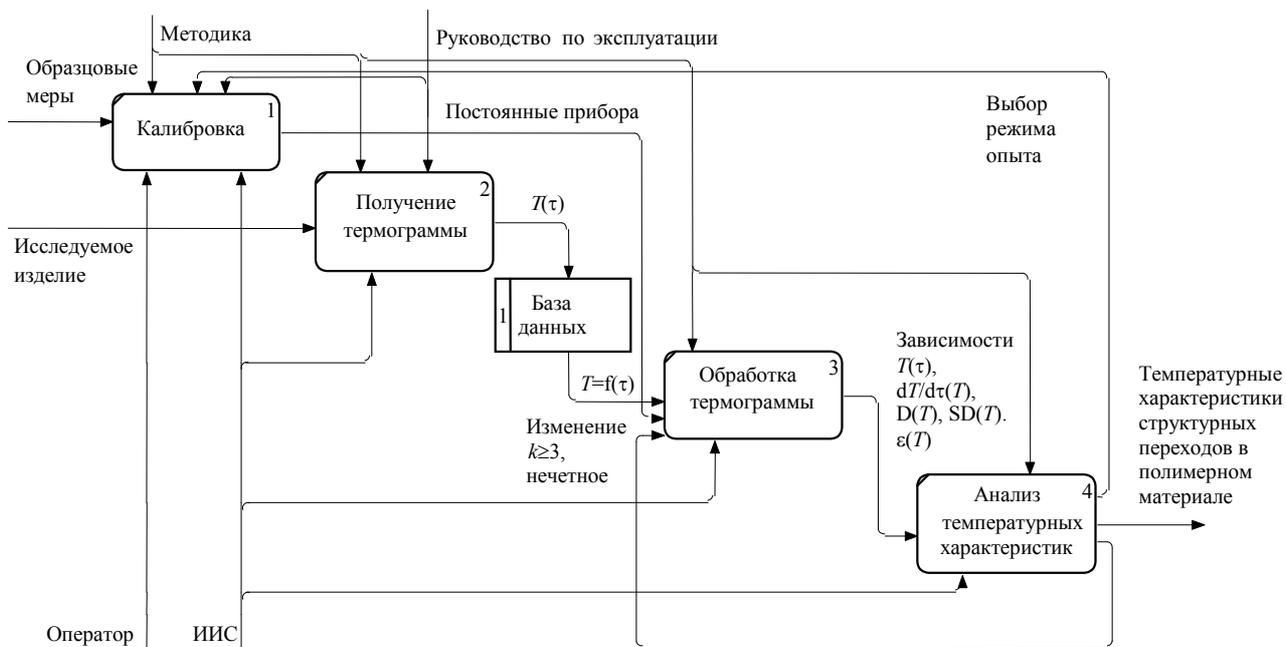


Рис. 3. Диаграмма ТО-ВЕ работы «Исследование температурных характеристик»



Рис. 4. Диаграмма работы «Анализ температурных характеристик»

Создадим иерархическую структуру работы, описывающей процесс «Доказать принадлежность нормальному закону распределения $\varepsilon(T)$ ».

Данная работа включает:

- проверку гипотезы H против альтернативной гипотезы H_1 ;
- использование критериев Жарка–Бера, Лиллиефорса и Колмогорова–Смирнова.

Согласно данной структуре работ построена диаграмма стандарта IDEF3, в которую добавлены взаимосвязи между работами (рис. 5).

Диаграмма работы № 3 «Определения неслучайностей некоторых наблюдений с использованием критериев» представлена на рис. 6 в виде блок-схемы, реализованной в программе MatLab.

Таким образом, разработаны алгоритмическое и программное обеспечения ИИС, реализующие метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах в контексте методологии неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах. Данный алгоритм имеет возможность работать для оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики.

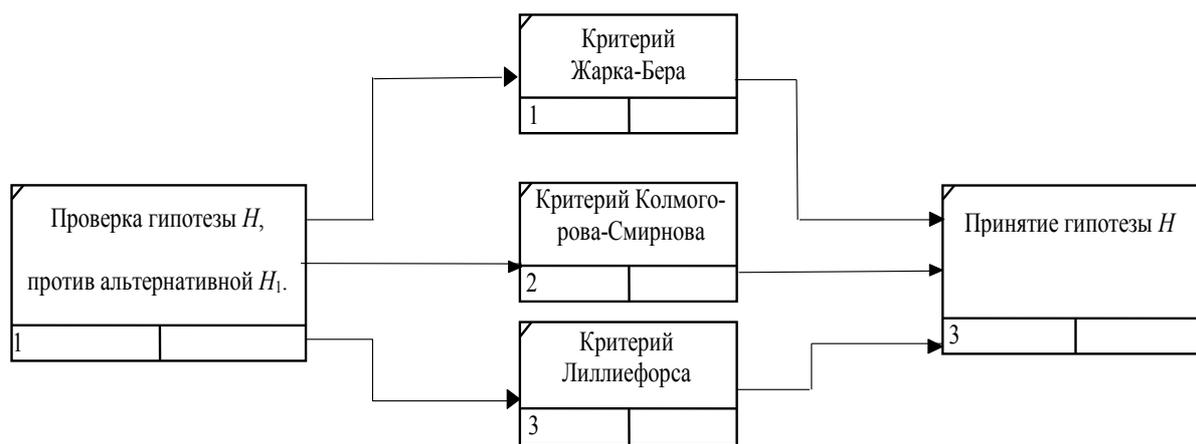


Рис. 5. Диаграмма работы «Доказать принадлежность нормальному закону распределения $\epsilon(T)$ »

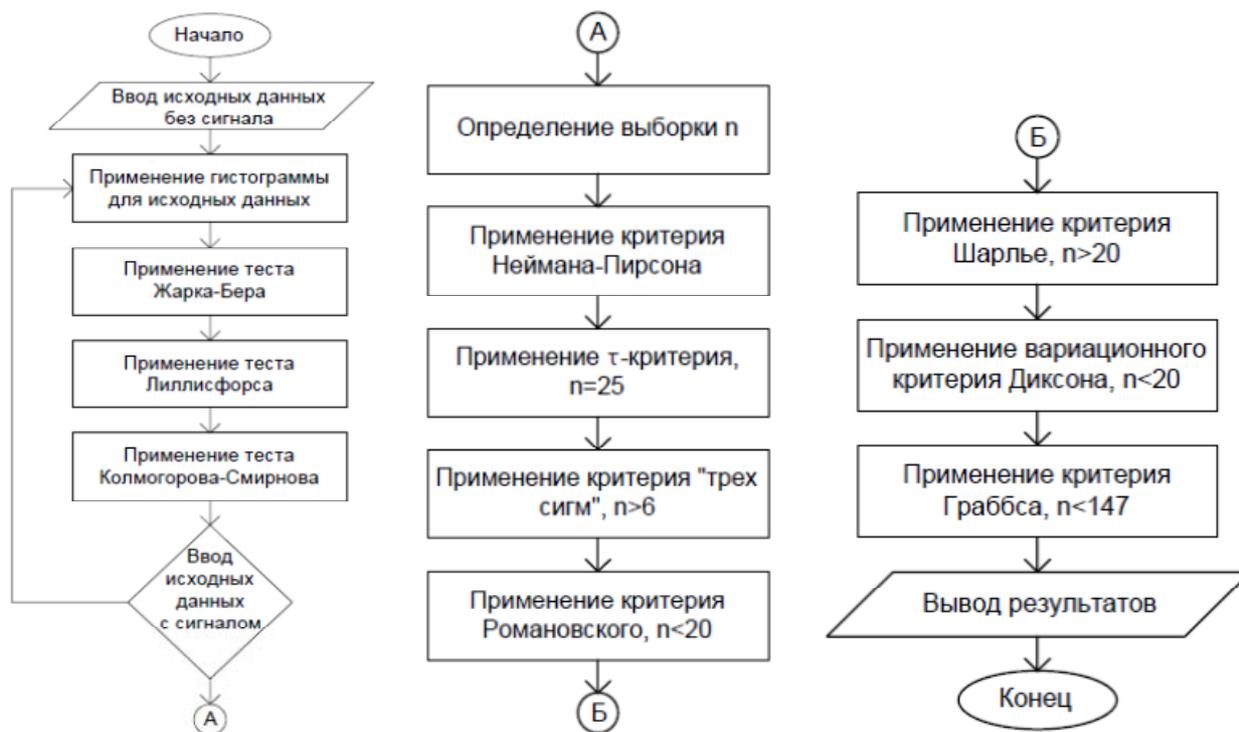


Рис. 6. Алгоритм, реализующий метод выделения полезного сигнала при регистрации структурных переходов в полимерах

Список литературы

1. Балашов, А. А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. – 2010. – № 12. – С. 53 – 57.
2. Майникова, Н. Ф. Неразрушающий способ исследований релаксационных переходов в полимерных материалах / Н. Ф. Майникова, А. А. Балашов, С. О. Васильев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20, № 1. – С. 34 – 41.
3. Метод неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерах / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. № 1-3. – С. 253 – 259.
4. Калянов, Г. Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2002. – 320 с.

Д. В. Болдырев, аспирант кафедры «Биомедицинская техника»,
Е. И. Глинкин, д-р техн. наук, проф., проф кафедры «Биомедицинская техника»,
С. Г. Леньшин, магистрант кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЙ СИММЕТРИЧНЫЙ КРИТЕРИЙ КОНТРОЛЯ ВЫСОТЫ СЛОЯ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Аннотация. Рассмотрено применение мультипликативного симметричного критерия МСК для контроля действительной высоты слоя плазмы крови для оценки метрологической эффективности по нормируемой точности.

Ключевые слова: высота слоя плазмы крови, мультипликативный симметричный критерий (МСК), метрологическая эффективность, нормируемая точность контроля.

Создание эффективных метрологических средств гематологических анализаторов с адаптивным диапазоном контроля невозможно по случайным ненормированным оценкам, требующим постфактум подтверждения среднестатистической точности из-за нелинейности и дрейфа преобразований. Основой гибких метрологических средств должны быть оптимальные образцовые меры с автоматической подстройкой на адаптивный диапазон с заданной точностью [1].

Мультипликативный симметричный критерий (МСК) эффективности служит нормированной программно-управляемой мерой асимметрии исследуемых последовательностей в виде их разницы или отношения для абсолютных или относительных критериев оценки эффективности.

Мультипликативный симметричный критерий (МСК) целесообразно представить отношением произведения q случайных величин x_i к оптимальному эквиваленту q_0 симметричных мер x_{0i} :

$$Q = \frac{q}{q_0} = \frac{\prod_{i=1}^n x_i}{\prod_{i=1}^n x_{0i}}. \quad (1)$$

Эквивалентом оптимизации произведения q является максимальное произведение $q_0 = \max q = P_n$, образованное произведением средней суммы [2]:

$$Q = \frac{q}{q_0} = \frac{\prod_{i=1}^n x_i}{\left(\frac{1}{n} \prod_{i=1}^n x_i\right)^n}. \quad (2)$$

Средний МСК синтезируют из критерия (2) понижением степени в n раз за счет извлечения корня:

$$Q_c = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}}{\frac{1}{n} \prod_{i=1}^n x_i} = \frac{X_{CG}}{X_{CA}}. \quad (3)$$

Закономерности среднего критерия Q_c тождественны закономерностям прецизионного МСК, но с закругленной погрешностью среднего арифметического числа n поддиапазонов

меры x_{0i} . Анализ среднего МСК (3) показывает тождественность его структуры алгоритму отношения среднего геометрического X_{CG} к среднему арифметическому X_{CA} .

Использование среднего МСК при моделировании процесса оседания эритроцитов позволяет из множества динамических характеристик выявить действительную характеристику, которая наиболее приближена к истинному значению.

Исследуемая эталонная характеристика высоты слоя плазмы крови $h1(t)$ получена из экспоненциальной динамической характеристики с искомыми информативными параметрами T, H :

$$h = H \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}). \quad (4)$$

Чтобы получить характеристику, максимально приближенную к эталонному значению, воспользуемся МСК. Имеется массив из 6 динамических характеристик высоты слоя плазмы, имеющих следующее графическое представление (рис. 1, где $h1(t)$ – эталонная характеристика. Каждая динамическая характеристика состоит из множества точек. Допустим, характеристики получены путем измерений в 7 точках, т.е. измерений в 7 моментов времени. Усреднение по столбцу должно образовать одну действительную точку из 6 (при наличии 6 характеристик) в один момент времени, причем точка должна быть максимально приближена к эталонному значению в данный момент времени t .

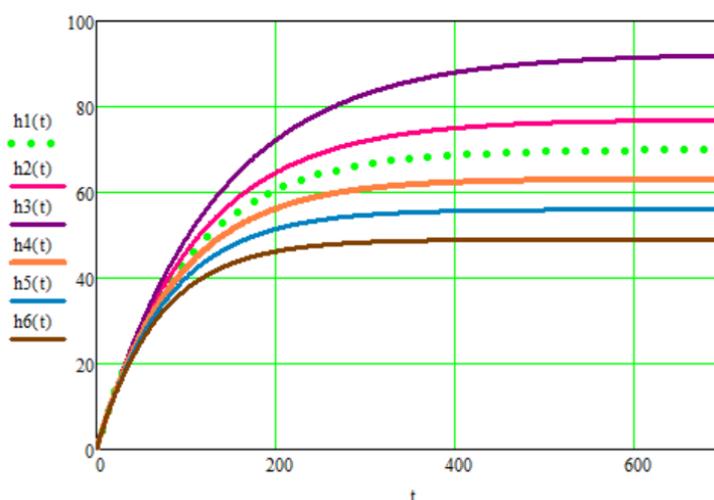


Рис. 1. Динамические характеристики высоты слоя плазмы

Для вычисления среднего МСК необходимо вычислить среднее геометрическое и среднее арифметическое случайных измерений высоты слоя плазмы в 7 моментов времени. Для избавления от операции извлечения корня n -й степени возведем числитель и знаменатель формулы (3) в n -ю степень:

$$Q_c = \frac{\left(\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}\right)^n}{\left(\frac{1}{n} \prod_{i=1}^n x_i\right)^n} = \frac{\prod_{i=1}^n x_i}{\left(\frac{1}{n} \prod_{i=1}^n x_i\right)^n} = \frac{(X_{CG})^n}{(X_{CA})^n}. \quad (5)$$

Имеем следующие значения высот слоя плазмы 6 динамических характеристик в момент времени t_1 (таб. 1).

1. Высоты слоя плазмы в момент времени t_1

$h_1(t_1)$	31,583
$h_2(t_1)$	32,372
$h_3(t_1)$	33,75
$h_4(t_1)$	30,655
$h_5(t_1)$	29,547
$h_6(t_1)$	28,206

Для вычисления прецизионного МСК найдем значение случайных измерений $(X_{CF})^6$ – среднегеометрического в степени 6, чтобы избавиться от операции извлечения из под корня:

$$\begin{aligned} (X_{CF})^6 &= \left(\sqrt[6]{31,583 \cdot 32,372 \cdot 33,75 \cdot 30,655 \cdot 29,547 \cdot 28,206} \right)^6 = \\ &= 31,578 \cdot 32,372 \cdot 33,75 \cdot 30,655 \cdot 29,547 \cdot 28,206 = 8,816 \cdot 10^8. \end{aligned} \quad (6)$$

Также для вычисления прецизионного МСК найдем значение нормированного по симметрии эквиваленту $(X_{CA})^6$ (среднее арифметическое) в степени 6, так как числитель критерия (среднее геометрическое) возведен в 6 степень:

$$(X_{CA})^6 = \left(\frac{31,578 + 32,372 + 33,75 + 30,655 + 29,547 + 28,206}{6} \right)^6 = 8,907 \cdot 10^8. \quad (7)$$

Согласно формуле (1) мультипликативный симметричный критерий – это отношение произведения $q = \prod_{i=1}^n x_i$ случайных величин x_i к оптимальному эквиваленту q_0 симметричных мер $x_{0i} = x_{0i+1}$, то оптимальным значением высоты слоя плазмы в точке t_1 будет среднее арифметическое значений высот плазмы всех измеренных кривых в точке t_1 .

$$X_{CA} = \frac{31,583 + 32,372 + 33,75 + 30,655 + 29,547 + 28,206}{6} = 31,019. \quad (8)$$

Далее находим МСК в данной точке, как меру точности измерения:

$$Q_1 = \frac{(X_{CF})^6}{(X_{CA})^6} \cdot 100\% = 99\%. \quad (9)$$

Таким образом, точность определения оптимального значения измерения $h(t_1)$ составляет 99%. Значение погрешности равно разности 100% и точности Q_1 , и численно равно:

$$\varepsilon_1 = 100\% - Q_1 = 1\%. \quad (10)$$

По данному алгоритму находим оптимальные значения измерений $h(t_2)$, $h(t_3)$, $h(t_4)$, $h(t_5)$, $h(t_6)$, $h(t_7)$, точности Q усреднения по МСК, а также значения погрешности ε . Получим следующую матрицу значений (таб. 2).

2. Матрица значений измеренных параметров

t	$h(t)$	Q	ε
$t_1 = 60$	$h(t_1) = 31,019$	$Q_1 = 99\%$	$\varepsilon_1 = 1\%$
$t_2 = 100$	$h(t_2) = 43,13$	$Q_2 = 97,6\%$	$\varepsilon_2 = 2,4\%$
$t_3 = 210$	$h(t_3) = 59,33$	$Q_3 = 93,5\%$	$\varepsilon_3 = 6,5\%$
$t_4 = 330$	$h(t_4) = 65,074$	$Q_4 = 90,5\%$	$\varepsilon_4 = 9,5\%$
$t_5 = 400$	$h(t_5) = 65,074$	$Q_5 = 90,5\%$	$\varepsilon_5 = 9,5\%$
$t_6 = 520$	$h(t_6) = 66,371$	$Q_6 = 88,5\%$	$\varepsilon_6 = 11,5\%$
$t_7 = 600$	$h(t_7) = 67,633$	$Q_7 = 88,2\%$	$\varepsilon_7 = 11,8\%$

Согласно данным построим графики. График высоты слоя плазмы $y(t)$ (рис. 2), полученный из усредненных измерений по среднему арифметическому, отображен красной линией. Эталонный график функции высоты слоя плазмы отображен синими точками.

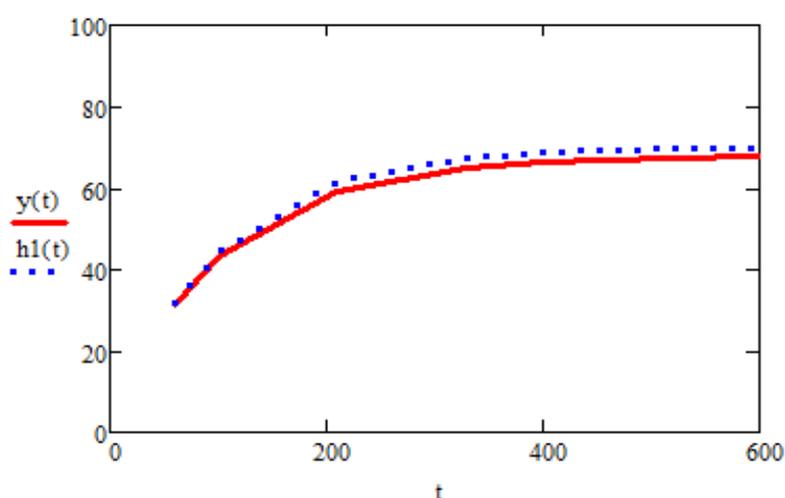


Рис. 2. Эталонный и действительный вид функции высоты слоя плазмы

Для отражения эффективности измерения строим график точности – МСК по нормируемой оценке Q (рис. 3).

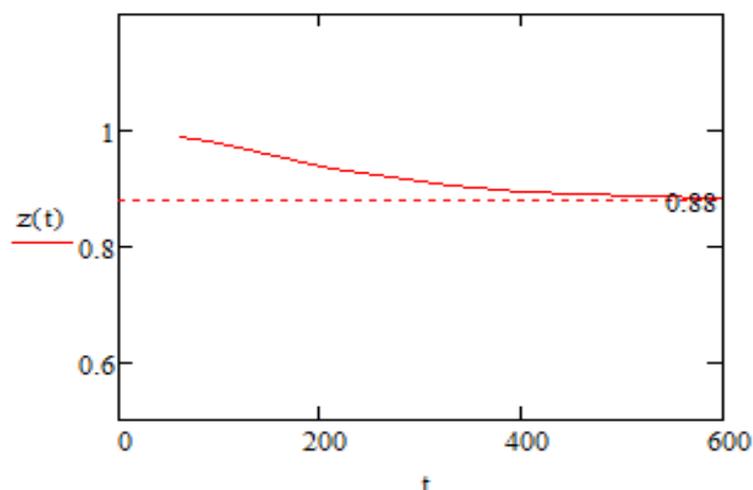


Рис. 3. График оценки нормируемой точности

Как видим из графика и матрицы значений, точность измерения не падает ниже 88%.

Для отражения отклонения измерений строим погрешность по нормируемым оценкам ε (рис. 4).

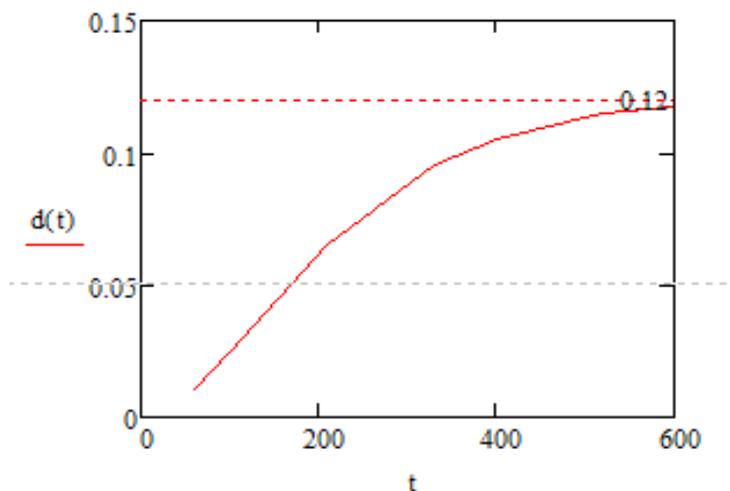


Рис. 4. Нормируемая оценка погрешности

Как видим из графика и матрицы значений, нормируемая погрешность измерения не превышает 12%.

Таким образом, спроектирован мультипликативный симметричный критерий для оценки действительной высоты слоя плазмы в виде отношения исследуемой последовательности случайных измерений к оптимальному эквиваленту симметричных мер. Оценки среднего арифметического и среднего геометрического показывают эффективность, достаточную для практики с точностью, а также с прецизионной погрешностью симметричных мер средних критериев со степенными отношениями стандартных оценок измерений.

Список литературы

1. Чичев, С. И. Методология проектирования цифровых подстанций / С. И. Чичев, В. Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. – М. : Спектр, 2014. – 228 с.
2. Глинкин, Е. И. Оптимальные меры оценки эффективности / Е. И. Глинкин // Вестник ТГУ. – Тамбов : ТГУ, 2014. – Т. 19. – С.1867–1868.

Д. В. Болдырев, аспирант кафедры «Биомедицинская техника»,
Е. И. Глинкин, д-р техн. наук, проф., проф кафедры «Биомедицинская техника»,
С. Г. Леньшин, магистрант кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МЕТОД КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПО КАЛИБРОВОЧНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Аннотация. Рассматривается метод контроля скорости оседания эритроцитов по калибровочным характеристикам для анализа метрологической эффективности метода.

Ключевые слова: скорость оседания эритроцитов (СОЭ), аналитический контроль, статистический анализ, режимы калибровки.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – лабораторный показатель крови, который отражает соотношение группу белков плазмы. СОЭ является важнейшим показателем в анализе крови, по изменению которого судят о наличии патологического или воспалительного процесса в организме человека [1].

Применяемые в общеклинической практике определения СОЭ – метод Вестергрена, Панченкова основаны на статистическом анализе исследуемой величины от множества ненормированных переменных, которые принимают за информативные параметры, не отражающих физику процесса и их тождественность множеству нелинейных переменных. Результатом анализа СОЭ является фиксированная статистическая градуировочная характеристика, с расширяющейся дисперсией из-за приближенных коэффициентов, не отражающих физику процесса и их тождественность множеству нелинейных переменных. Это приводит к низкой точности измерения [1 – 3].

Разработанный метод контроля скорости оседания эритроцитов является аналитическим контролем. В основе контроля СОЭ – использование гибкой калибровочной характеристики – высоты слоя плазмы, тождественной эквиваленту натурального эксперимента за счет оптимизации двух предельных (информативных) параметров H и T по нормируемым мерам границ адаптивного диапазона в два кратных момента времени.

Инновационный метод контроля включает следующие этапы:

1. Определяют постоянную времени T по калибровочной функции $T_i(t) = T_i$.
2. Определяют максимальную величину оседания эритроцитов H по калибровочной функции $H_i(t)$.
3. Калибровку проводят априори для двух известных эталонных h_{3i} (рис. 1) и измеренных h_i , $i = 1, 2$ (рис. 1) значений верхней и нижней границ адаптивного диапазона высоты слоя плазмы в два кратных момента времени измерения t_1 и $t_2 = 2t_1$.
4. Калибровочными характеристиками служат нелинейные параметры [2]: максимальная высота оседания эритроцитов H_i (рис. 2) и функция постоянной времени T_i (рис. 3).

Характеристики компенсируют неопределенность максимальной величины оседания эритроцитов H^* и постоянной времени T^* , выбранных произвольно (рис. 1), и связывающие эталонную h_{3i} и измеренную h_i зависимости за счет нормирования измеренных значений известными:

$$T_i = \frac{T \cdot \ln\left(1 - \frac{h_i(t)}{H^*}\right)}{\ln\left(1 - \frac{h_{3i}(t)}{H}\right)} \approx T \frac{H^*}{H}, \quad (1)$$

$$H_i = \frac{h_i}{h_{3i}} \cdot \frac{H \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}})}{(1 - e^{-\frac{t}{T^*}})} \approx H \frac{T}{T^*}. \quad (2)$$

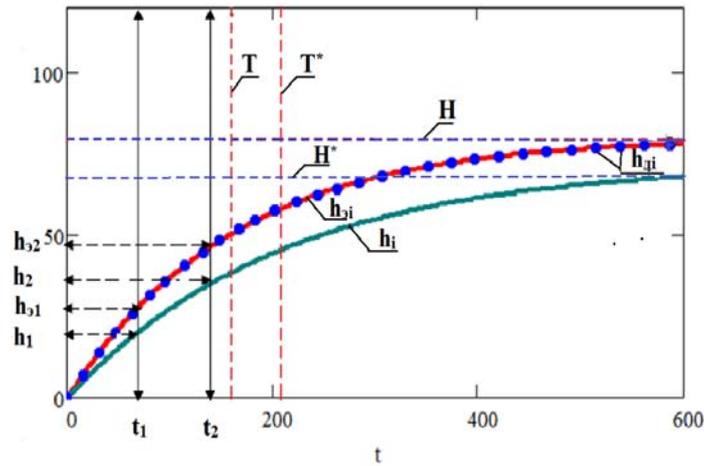


Рис. 1. Динамические характеристики инновации

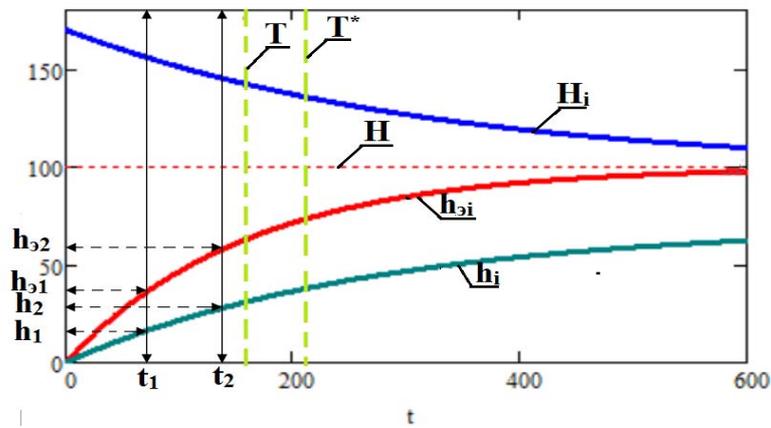


Рис. 2. Калибровочная характеристика максимальной величины оседания эритроцитов

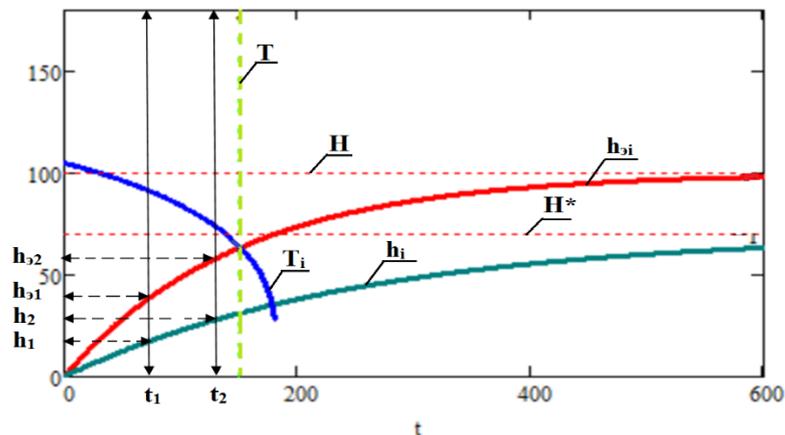


Рис. 3. Калибровочная характеристика постоянной времени процесса

По калибровочным характеристикам T_i [2] и H_i [3] восстанавливают действительную характеристику h_{di}

$$h_{di} = H_i \left(1 - e^{\frac{-t_i}{T_i}} \right), \quad (3)$$

которая максимально приближена к эталонной $h_{эi} = h_{di}$:

$$h_{эi} = H \left(1 - e^{\frac{-t_{эi}}{T}} \right). \quad (4)$$

Эталонная характеристика $h_{эi}$ и характеристика, ей тождественная h_{di} , получены из экспоненциальной динамической характеристики с искомыми информативными параметрами T, H :

$$h = H \left(1 - e^{\frac{-t}{T}} \right), \quad (5)$$

где T – постоянная времени процесса (рис. 1, вертикаль) и H – максимальная величина оседания эритроцитов (рис. 1, горизонталь).

На практике чаще всего оба информативных параметра исследуемой характеристики, как правило, неизвестны. В этом случае оба параметра выбираем произвольно T^* и H^* (рис. 1), в результате они принимают вид функций – T_i (рис. 3) и H_i (рис. 2), которые компенсируют незнание информативных параметров H^* и T^* измеренной характеристики высоты слоя плазмы (рис. 1). По калибровочным функциям T_i и H_i нормируется измеренная кривая $h_i = h_{эi}$ до тождественного эквивалента $h_{эi}$ (рис. 1).

По полученным формулам (1) и (2) калибровочных характеристик находим действительные значения информативных параметров:

$$T = T_d = \frac{-t_1}{\ln \left(\frac{H_2 \left(1 - e^{\frac{-t_1}{T^*}} \right)}{H_1} - 1 \right)}, \quad (6)$$

$$H = H_d = \frac{H^* \left(1 - e^{\frac{-t_1}{T_1}} \right)}{\left(2 - \frac{H_2}{H_1} \left(1 + e^{\frac{-t_1}{T^*}} \right) \right)}. \quad (7)$$

5. По оптимальным информативным параметрам (6) и (7) строят калибровочные характеристики T_i (1) и H_i (2), по которым находят действительную (рис. 1) характеристику высо-

ты слоя плазмы, тождественную эквиваленту (4) (рис. 1), и действительную характеристику скорости оседания эритроцитов (рис. 4):

$$V(t) = \frac{H}{T} e^{-\frac{t}{T}}. \quad (8)$$

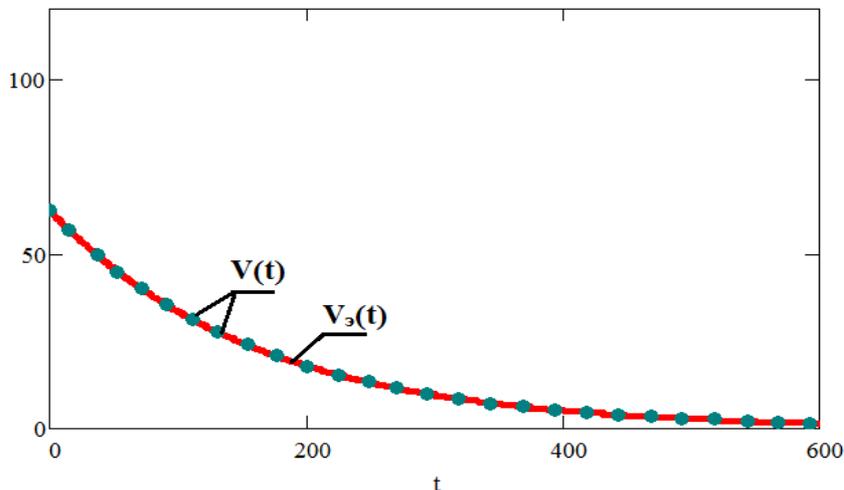


Рис. 4. Характеристики скорости оседания эритроцитов

Оценка адекватности полученных зависимостей проводится по формуле определения относительной погрешности:

$$\varepsilon = \frac{|h_{эi} - h_{di}|}{h_{эi}}, \quad (9)$$

ее оценка представлена на рис. 5.

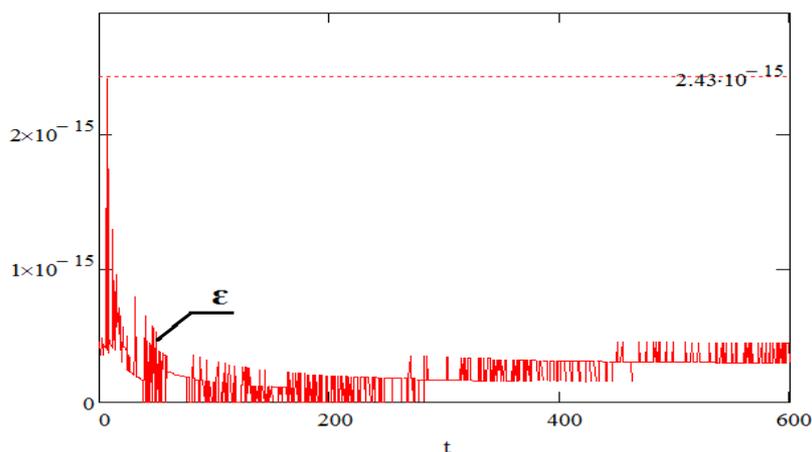


Рис. 5. Относительная погрешность способа

Относительная погрешность моделирования не превышает $2,43 \cdot 10^{-15}$.

Эффективность точности контроля определяется нелинейностью η (рис. 6).

Нелинейность действительного значения T и действительного значения H , по которым находят действительную характеристику высоты слоя плазмы, равны единичному эквиваленту:

$$\begin{cases} \eta_{dT} = \frac{T}{T} = 1, \\ \eta_{dH} = \frac{H}{H} = 1, \end{cases} \quad (10)$$

$$\eta_{dH} = \eta_{dT} = \eta_d = 1.$$

То есть нелинейность равна 1, что исключает методическую погрешность и действительной характеристики и, соответственно, предлагаемого контроля (рис. 5).

Динамическая погрешность δ_d (рис. 6) действительной характеристики h_d постоянна и не превышает 0,01, т.е. на 4 порядка ниже известных способов:

$$\delta_d = \left| \frac{T - T_d}{T} \right| = |1 - \eta|. \quad (11)$$

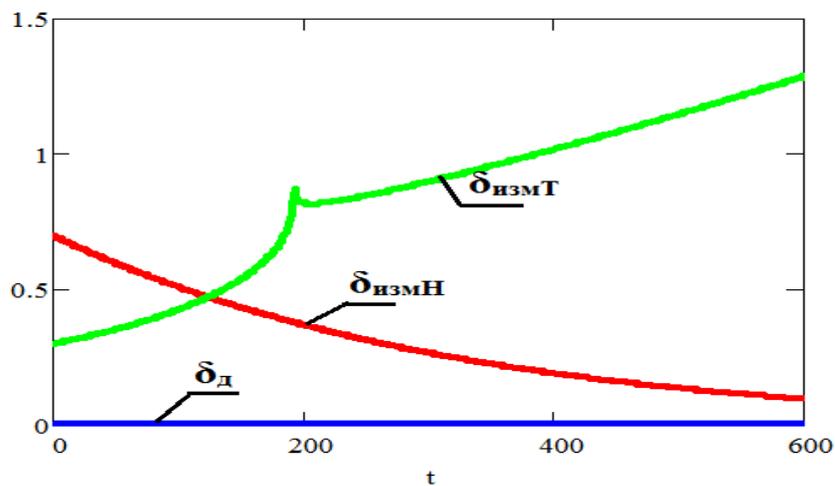


Рис. 6. Динамическая погрешность способа

Таким образом, разработанный метод контроля скорости оседания эритроцитов по двум калибровочным характеристикам, компенсирующим неопределенность максимальной величины оседания эритроцитов и постоянной времени процесса, выбранных произвольно, по которым определяют действительные значения информативных параметров, действительную характеристику скорости оседания эритроцитов, в отличие от известных решений исключает методическую и динамическую погрешность, что повышает точность на 4 порядка.

Список литературы

1. Цыркунов, В. М. Инфекционные болезни и профилактика внутрибольничных инфекций / В. М. Цыркунов. – М. : Асар, 2012. – 848 с.
2. Пат. № 2660710 (РФ) Российская Федерация, МПК G01N 33/49. Способ определения динамики изменения скорости оседания эритроцитов / Д. В. Болдырев, Е. И. Глинкин – Заявитель и патентообладатель Тамбовский государственный технический университет. – № 2017122577 ; заявл. 27.06.2017 ; опубл. 2018, Бюл. № 12. – 5 с.

Е. В. Буланов, аспирант кафедры «Мехатроника и технологические измерения»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОГРАММА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ХОДОМ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛОСКОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

Аннотация. Для разработанной математической модели и измерительного устройства для измерения коэффициента теплопроводности и коэффициента температуропроводности теплоизоляционных материалов методом плоского импульсного источника теплоты была создана программа для управления ходом эксперимента.

Ключевые слова: измерение, теплофизические свойства, программное обеспечение, эксперимент.

В условиях динамично развивающихся технологий и создания новых теплоизоляционных материалов актуально изучение их теплофизических свойств. В последнее время активно проводятся исследования [1 – 10], посвященные разработке и модернизации новых методик осуществления так называемых методов «мгновенных» и импульсных источников теплоты. Традиционные методики осуществления методов «мгновенных» источников теплоты не уделяли должного внимания вопросам выбора [1 – 4] оптимальных условий измерений и обработки первичной информации; рациональных конструкционных размеров применяемых измерительных устройств и действительной длительности τ_n теплового импульса. В статье [9] используя методы метрологии и теории теплопроводности были разработаны:

1) математическая модель относительных погрешностей измерения объемной теплоемкости и коэффициента температуропроводности твердых материалов методом плоского импульсного источника теплоты;

2) создана методика выбора оптимальных условий проведения процесса обработки экспериментальных данных, основного конструкционного размера измерительных устройств, а также оптимальной длительности теплового импульса.

Созданная программа для определения теплофизических свойств твердых материалов методом плоского импульсного источника теплоты функционирует в среде программирования LabView 2016 на основе структуры «CaseSequence».

Теоретическое обоснование разработанного метода и выбор рациона. Данная программное обеспечение позволяет быстро и с наименьшими материальными затратами осуществлять необходимые измерительные операции.

Вид лицевой панели разработанной программы представлен на рис. 1. Лицевая панель позволяет управлять ходом эксперимента (пользователь вводит основные экспериментальные данные, такие как время подачи теплового импульса на исследуемый образец материала, название материала образца и его габариты. Графический индикатор отображает график зависимости времени эксперимента от температуры образца.

Важно отметить, что первая стадия эксперимента – достижение установившегося во времени температурного режима. Далее переходят ко второй стадии эксперимента (подачи импульса заданной длины и мощности) путем нажатия кнопки «Startheating» лицевой панели виртуального прибора. При этом в плоском электрическом нагревателе, расположен-

ном на верхней грани среднего образца, выделяется тепло в течение заданного времени, и, одновременно, программа регистрирует изменение температуры на известном расстоянии x , равном толщине среднего образца от нагревателя, расположенного на нижней его грани. Регистрация избыточной (по отношению начальной) температуры прекращается автоматически после начала процесса охлаждения.

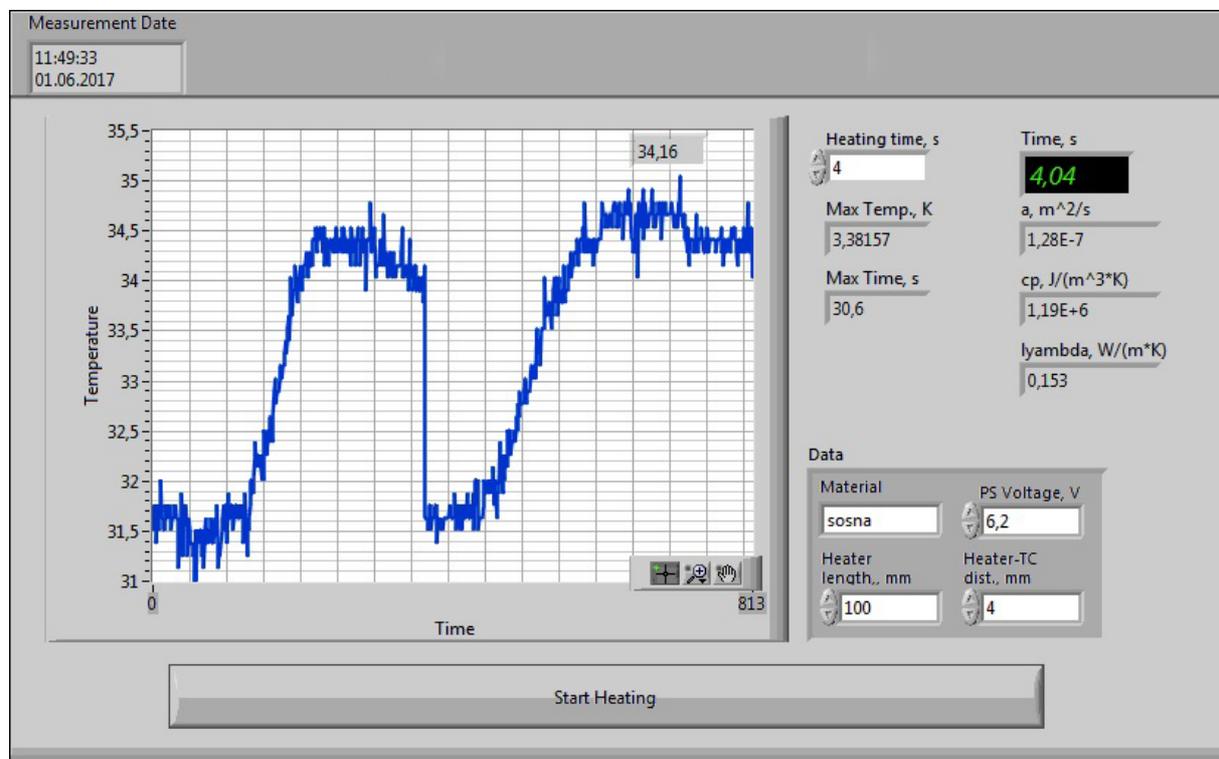


Рис. 1. Лицевая панель управления ходом эксперимента

На следующем этапе происходит обработка экспериментальных данных, вычисление и регистрация объемной теплоемкости, теплопроводности и коэффициента температуропроводности материала объекта контроля.

Для уменьшения теплового контактного сопротивления поверхности исследуемого образца, чувствительные элементы термоэлектрического преобразователя перед экспериментом смазываются силиконовым маслом ПМС-20.

Стоит отметить, что с помощью данной программы возможно также проведение удаленных экспериментов по каналам сети интернет.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»).

Список литературы

1. Теоретические и практические основы теплофизических измерений : монография / С. В. Пономарев и др. ; под ред. С. В. Пономарева. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 408 с.

2. Гуров, А. В. Измерение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты : монография / А. В. Гуров, С. В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 100 с.
3. Gurov, A. V. The choice of the optimum conditions for measuring the thermal properties of materials by the plane «instantaneous» heat source method / A. V. Gurov, G. A. Sosedov, S. V. Ponomarev // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55, № 10. – P. 1187 – 1192.
4. Пономарев, С. В. О выборе оптимальных условий измерения теплофизических свойств веществ методом линейного «мгновенного» источника тепла / С. В. Пономарев, И. Н. Исаева, С. Н. Мочалин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76, № 5. – С. 32 – 36.
5. Пат. РФ № 2534429. Способ измерения теплофизических свойств твердых материалов методом плоского мгновенного источника тепла / С. В. Пономарев, А. В. Гуров, А. Г. Дивин, Г. В. Шишкина ; опубл. 27.11.2014, Бюл. № 33.
6. Пат. РФ № 2601234. Способ измерения теплофизических свойств твердых материалов методом плоского импульсного источника тепла / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов, Г. В. Шишкина ; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30.
7. Optimization of Measurements of the Thermophysical Parameters of Heat-Insulating Materials by Means of a Linear Pulse Heat Source / S. V. Ponomarev, V. O. Bulanova, A. G. Divin, E. V. Bulanov // Measurement Techniques, September. – 2017. – V. 60, Is. 6. – P. 583 – 588.
8. Пономарев, С. В. Применение математических основ метрологии при оптимизации режимных параметров методов и основных конструкционных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ : монография / С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова ; под науч. ред. С. В. Пономарева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.
9. Минимизация погрешностей измерений коэффициентов теплопроводности и температуропроводности теплоизоляционных материалов методом плоского импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, Е. В. Буланов, В. О. Буланова, А. Г. Дивин // Измерительная техника. – 2018. – № 12. – С. 43 – 46.
10. Minimization of measurement errors of the coefficients of heat conductivity and thermal diffusivity of thermal insulating materials by the plane pulsed heat source method / S. V. Ponomarev, E. V. Bulanov, V. O. Bulanova, A. G. Divin // Measurement Technique. – 2019. – V. 61, № 12. – P. 1203 – 1208.

В. О. Буланова, студент кафедры «Мехатроника и технологические измерения»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ

Аннотация. С использованием полученных результатов [6] была изготовлена и отлажена установка для измерения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов. Была выполнена работа с целью получить практические оценки погрешностей экспериментального измерения теплофизических свойств материалов с применением разработанного метода линейного импульсного источника теплоты.

Ключевые слова: измерение, погрешности, минимизация, теплофизические свойства, средне-квадратичные оценки, измерительное устройство.

Используя методы метрологии и теории теплопроводности были разработаны [1 – 5]:

1) математические модели относительных погрешностей измерения объемной теплоемкости и коэффициента температуропроводности твердых материалов методом линейного импульсного источника теплоты;

2) создана методика выбора оптимальных условий проведения процесса обработки экспериментальных данных, основного конструкционного размера измерительного устройства, а также оптимальной длительности теплового импульса. С использованием полученных результатов [6] была изготовлена и отлажена установка для измерения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов. Была выполнена работа с целью получить практические оценки погрешностей экспериментального измерения теплофизических свойств (ТФС) материалов с применением разработанного метода линейного импульсного источника теплоты.

После изготовления и отладки измерительной ячейки, в процессе ее работы в составе информационно-измерительной системы (ИИС), сначала была выполнена работа с целью получить практические оценки погрешностей экспериментального измерения теплофизических свойств (ТФС) материалов с применением разработанного метода линейного импульсного источника теплоты.

Структурная схема измерительной установки изображена на рис. 1. Термоэлектрический преобразователь 8, в виде термопары типа ТХА НСХ ХА(К), подключен к нормализатору 2, усиливающему и линеаризирующему сигнал термопары. Посредством платы сбора данных 3 типа Е-14-140М фирмы L-CARD (Россия) измеряется сигнал термопреобразователя (э.д.с.), обрабатываемый в программе персонального компьютера 4, реализованной в среде программирования LabView. Программа также через дискретный выход платы сбора данных 3 управляет коммутатором 7, подключающим нагреватель 9 к блоку питания 6 на заданное время. Полученный температурный отклик обрабатывается в программе по описанной в [6] методике и вычисляются коэффициенты температуропроводности и объемной теплоемкости исследуемого материала.

В качестве исследуемого материала использовались клубни картофеля, с внутренней растительной тканью разного качества (рис. 2).

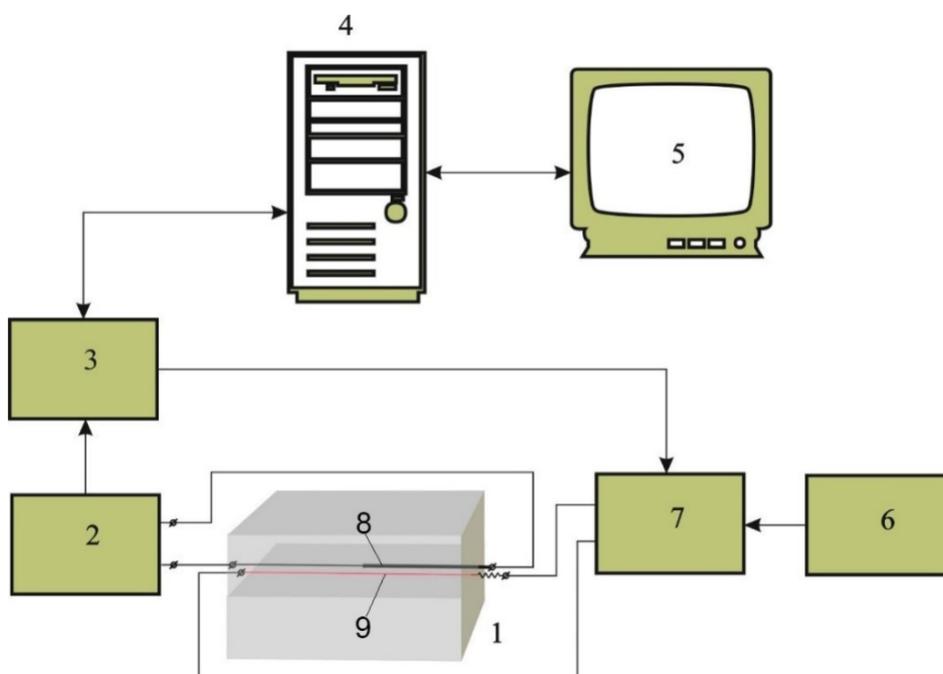


Рис. 1. Структурная схема измерительной установки



Рис. 2. Размещение термопреобразователя и нагревателя на растительной ткани клубня

Эксперименты с внутренней растительной тканью картофеля (табл. 1) показали, что эффективная теплопроводность здоровой ткани картофеля сорта «Удача», а также ее объемная теплоемкость несколько отличаются от дефектной, в частности от ткани, пораженной сухой гнилью, фитофторозом и альтернариозом. Различие теплофизических свойств тканей может быть объяснено разным содержанием в них воды, а также изменением их структуры.

В таблице 1 в первом блоке показаны среднеарифметические значения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности из пяти результатов измерений для здоровой растительной ткани картофеля. Границы доверительного интервала с учетом коэффициента Стьюдента отстоят от среднего значения на величину $\pm 0,01$ Вт/(м·К) и $\pm 0,15 \cdot 10^{-7}$ м²/с соответственно для коэффициентов теплопроводности и температуропроводности растительной ткани. Измеренные значения в выборке были получены для одного и того же клубня картофеля.

1. Теплофизические свойства здоровой и дефектной внутренних растительных тканей картофеля

Исследуемый образец	№ изм.	λ , Вт/(м·К)	a , ($\times 10^7$) м ² /с	c_p , ($\times 10^3$) кДж/(м ³ ·К)
Здоровая растительная ткань картофеля	1	0,515	1,412	3,647
	2	0,51	1,383	3,684
	3	0,491	1,441	3,436
	4	0,505	1,421	3,554
	5	0,514	1,43	3,594
	Мат. ожидание	0,507	1,417	3,56
	СКО	0,01	0,022	0,011
Растительная ткань картофеля, пораженного фитофторой	1	0,554	1,422	3,892
	2	0,542	1,462	3,707
	3	0,541	1,46	3,705
	4	0,561	1,36	4,125
	5	0,539	1,38	3,905
	Мат. ожидание	0,55	1,42	3,8
	СКО	0,009	0,046	0,017

В таблице 1 во втором блоке показаны среднеарифметические значения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности из пяти результатов измерений для растительной ткани картофеля, пораженного фитофторой. Границы доверительного интервала с учетом коэффициента Стьюдента отстоят от среднего значения на величину $\pm 0,025$ Вт/(м·К) и $\pm 0,15 \cdot 10^{-7}$ м²/с соответственно для коэффициентов теплопроводности и температуропроводности растительной ткани. Измеренные значения в выборке были получены для одного и того же клубня картофеля, но при разных положениях зонда.

Время активной стадии измерения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности, а также удельной объемной теплоемкости для одного исследуемого образца не превышает 1 мин, нагрев продукта при этом меньше 15 К, что вполне удовлетворяет требованиям сохранности первоначальных свойств исследуемого образца.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»).

Список литературы

1. Теоретические и практические основы теплофизических измерений : монография / С. В. Пономарев и др. ; под ред. С. В. Пономарева. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 408 с
2. Гуров, А. В. Измерение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты : монография / А. В. Гуров, С. В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 100 с.
3. Gurov, A. V. The choice of the optimum conditions for measuring the thermal properties of materials by the plane «instantaneous» heat source method / A. V. Gurov, G. A. Sosedov, S. V. Ponomarev // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55, № 10. – P. 1187 – 1192.
4. Пономарев, С. В. О выборе оптимальных условий измерения теплофизических свойств веществ методом линейного «мгновенного» источника тепла / С. В. Пономарев, И. Н. Исаева, С. Н. Мочалин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76, № 5. – С. 32 – 36.
5. Мочалин, С. Н. Измерение характеристик влагопереноса тонколистových капиллярно-пористых материалов методом «мгновенного» источника влаги : монография / С. Н. Мочалин, С. В. Пономарев. – М. : Спектр, 2010. – 100 с.
6. Оптимизация измерения теплофизических параметров теплоизоляционных материалов методом линейного импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов // Метрология. – 2017. – № 2. – С. 10 – 19.
7. Optimization of Measurements of the Thermophysical Parameters of Heat-Insulating Materials by Means of a Linear Pulse Heat Source / S. V. Ponomarev, V. O. Bulanova, A. G. Divin, E. V. Bulanov // Measurement Techniques, September. – 2017. – V. 60, Is. 6. – P. 583 – 588.
8. Пат. № 2613194. МПК G01N 25/18. Способ измерения теплофизических свойств анизотропных материалов методом линейного импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов, Г. В. Шишкина ; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8.
9. Пономарев, С. В. Применение математических основ метрологии при оптимизации режимных параметров методов и основных конструкционных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ : монография / С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова ; под науч. ред. С. В. Пономарева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.

А. И. Буренина, М. Д. Мордасов, студенты кафедры «Материалы и технология»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРА НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗАКАЛОЧНОЙ ЖИДКОСТИ «ТЕРМОВИТ – М» С ЗАДАННОЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Аннотация. Создана установка для определения скорости охлаждения стали при закалке. Подготовлен раствор на основе синтетической закалочной жидкости, позволяющей обеспечить заданную скорость охлаждения.

Ключевые слова: термообработка, закалка, охлаждающая жидкость, металлический сплав.

Одной из наиболее распространенных технологий упрочнения стальных деталей является закалка [1 – 3]. Закалка стали предусматривает нагрев металла и его последующее охлаждение в определенной среде. Температура нагрева стали под закалку должна быть выбрана в соответствии с составом металла. При проведении операции закалки немаловажным является выбор скорости охлаждения стали. Допущенные ошибки при выборе режимов закалки приведут к появлению закалочных трещин или мягкости поверхностного слоя.

Наиболее часто в качестве охлаждающих жидкостей при закалке применяются вода и масло. Стали с содержанием углерода от 0,3 до 0,6% обычно охлаждают в воде, а с большим содержанием углерода, например, стали 85ХФ, Х12, 9Х5ВФ, 65Г – в масле. При закалке в масле скорость охлаждения значительно меньше, чем в воде. Это уменьшает закалочные напряжения и опасность образования трещин. Масляная ванна имеет ряд недостатков: выделение вредных газов при закалке, образование налета на изделии, склонность масла к воспламеняемости, постепенное ухудшение закаливающей способности.

В последнее время широкое распространение получили синтетические закалочные жидкости – Термовит, Термисол, Аквагенсид и др. Преимущества этих сред перед маслами заключаются в улучшении экологических условий (чистота производственных помещений, отсутствие воспламенения, дыма, копоти и т.д.) и меньшая стоимость. Синтетические закалочные среды, в отличие от масла, не требуют периодически полной замены и утилизации, производится только корректировка раствора добавлением воды или концентрата, что позволяет добиться любой скорости охлаждения стали.

Настоящая работа посвящена разработке методики определения скорости охлаждения стали при закалке и приготовлению раствора на основе синтетической закалочной жидкости «Термовит – М» со скоростью охлаждения аналогичной скорости охлаждения в масле.

При проведении исследований приготовлен опытный образец рабочего раствора, по рекомендуемой методике, объемом 5 л. с концентрацией закалочной жидкости 3%. Опытный образец рабочего раствора занимал не более 2/3 емкости, в котором его готовили. Для измерения скорости охлаждения жидкости была разработана установка, включающая в себя цифровой вторичный прибор, к которому подключена термopара. Рабочий спай термopары помещен в отверстие стального образца таким образом, что этот спай находился внутри (в центре) данного образца. Размеры образца составляли 20×20×10 мм. Температура раствора в закалочном баке (рабочая температура) поддерживалась в диапазоне 20...30 °С.

Стальной образец (сталь 65Г) с вмонтированной в него термопарой помещался в печь СНОЛ 6/12, нагретую до 835 °С и выдерживался в течение 15 минут, после чего извлекался из печи и погружался в охлаждающую жидкость. и выдерживался в ней при постоянном перемешивании до температуры 23 °С. Параллельно процессу охлаждения образца, с момента его извлечения из печи, через определенные промежутки времени по цифровому вторичному прибору определялась температура. При аналогичных условиях определяли охлаждающую способность масла и воды. Полученные в ходе эксперимента кривые, показывающие динамику охлаждения, показаны на рис. 1.

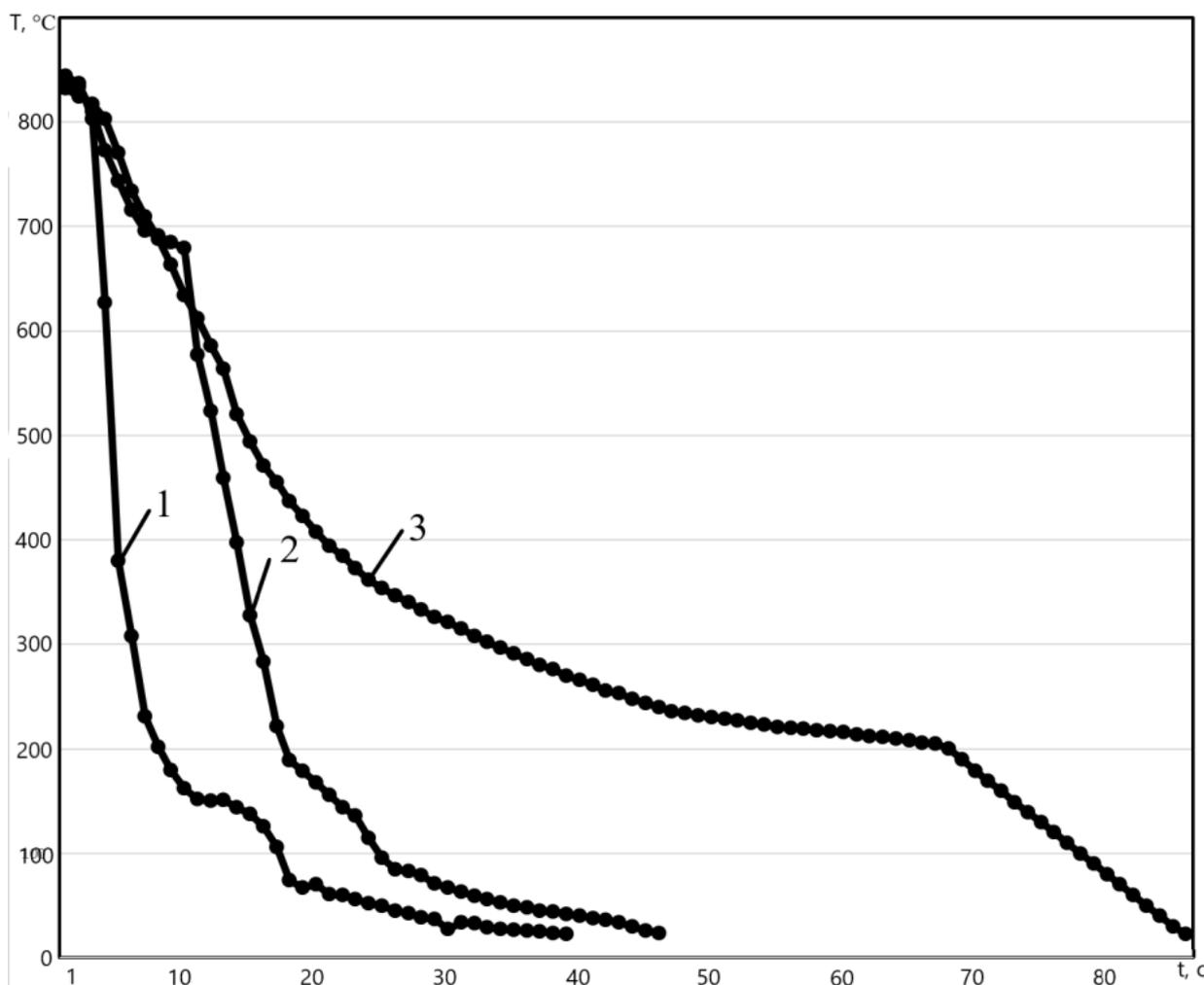


Рис. 1. Динамика охлаждения стали:

1 – в воде; 2 – в рабочем растворе с концентрацией закалочной жидкости 3%; 3 – в масле

В ходе эксперимента определена скорость охлаждения приготовленного раствора, которая составила 50,9 °С/с, при этом скорость охлаждения образца в воде – 136,5 °С/с, а в масле – 36,9 °С/с. Анализ полученных результатов показывает, что скорость охлаждения в приготовленном растворе превышает скорость охлаждения в масле в 1,7 раз, следовательно требуется коррекция состава охлаждающей жидкости. В результате проведенных расчетов концентрация закалочной жидкости рабочего раствора увеличена до 5%.

В результате эксперимента с закалкой в рабочий раствор с измененной концентрацией закалочной жидкости получена зависимость, представленная на рис. 2.

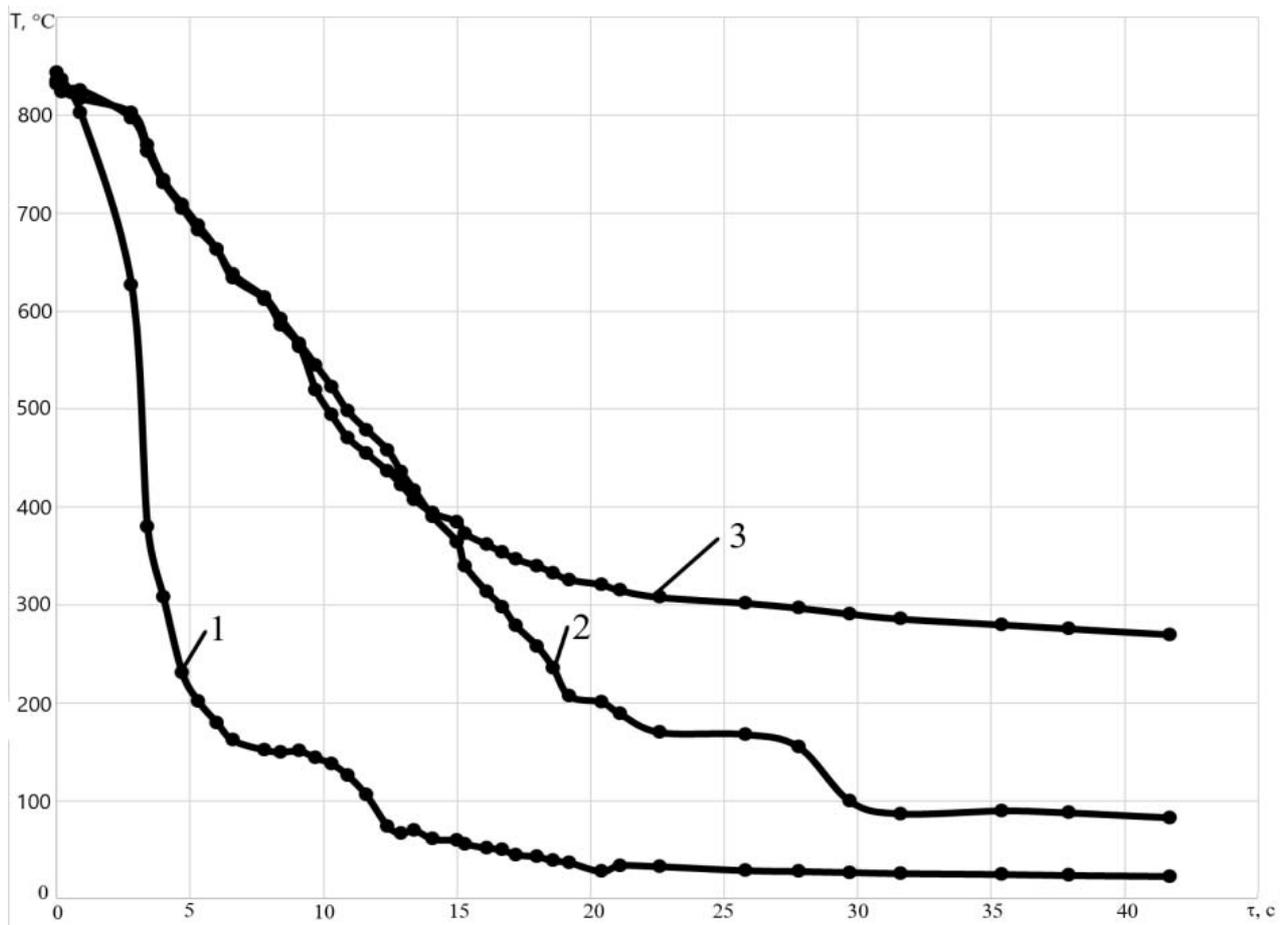


Рис. 2. Динамика охлаждения стали:

1 – в воде; 2 – в рабочем растворе с концентрацией закалочной жидкости 5%; 3 – в масле

Таким образом, в результате проведенных расчетов концентрации закалочной жидкости и экспериментальной проверки получена жидкость с охлаждающей способностью, аналогичной маслу, со скоростью охлаждения $36,2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$. Отличительной способностью полученного раствора является более равномерное изменение скорости охлаждения в диапазоне температур от 800 до $400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Список литературы

1. Мордасов, Д. М. Особенности термической обработки сварных соединений из стали 10X17H10M2T / Д. М. Мордасов, С. В. Зотов, Д. А. Черных // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : тез. докл. 3-й Междунар. конф. с элементами научной школы. – Тамбов, 2016 – С. 181 – 183.
2. Мордасов, Д. М. Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали X12MФ / Д. М. Мордасов, С. В. Зотов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 481 – 490.
3. Мордасов, М. Д. Влияние термической обработки на структуру стали 32Г2 / М. Д. Мордасов, Д. М. Мордасов // Семьдесят вторая Всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с междунар. участием. 24 апреля 2019 г., Ярославль : сб. матер. : в 3 ч. Ч. 2. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2019. – С. 525 – 527.

В. С. Верченков, студент, **А. В. Никитин**, студент,
А. П. Королев, канд. техн. наук, доц. кафедры «Материалы и технология»,
И. С. Филатов, канд. техн. наук, доц. кафедры «Материалы и технология»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ТУННЕЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ

Аннотация. Представлена методика исследования поверхности литых магнитотвердых материалов при помощи сканирующей зондовой микроскопии. Изготовлены образцы-свидетели из различных типов магнитотвердых материалов. Определены оптимальные режимы работы сканирующего зондового микроскопа. При помощи программного обеспечения получены изображения поверхности высококоэрцитивных сплавов, отличающихся химическим составом и способами формирования металлографической структуры. Установлены различия в структуре магнитных материалов, а также размерах ферромагнитных частиц, образующихся в результате термомагнитной обработки.

Ключевые слова: коэрцитивная сила, сканирующая зондовая микроскопия, анизотропная структура, литые магнитотвердые материалы.

Сложная анизотропная структура магнитов на основе (Co-Ni-Fe-Al)-сплавов во многом определяет их магнитные свойства. На такой параметр, как коэрцитивная сила существенное влияние оказывает не только способ изготовления магнитов, но и строгое соблюдение технологического процесса производства.

Одним из основных методов исследования структуры и свойств постоянных магнитов является сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – один из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением. Исследования магнитных материалов с использованием сканирующей зондовой микроскопии позволяют сделать выводы о характере воздействия термомагнитной обработки на структуру и параметры ферромагнитной α' -фазы.

В качестве образцов исследования были выбраны прямоугольные пластины размером $10 \times 10 \times 5$ мм из литых магнитотвердых материалов марок ЮНДК24 и ЮНДК24БА. Перед исследованием образцы подвергли полировке и химическому травлению для выявления микроструктуры, а также при помощи оптического микроскопа был проведен анализ на предмет поверхностных дефектов.

Исследуемые пластины помещаются на предметный стол сканирующего зондового микроскопа. При помощи зонда ($d = 0,1$ мм), изготовленного из платиноиридиевого сплава, проводится анализ поверхности, результаты которого обрабатываются встроенным пакетом программного обеспечения.

Основные параметры СЗМ для получения наилучшего качества были выбраны следующие:

- туннельный ток – 1 нА;
- туннельное напряжение системы обратной связи – 50 мВ;
- частота сканирования, определяющая разрешающую способность и качество изображения – 1 Гц;
- число точек сканирования – 512.

Полученные результаты сканированных поверхностей образцов литых магнитотвердых материалов марок ЮНДК24 и ЮНДК24БА представлены на рис. 1 – 4. При этом анализ поверхностей образцов проводился в направлении, параллельном плоскости сканирования и перпендикулярном воздействию магнитного поля.

Изображения, полученные в ходе сканирования поверхности литого постоянного магнита ЮНДК24 (рис. 1, 2), дают возможность сделать вывод о характере воздействия термомагнитной обработки на параметры и структуру ферромагнитной α' -фазы.

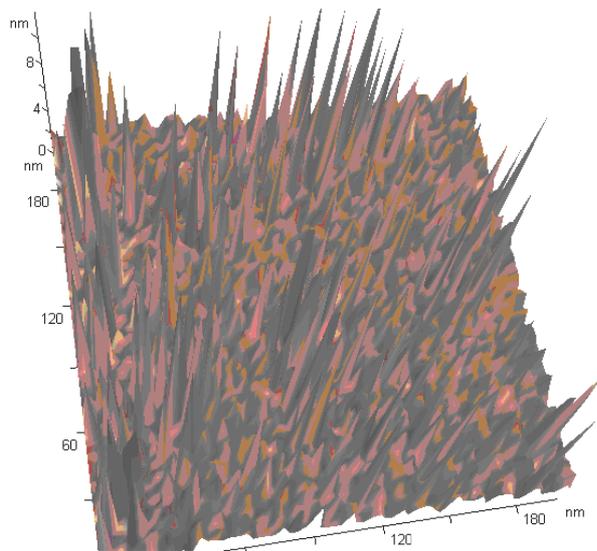


Рис. 1. 3D-изображение поверхности образца литого постоянного магнита ЮНДК24 в плоскости, перпендикулярной магнитному полю

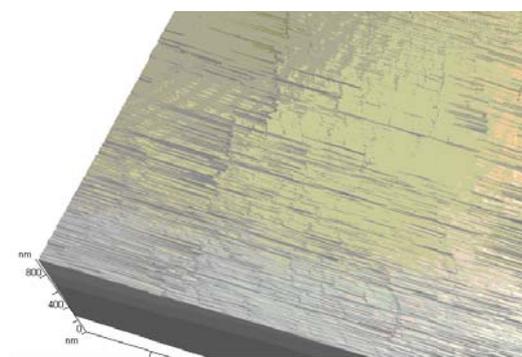


Рис. 2. Поверхность образца литого постоянного магнита ЮНДК24 в плоскости, параллельной магнитному полю

По форме выделения ферромагнитной фазы напоминают пластинки (темные полосы на рис. 2), данная форма объясняет их стремление к минимализации энергии упругой деформации, накапливаемой в процессе термической обработки. В процессе исследований изображений установилась некая закономерность в ориентированности выделившихся частиц, они ориентированы по направлению, совпадающим с приложенным внешним магнитным полем (пикообразные выделения, рис. 1), данный факт свидетельствует о формировании магнитной анизотропии. Средний размер частиц находится в установленных пределах существования однодомности, при этом частицы не образуют конгломератов. Полученные изображения структуры магнита ЮНДК24 позволяют получить представления о процессе термомагнитной обработки при скорости, близкой к критической, и при контролируемом охлаждении, что в свою очередь позволяет получить материал с необходимыми магнитными параметрами.

Размеры частиц α' -фазы, выделившиеся в процессе обработки, позволяют теоретически рассчитать величину коэрцитивной силы образцов. Значение параметра постоянного магнита, рассчитанное теоретически и измеренное при помощи лабораторной установки, практически совпадают, а величина ошибки находится в допустимых пределах.

Структура поверхности образца из литого магнитотвердого материала марки ЮНДК24БА представлена на рис. 3.

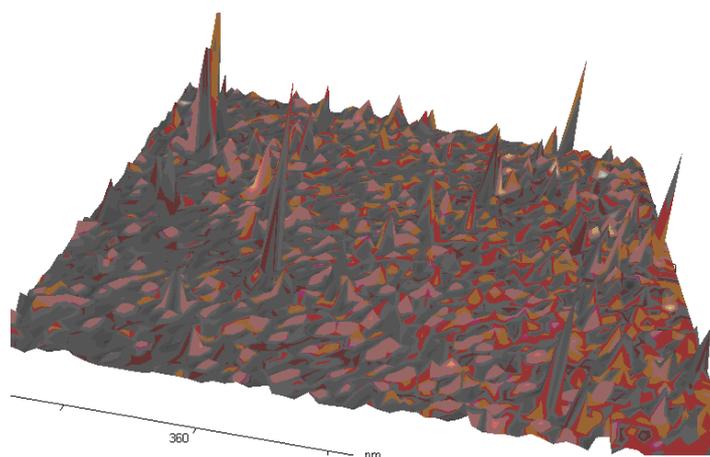


Рис. 3. 3D-изображение поверхности образца литого постоянного магнита ЮНДК24БА в плоскости, перпендикулярной магнитному полю

По сравнению с образцом марки ЮНДК24 наблюдается различие в размере ферромагнитной фазы в большую сторону. Частицы α' - фазы при этом более вытянуты и плотнее расположены друг к другу по направлению внешнего магнитного поля (рис. 4). Из этого можно сделать вывод, что образец из марки ЮНДК24БА имеет более высокие значения магнитных параметров, чем образец марки ЮНДК24.

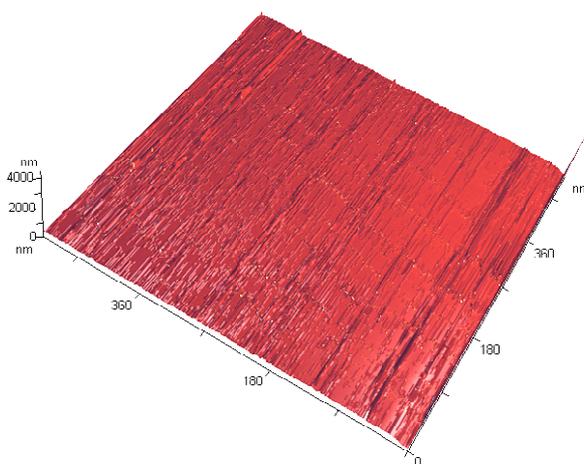


Рис. 4. Поверхность образца литого постоянного магнита ЮНДК24БА в плоскости, параллельной магнитному полю

Список литературы

1. Довгалецкий, Я. М. Легирование и термическая обработка магнитотвердых сплавов / Я. М. Довгалецкий. – М. : Metallurgy, 1971. – 176 с.
2. Лифшиц, Б. Г. Высококоэрцитивные сплавы / Б. Г. Лифшиц, В. С. Львов. – М. : Metallurgy, 1960. – 176 с.
3. Бозорт, Р. Ферромагнетизм : пер. с англ. / Р. Бозорт ; под ред. Е. И. Кондорского, Б. Г. Лившица. – М. : Изд-во иностр. лит., 1956. – 786 с.
4. Брусенцов, Ю. А. Применение электронной микроскопии для изучения структуры и свойств порошковых магнитов / Ю. А. Брусенцов, Л. Н. Тялина // Вестн. Тамб. гостехн. ун-та. – 1999. – Т. 5, № 4. – С. 634 – 637.

А. Н. Ветров, канд. техн. наук, старший педагог дополнительного образования
кафедры «Общетеоретические дисциплины»,
И. Т. Степаненко, канд. техн. наук, доцент, и.о. заведующего
кафедры «Общетеоретические дисциплины»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СРЕД

Аннотация. Предлагается комплексное использование телевизионного и тепловизионного датчиков изображения с целью повышения вероятности обнаружения пострадавших в завалах при катастрофах различного происхождения.

Ключевые слова: тепловизионное изображение, видеоизображение, тепловой контраст, сегмент теплового изображения.

Развитие тепловизионной аппаратуры расширяет возможности объективного визуального контроля над различными тепловыми процессами и режимами в биологических средах. Одним из наиболее важных таких аспектов можно назвать поиск пострадавших при различных техногенных и стихийных катастрофах. Здесь тепловизионная аппаратура уже нашла свое применение, но только при пожарах и как носимая на себе аппаратура спасателя [1]. Однако она не в полной мере является эффективной, поскольку формирует только тепловую картину объекта без его детализации, что не в полной мере может давать достоверную информацию [2]. С другой стороны, для дистанционного поиска пострадавших в завалах используется телевизионная аппаратура поиска [3]. Основным недостатком этой системы в том, что невозможно обнаружить пострадавшего, если он находится под слоем пыли или обломками здания.

В настоящей работе предлагается совместное (комплексное) использование телевизионной и тепловизионной систем наблюдения для дистанционного поиска пострадавших в завалах при техногенных катастрофах различного происхождения. При этом должна формироваться картина совмещенных изображений от обоих датчиков. Смысл в том, что каждая система будет компенсировать недостатки другой при сохранении своих преимуществ. Однако поскольку от тепловизионной системы наблюдения требуется выявление только каких-то тепловых превышений относительно общего фона, то тепловое изображение при наложении его на видеоизображение предполагается сегментировать именно по этим превышениям.

Модель формирования сегментов инфракрасного изображения по тепловому контрасту на общем тепловом фоне показана на рис. 1.

Рельеф поверхности инфракрасного изображения является двумерной функцией $f(x, y)$, дающей температурные величины каждой точки поверхности с координатами x и y , и имеющую следующие температурные значения:

t_{\min} – минимальная температура объекта;

t_{\max} – максимальная температура объекта.

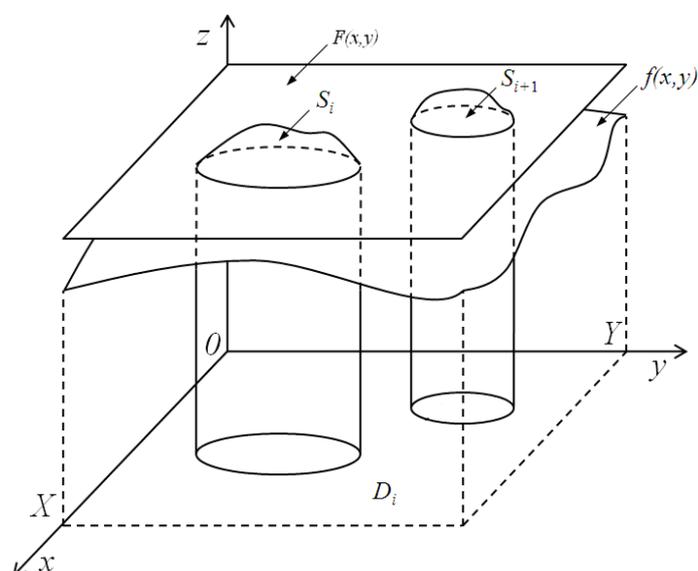


Рис. 1. Модель сегментации изображений по тепловому контрасту

Двойной интеграл от показанной функции $f(x, y)$ по полю изображения D_i в кадре инфракрасного изображения определяет уровень постоянной составляющей двумерного сигнала, которая, по сути, является средним значением теплового фона (постоянной составляющей сигнала):

$$F(x, y) = \iint_{D_i} f(x, y) dx dy .$$

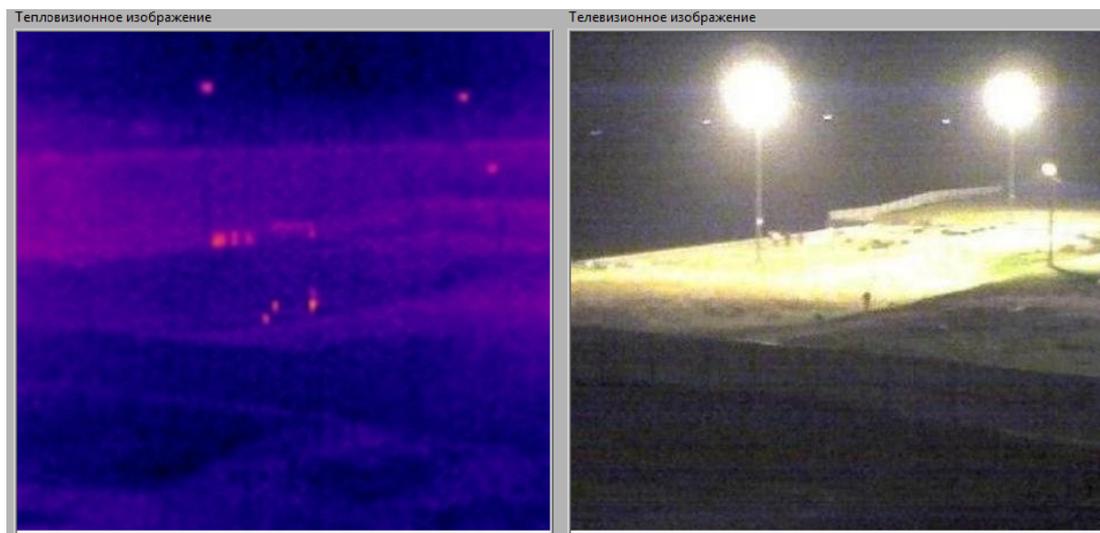
Изолированные сегменты S_i и S_{i+1} (рис. 1) показывают наличие областей заданного превышения температур между функциями исходного изображения и его постоянной составляющей. Задачей является выделение этих сегментов из общего изображения, что сводится к вычитанию постоянной составляющей из исходного изображения. Результирующий этап – это наложение выделенных сегментов на видеоизображение того же объекта. Для выполнения указанных операций был выбран язык программирования LabVIEW, так как он предназначен для сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и процессами. Объектами обработки изображений выбраны панорама стадиона в темное время суток с находящимися на нем людьми (рис. 2). Здесь даны тепловизионное изображение (рис. 2, а) и видеоизображение (рис. 2, б).

Результат совмещения видеоизображения и сегментов инфракрасного изображений показан на рис. 3. Исследуемый способ выделения температурных сегментов тепловизионного изображения выполнен по цвету пикселей температурного превышения. Представленная методика указывает на необходимость присутствия базы данных для определения пороговых значений температурных превышений. К таким данным могут относиться температура окружающей среды, минимальная и максимальная температура объектов поиска, время после происшествия.

На полученном изображении легко выделить человеческие фигуры, но таким же цветом отмечены лампы освещения. Однако это легко определяется по видеоизображению.

Новизна предложенного метода заключается в алгоритме определения сегмента тепловизионного изображения с заданным тепловым контрастом по отношению к тепловому фону. Техническая новизна метода заключается в одновременном поиске пострадавших

по совмещенным изображениям в двух областях электромагнитного спектра. Компьютерное моделирование комплексной поисковой системы показало увеличение вероятности обнаружения на 60%.



а)

б)

Рис. 2. Тепловизионное изображение (а) и видеозображение (б)



Рис. 3. Совмещенные изображения

Список литературы и источников

1. Детекторы присутствия от компании Theben HTS [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.kapro.ua/articles/35/>
2. Ковалев, А. В. Тепловизор сегодня / А. В. Ковалев, В. Г. Федчишин, М. И. Щербаков // Спецавтотранспорт. – 1999. – Вып. 3. – С. 13 – 18 ; Вып. 4. – С. 19 – 23.
3. Учебник спасателя / С. К. Шойгу, М. И. Фалеев, Г. Н. Кириллов и др. ; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар : Сов. Кубань, 2002. – 528 с.

О. С. Дмитриев, д-р техн. наук, проф. заведующий кафедрой «Физика»,
А. А. Барсуков (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Аннотация. Приведен калориметрический метод определения кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов, основанный на измерении мощности тепловыделений в двух различных температурно-временных режимах. Представлены экспериментальные графики мощности тепловыделений и кинетических характеристик процесса отверждения углепластика. Выполнено моделирование кинетической функции с помощью различных моделей и проведено их сравнение.

Ключевые слова: калориметрия, кинетические характеристики, полимерные композиты.

Полимерные композиты (ПК) на основе термореактивных связующих используются во многих областях промышленности, заменяя традиционные материалы. Главным условием качества изделий из ПК является оптимальный температурно-временной режим процесса отверждения [1]. Определение оптимальных режимов отверждения требует применения математических моделей и идентификацию их параметров, включая теплофизические, кинетические, реологические и диэлектрические характеристики [2 – 4].

Ключевыми параметрами математической модели процесса отверждения являются кинетические характеристики, такие как энергия активации $E(\beta)$ и кинетическая функция отверждения $\varphi(\beta)$. Определение данных характеристик может проводиться различными методами, в зависимости от вида регистрируемой величины [5].

Химический метод определения кинетики основан на экстракции непрореагировавших реакционноспособных групп и пиролиза связующего из армирующего наполнителя. Физико-химические методы определения кинетики процесса отверждения имеют большую точность и распространенность. К ним относится калориметрический метод, в котором рост температуры, вызванный внутренними тепловыделениями при отверждении, является источником информации о кинетике процесса отверждения. Поэтому кинетические характеристики, т.е. энергию активации E и кинетическую функцию φ возможно определить по мощности тепловыделений.

Математическая модель кинетики отверждения ПК имеет вид:

$$\frac{d\beta}{dt} = \varphi(\beta) \exp\left(-\frac{E(\beta)}{RT(t)}\right), \quad \beta \equiv \beta(t), \quad 0 < t \leq t_K. \quad (1)$$

Кинетическую функцию $\varphi(\beta)$ в зависимости от типа процесса отверждения обычно моделируют следующими выражениями [5]:

$$\varphi(\beta) = K(1-\beta)^m, \quad (2)$$

$$\varphi(\beta) = K\beta^n(1-\beta)^m, \quad (3)$$

$$\varphi(\beta) = K(1-\beta) \cdot (1+k_0\beta)^m, \quad (4)$$

где m, n – порядки реакции; K – константа скорости химической реакции.

Представленные выражения кинетических функций получены на основе изучения различных стадий процесса отверждения композитов и являются аппроксимацией кинетики процесса. Поэтому в зависимости от типа реакции отверждения можно получить соответствующее кинетическое уравнение. На рисунках 1 и 2 показаны экспериментальные графики мощности тепловыделений W и вычисленные по мощности тепловыделений W и тепловому эффекту Q кинетические характеристики процесса отверждения углепластика $E(\beta)$ и $\varphi(\beta)$.

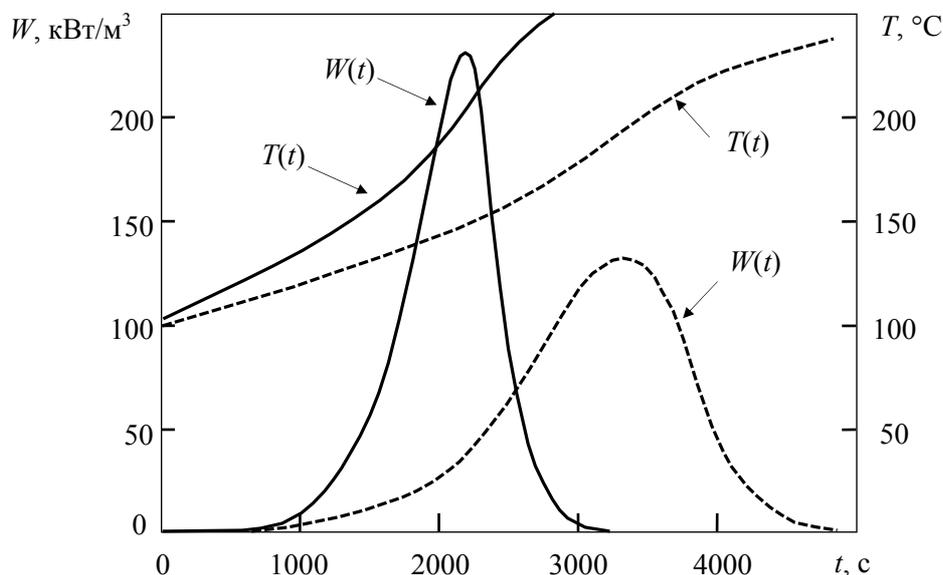


Рис. 1. Мощность тепловыделений при отверждении углепластика

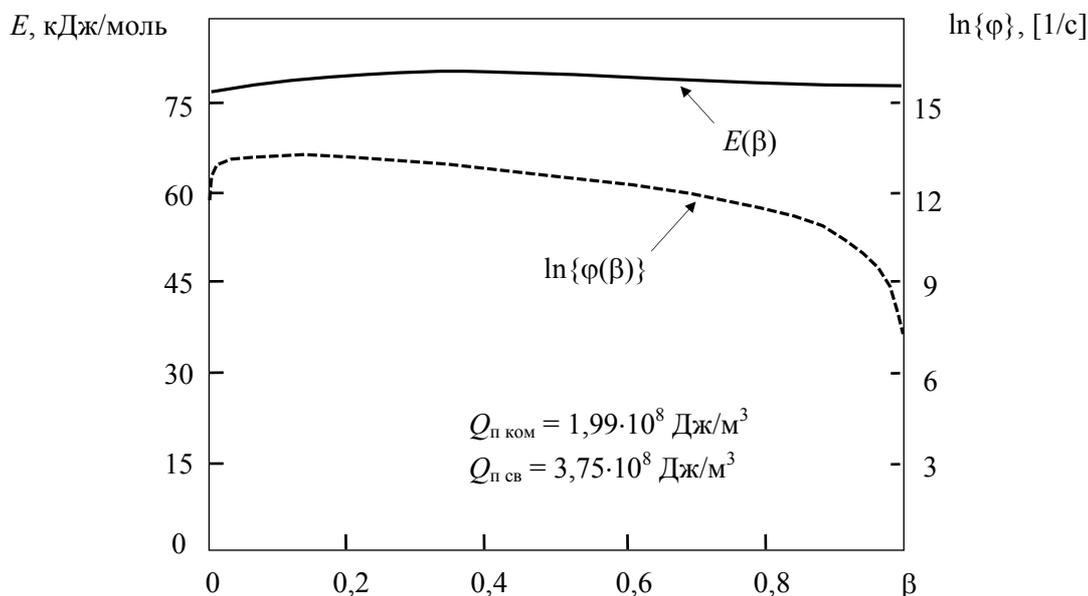


Рис. 2. Кинетические характеристики отверждения углепластика

Из приведенных графиков видно, что мощность тепловыделений W имеет экстремум, который соответствует переходу связующего из жидкого состояния в гелеобразное и затем в отвержденное. При увеличении скорости нагрева экстремум тепловыделений W сдвигается в область повышенных температур. При этом продолжительность тепловыделений и время

гелеобразования с ростом скорости нагрева уменьшается. Площадь под кривой тепловыделений $W(t)$ характеризует полный тепловой эффект Q_p реакции отверждения связующего, а отношение теплового эффекта Q к полному тепловому эффекту Q_p соответствует калориметрической степени отверждения β . Для расчета кинетических характеристик $E(\beta)$ и $\varphi(\beta)$ достаточно двух температурно-временных зависимостей мощности тепловыделений $W_1(t)$, $W_2(t)$. Вычисленная на основе этих данных энергия активации $E(\beta)$ имеет слабую зависимость от степени отверждения и ее можно представить как константу E . Кинетическая функция $\varphi(\beta)$ в пределах изменения степени отверждения β от 0 до 1 изменяется на несколько порядков и, аппроксимировав ее по одной из вышеприведенных формул, возможно использовать для моделирования процесса отверждения ПК.

Выполним математическое моделирование кинетической функции $\varphi(\beta)$ процесса отверждения с помощью уравнений (2 – 4) и сравним их с экспериментальными данными. Для этого по экспериментальным данным, полученным при отверждении углепластика, вычислим параметры каждой из моделей кинетики. Полученные данные сведены в табл. 1.

1. Результаты расчета по экспериментальным данным параметров моделей кинетики

Модель 1	Модель 2	Модель 3
$\varphi(\beta) = K(1-\beta)^m$	$\varphi(\beta) = K\beta^n(1-\beta)^m$	$\varphi(\beta) = K(1-\beta) \cdot (1+k_0\beta)^m$
$K = 1,093 \cdot 10^6$	$K = 1,15 \cdot 10^6$	$K = 1,15 \cdot 10^6$
$m = 1,25$	$m = 1,26$	$k_0 = -0,66$
	$n = 0,02$	

Графическое сравнение результатов математического моделирования представлено на рис. 3. Из графиков видно, что модели 1 и 2 наиболее точно описывают изменение кинетической функции $\varphi(\beta)$ углепластика и, соответственно, могут использоваться для моделирования процесса отверждения композита.

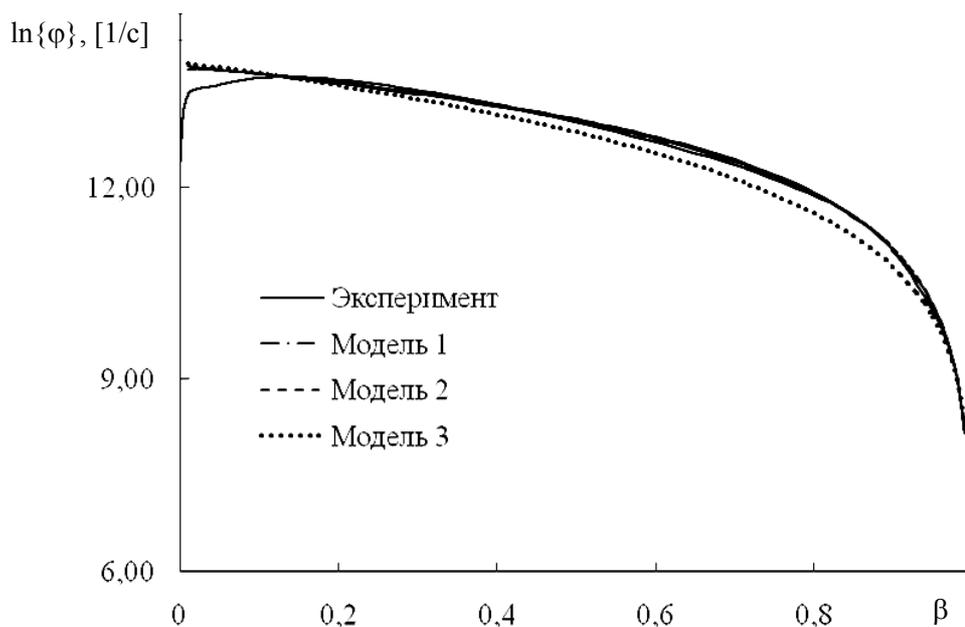


Рис. 3. Моделирование кинетической функции процесса отверждения углепластика

Однако, параметры моделей кинетики определяются эмпирически и имеют погрешности, поэтому актуальна разработка системы поддержки принятия решений, которая позволит определять наиболее подходящую модель кинетики для каждого конкретного процесса отверждения.

Таким образом, рассмотрена возможность применения калориметрического метода для определения кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов и последующего моделирования кинетической функции с помощью различных моделей.

Список литературы

1. Optimization of Curing Cycles Products of the Polymer Composite Materials on Base of Glutinous Prepregs / O. S. Dmitriev, S. V. Mischenko, S. O. Dmitriev, V. N. Kirillov // *Polymer Science, Series D.* – 2009. – V. 2, № 4. – P. 223 – 229.
2. Дмитриев, О. С. Метод исследования параметров течения связующего при отверждении композитов / О. С. Дмитриев, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев // *Вестник Тамбовского государственного технического университета.* – 2005. – Т. 11, № 1. – С. 53 – 61.
3. Исследование корреляции диэлектрической и калориметрической степени отверждения углепластиков / О. С. Дмитриев, С. В. Мищенко, В. Н. Кириллов, А. О. Дмитриев // *Вестник Тамбовского государственного технического университета.* – 2004. – Т. 10, № 1-2. – С. 195 – 200.
4. Автоматизированная система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С. В. Мищенко, О. С. Дмитриев, Н. П. Пучков, А. В. Шаповалов // *Промышленная теплотехника.* – 1989. – Т. 11, № 5. – С. 79 – 84.
5. Kamal M. R. and Sourour S. Kinetics and thermal characterization of thermoset cure // *Polymer Engineering and Science.* – 1973. – V. 13, № 1. – P. 59 – 64.

О. В. Закаличная, заведующий лабораторией кафедры землеустройства и кадастра Академии биоресурсов и природопользования,
А. Ю. Мельничук, д-р техн- наук, доц., заведующий кафедрой землеустройства и кадастра Академии биоресурсов и природопользования
(Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ АГРАРНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Аннотация. Рассмотрены экологические аспекты устойчивого развития землепользования. Проведена оценка экологической устойчивости сельскохозяйственной территории Симферопольского района.

Ключевые слова: экологическая устойчивость землепользования, водная эрозия.

Проблемам устойчивого развития, в том числе формированию экологически устойчивых систем посвящены работы многих ученых и деятельность международных организаций: Комиссии по устойчивому развитию Организации Объединенных Наций (КУР ООН), Всемирного Банка, Научного комитета по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др. Под устойчивым развитием («sustainable development») принято понимать «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности» [1]. Несмотря на то, что в настоящее время концепция устойчивого развития не нова, существует ряд актуальных нерешенных вопросов в части формирования методологии измерения, оценки и выбора системы индикаторов устойчивости в различных сферах.

В области устойчивого управления земельными ресурсами (УУЗР) известны международные проекты, которые направлены на снижение темпов деградации и опустынивания: FAO-LADA (Оценка деградации земель в засушливых регионах), LQI (Показатели качества земли), ИСЦАУЗР (Инициатива стран Центральной Азии по управлению земельными ресурсами) и др. [2].

В Российской Федерации государственная политика в области экологического развития направлена на сохранение и восстановление природных экосистем, повышение качества жизни людей вследствие поддержания высокого качества окружающей среды и в целом соответствует принципам устойчивого развития. Отдельно разработаны системы региональных индикаторов устойчивого развития для Самарской, Воронежской, Томской и Кемеровской областей, однако состояние земельных ресурсов, на наш взгляд, учитывается недостаточно. Программы развития Республики Крым и ее отдельных регионов, а также законодательные акты направлены на достижение устойчивого развития, но индикаторы не разработаны.

Среди отечественных ученых важность земельных ресурсов в устойчивом развитии сельскохозяйственных территорий отмечена С. Н. Волковым, Н. В. Комовым, В. Д. Постоловым и др. [3 – 5].

Цель исследования заключается в определении и оценке индикаторов экологической устойчивости аграрного землепользования на примере Симферопольского района Республики Крым. Территория района характеризуется значительной расчлененностью рельефа,

мозаичностью почвенного покрова и разной степенью эродированности Предгорной части. В целом по району смытые в разной степени почвы составляют 35,5%; намывные – 2,5% обследованных площадей [6, 7]. Существенное влияние на интенсивность эрозионных процессов оказывают морфометрические характеристики рельефа (крутизна, длина, форма склона) и преобладание ливневых осадков (повторяемость жидких – 78%, смешанных – 14%). Распределение осадков увеличивается с повышением высоты местности: в холодный период выпадает от 150...200 мм до 450...500 мм; в теплый – от 200...350 мм до 450...500 мм. Повторяемость аномалий: в 50-60 % случаев количество осадков составляет ± 20 мм от месячной нормы, в 78...80% не более ± 30 мм, максимум приходится на июнь (62 мм) и август (66 мм) [8]. Исходя из приведенных выше данных нами проведено зонирование территории района по вероятности развития эрозионных процессов (рис. 1).

Информационную базу исследования составили: статистические и метеорологические данные, цифровая модель рельефа, построенная на основе матрицы высот ALOS AW3D30 DSM, по которой рассчитаны топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index, TWI, интерпретируется как потенциал поверхностного стока) и индекс шероховатости (Melton ruggedness number, MRN, соотносится с накоплением поверхностного стока) [8 – 11]. Итоговая картограмма построена путем нормализации с использованием принадлежности Линейного типа инструмента «Нечеткое множество».

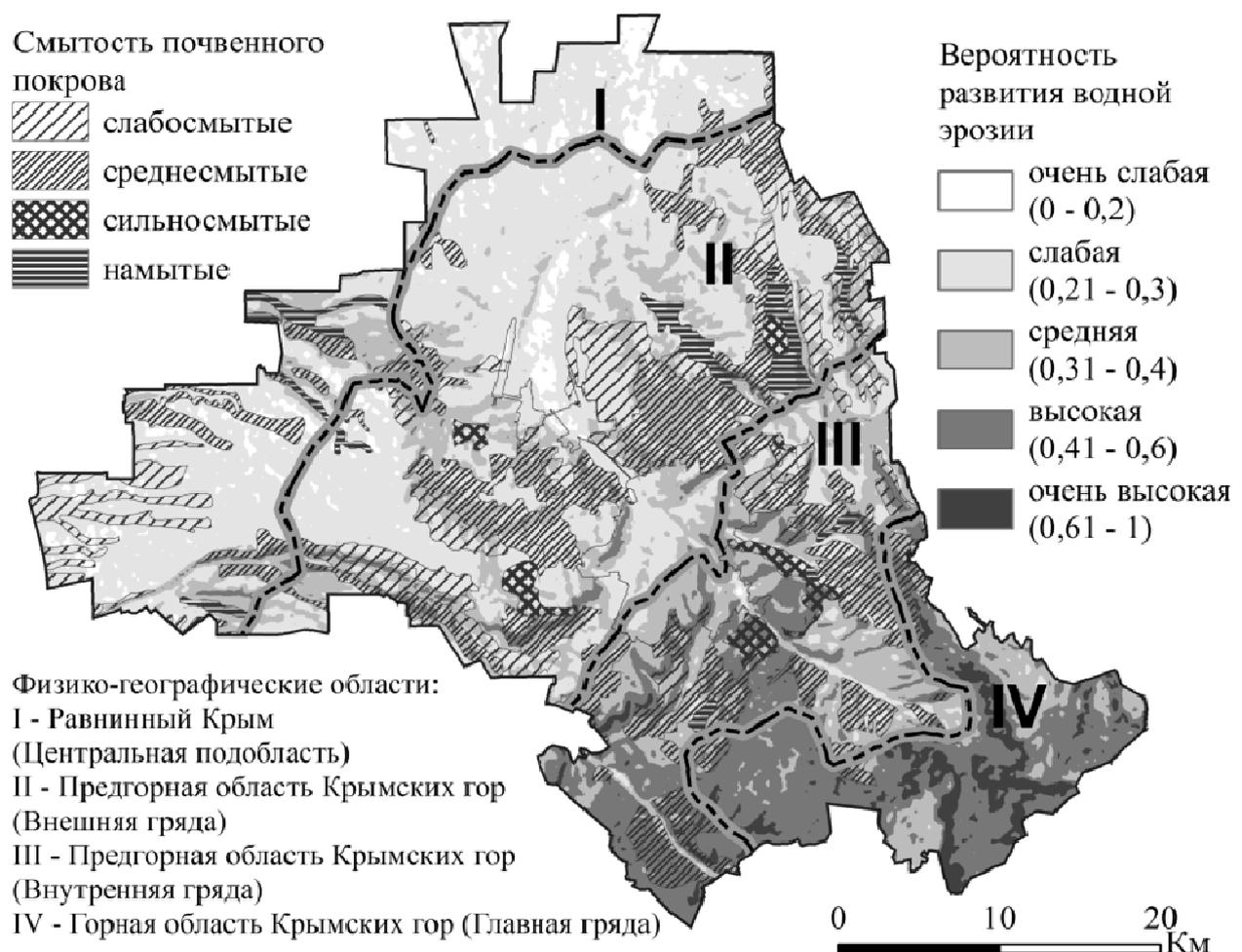


Рис. 1. Пространственная локализация вероятностей развития водной эрозии на территории Симферопольского района Республики Крым

В результате выделены участки с очень высокой вероятностью развития эрозионных процессов (2,3% территории района), приуроченные к склонам крутизной более 15°. Высокая вероятность развития водной эрозии (16,9% территории) выявлена на склонах крутизной более 7°. Средняя вероятность (30,1% территории) характерна для сельскохозяйственных угодий с уклонами 3...5°. Слабая и очень слабая вероятности развития водной эрозии характерны для 47,2 и 3,5% территории района соответственно.

По результатам анализа пространственной локализации земель установлено, что сельскохозяйственные угодья расположены в зонах со слабой и средней (88,5%) вероятностями развития эрозионных процессов, очень слабой вероятностью (4,5%), высокой и очень высокой – 7,2% угодий.

Для оценки экологической устойчивости землепользования использованы индикаторы и коэффициенты, предложенные в работах [2, 3] (табл. 1).

1. Динамика экологических индикаторов устойчивости землепользования Симферопольского района Республики Крым

№ п/п	Индикатор	Годы					Отклонение 2018 – 2002 гг.
		2002	2006	2010	2014	2018	
1.	Сельскохозяйственная освоенность территории, %	73,4	73,4	72,7	72,2	70,3	-3,1
2.	Распаханность территории, %	50,3	51,3	51,2	51,0	51,0	+0,7
3.	Доля земель водного фонда, %	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	+0,2
4.	Доля земель лесного фонда, %	15,9	15,9	15,9	15,9	12,2	-3,7
5.	Полезная облесенность, %	2,4	2,1	2,1	2,1	1,0	-1,3
6.	Антропогенная освоенность территории, %	77,7	77,7	77,7	77,7	77,9	+0,2
7.	Коэффициент экологической стабильности территории	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	-0,01

Кроме приведенных в табл. 1, экологические индикаторы устойчивости землепользования включают также показатели оценки предрасположенности территории к водной эрозии.

В целом, в исследуемом районе складывается неблагоприятная динамика по 5 из 7 рассмотренных экологических индикаторов устойчивости землепользования. Следует отметить, что снижение показателя сельскохозяйственной освоенности территории (-3,1) и незначительное увеличение доли земель водного фонда (+0,2) являются благоприятными факторами устойчивости земельного фонда.

Таким образом, сложившаяся система землепользования в Симферопольском районе свидетельствует об экологической неустойчивости сельскохозяйственных территорий. Исходя из сложившейся ситуации в землепользовании нами рекомендуется:

- уделять особое внимание природоохранным мероприятиям при разработке проектов землеустройства;
- оптимизировать соотношение сельскохозяйственных и экологостабилизирующих угодий;
- осуществлять систематический мониторинг почвенного покрова на предмет развития эрозионных процессов и качественных показателей состояния почв (баланс гумуса, кислотность, загрязнение и т.п.).

Список литературы

1. Наше общее будущее // Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. – М. : Прогресс, 1989. – 374 с.
2. Schwilch G., Liniger H., Hurni H. Sustainable Land Management (SLM) Practices in Drylands: How Do They Address Desertification Threats? // Environmental Management. – 2013. – 54 p.
3. Волков, С. Н. Землеустройство. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство / С. Н. Волков. – М. : Колос, 2001. – 648 с.
4. Комов, Н. В. Роль земельных ресурсов в устойчивом развитии России // Экономика и экология территориальных образований / Н. В. Комов. – 2015. – № 4. – С. 7 – 13.
5. Постолов, В. Д. Конструирование агроландшафтов как способ повышения экологической устойчивости землепользования / В. Д. Постолов, В. Темнышова, В. Лютова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2. – С. 351 – 354.
6. Ергина, Е. И. Географический анализ допустимых норм эрозии почв в агроландшафтах Крымского полуострова / Е. И. Ергина, Р. В. Горбунов, А. Д. Щербина. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018, – 180 с.
7. Карта почв Украинской ССР. Масштаб 1:200000. / Гл. редактор – Крупский М. К. // Министерство сельского хозяйства УССР, Респ. проектный инст. «Укрземпроект». – 1967.
8. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / под ред. К. Т. Логвинова, М. Б. Барабаш. – Л. : Гидрометеоиздат, 1982. – 317 с.
9. Структура, динамика и распределение земельного фонда Симферопольского района Республики Крым (по состоянию на 01.01.2002 – 01.01.2014 годы) // Респ. комитет по земельным ресурсам. – Симферополь : [б. и.]. – 2002 – 2014 гг.
10. Отчет о наличии земель и распределении их по формам собственности, категориям, угодьям и пользователям Симферопольского района Республики Крым (по состоянию на 01.01.2015 – 01.01.2019 годы) / Госкомрегистр РК. – Симферополь : [б. и.]. – 2015 – 2019 гг.
11. Цифровое моделирование рельефа в оценке вероятности развития эрозионных процессов в северных регионах страны / Е. В. Полякова, Ю. Г. Кутинов, А. Л. Минеев, З. Б. Чистова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 95 – 104

Ф. Е. Карпенко, Е. И. Глинкин, д-р техн. наук, профессор
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАЛИБРОВКИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Проведен анализ технологии вычисления алгоритмов калибровки оптимальных параметров калибровочной характеристики осциллограммы систолического артериального давления за счет замены сложной калибровочной функции тождественным эквивалентом в явной форме.

Ключевые слова: метод измерения, артериальное давление, информативные параметры, предельная амплитуда, постоянная времени.

Артериальное давление (АД) является важнейшим показателем работы сердечно-сосудистой системы. Приборы для его измерения (тонометры) являются одними из самых распространенных бытовых приборов медицинского назначения. В подавляющем большинстве автоматических цифровых тонометров применяется осциллометрический способ, согласно которому для определения моментов компенсации анализируются амплитуды пульсаций давления в окклюзионной манжете, а также проводится калибровка оптимальных параметров.

Вычисление алгоритмов калибровки оптимальных параметров калибровочных характеристик усложняется пропорционально повышению гибкости калибровочных характеристик от простого режима 1.1 с известными параметрами к режиму 0.1 с одной неизвестной компенсационной характеристикой.

Например, осциллограмма систолического артериального давления тождественна динамической характеристике амплитуды напряжения U во времени t и адекватна алгебраической модели

$$U = U_0(e^{t/T} - 1) \quad (1)$$

с постоянными параметрами: U_0 – предельное значение амплитуды осциллограммы и T – постоянная времени. Постоянные параметры U_0 и T служат асимптотами, регламентирующими в декартовой системе координат $U(t)$ калибровочную характеристику (1), и являются нормируемыми мерами отсчета, которые калибруют известными образцами в нормированных границах адаптивного диапазона по алгоритмам оптимизации.

1. Режим калибровки 1.1

Проведен анализ расчета постоянных параметров калибровочной характеристики осциллограммы систолического артериального давления (САД) при отождествлении с эквивалентом за счет оптимизации их алгоритмов по нормированным границам адаптивного диапазона.

Режим калибровки 1.1 отождествляет калибровочную характеристику U_i с действительным значением U_{di} эквивалента $U_{0i} = U_{di}$ за счет нормирования по образцам U_1, U_2 границ адаптивного диапазона постоянных параметров U_0, T при оптимизации их алгоритмов.

Алгоритмы оптимизации двух параметров U_0, T требуют два измерения известных образцов U_1, U_2 в моменты времени t_1 и $t_2 = nt_1$, где $n = 2, 3, \dots$ – коэффициент кратности.

Алгоритм оптимизации постоянной времени T находят из решения системы двух уравнений

$$\begin{cases} U_1 = U_0(e^{t_1/T} - 1), \\ U_2 = U_0(e^{t_2/T} - 1), \end{cases} \quad (2)$$

в виде отношения

$$T = \frac{t_1}{\ln(U_2/U_1 - 1)}. \quad (2a)$$

Алгоритм оптимизации (2a) требует измерения известных образцов U_1, U_2 в бинарные моменты времени t_1 и $t_2 = 2t_1$, оптимизацию постоянной времени T по нормируемым образцам нижней U_1 и верхней U_2 границ адаптивного диапазона, как отношение момента времени t_1 к логарифмическому диапазону амплитуды осциллограммы САД.

Алгоритм оптимизации второго параметра U_0 вычисляют из инверсной (2) системы уравнений

$$\begin{cases} t_1 = T \ln(1 + U_1/U_0), \\ t_2 = T \ln(1 + U_2/U_0), \end{cases} \quad (3)$$

тогда алгоритм оптимизации предельного значения амплитуды осциллограммы представлен отношением

$$U_0 = \frac{U_1}{U_2/U_1 - 2}. \quad (3a)$$

Алгоритм оптимизации (3a) диктует измерение известных образцов U_1, U_2 в бинарные моменты времени t_1 и $t_2 = 2t_1$, оптимизацию предельного значения амплитуды осциллограммы U_0 по нормируемым образцам нижней U_1 и верхней U_2 границ адаптивного диапазона, как отношение первой границы U_1 к диапазону $U_2 - 2U_1$ амплитуды осциллограммы САД.

2. Режим калибровки 0.1

Приведен расчет переменного параметра калибровочной характеристики предельного значения амплитуды осциллограммы САД, компенсирующей незнание параметра постоянной времени, заданной произвольно методом тождественной замены эквивалентом исследуемого режима. Необходимо вычислить алгоритмы оптимизации неизвестных, но существующих параметров постоянной времени T и предельного значения U_0 экспериментальной характеристики U_{0i} , отражаемой искаженной характеристикой U_i с произвольным параметром T^* постоянной времени и переменным параметром предельной амплитуды U_{0i} САД. Согласно модели (1) составим систему уравнений из эталонной $U_{\exists i}$ и исследуемой U_i характеристик для формирования калибровочной функции U_{0i} :

$$\begin{cases} U_{\exists i} = U_0(e^{t_{0i}/T} - 1), \\ U_i = U_{0i}(e^{t_i/T^*} - 1). \end{cases} \quad (4)$$

выразим калибровочную характеристику U_{0i} режима 0.1

$$U_{0i} = \frac{U_i U_0 (e^{t_{0i}/T} - 1)}{U_{\exists i} (e^{t_i/T^*} - 1)}. \quad (4a)$$

Калибровочная характеристика (4а) может служить для расчета алгоритмов оптимизации двух параметров U_0, T эквивалента $U_{\Delta i}$, которые находят из системы двух уравнений модели (4а) в кратные моменты времени t_1 и $t_2 = 2t_1$ измеренных амплитуд U_{01} и U_{02} :

$$\begin{cases} U_{01} = \frac{U_1 U_0 (e^{t_1/T} - 1)}{U_{\Delta 1} (e^{t_1/T^*} - 1)}, \\ U_{02} = \frac{U_2 U_0 (e^{t_2/T} - 1)}{U_{\Delta 2} (e^{t_2/T^*} - 1)}. \end{cases} \quad (4б)$$

Решение системы (4б) затруднительно из-за громоздкости уравнений, поэтому для упрощения техники вычисления и получения решения алгоритмов оптимизации параметров в явном виде введем замену-эквивалент U_{i1} , тождественную комплексу характеристик

$$U_{i1} = \frac{U_{\Delta i}}{U_i} U_{0i} (e^{t_i/T^*} - 1) \quad (5)$$

для i -х измерений границ диапазона, где $i = 1, 2$. Введение замены-эквивалента приводит сложную систему (4а) к простой структуре, тождественной эквиваленту (2) режима калибровки 1.1:

$$U_{i1} = U_0 (e^{t_i/T} - 1) \quad (5а)$$

для i -х границ адаптивного диапазона, $i = 1, 2$.

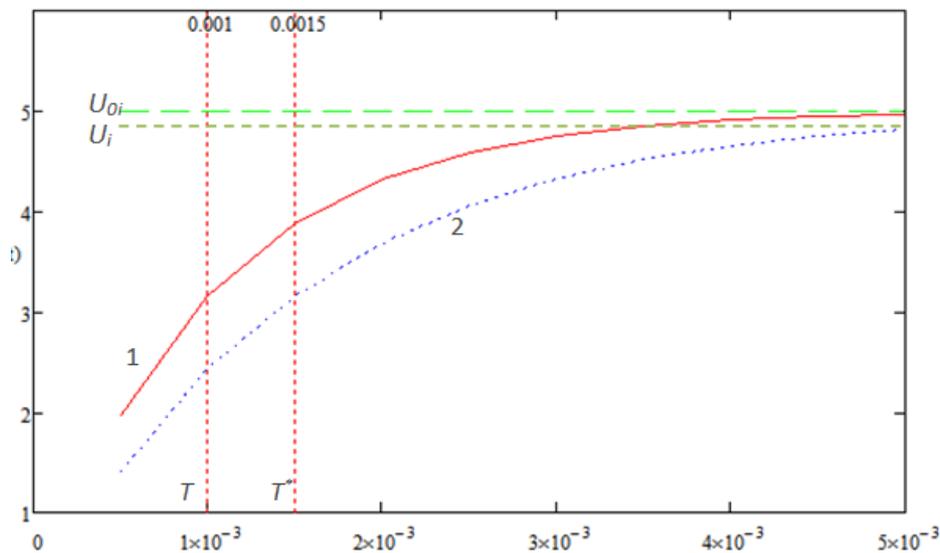


Рис. 1. Режим калибровки 0.1

Алгоритм оптимизации параметра $T(0.1)$ является обобщением алгоритма (2б) оптимизации эквивалента режима 1.1 калибровки. Это следует из пределов $T^* \rightarrow T$, когда $U_{0i} \rightarrow U_0$

$$\lim_{\substack{T^* \rightarrow T \\ U_{0i} \rightarrow U_0}} T(0.1) = \lim_{\substack{T^* \rightarrow T \\ U_{0i} \rightarrow U_0}} \frac{t_1}{\ln \left[\frac{U_{02}}{U_{01}} (e^{t_1/T^*} + 1) - 1 \right]} = \frac{t_1}{\ln \left[\frac{U_0}{U_0} (e^{t_1/T} + 1) - 1 \right]} = \frac{t_1}{\ln e^{t_1/T}} = T. \quad (5б)$$

Следовательно, из предела (5б) следует закономерность тождественности параметров постоянной времени

$$\text{opt}T(0.1) = T \quad \text{при } T^* = T, U_{0i} = U_0, \quad (5в)$$

т.е. оптимальной постоянной времени режима 0.1 служит постоянная времени режима 1.1 калибровки.

Справедлива тождественность закономерности

$$\text{opt}U_{i1} = U_i = U_{\mathcal{E}i} = U_{di}, \quad (5г)$$

которая следует из предела тождественности характеристики–замены (5):

$$\lim_{\substack{T^* \rightarrow T \\ U_{0i} \rightarrow U_0}} U_{i1} = \frac{U_{\mathcal{E}i}}{U_i} U_{0i} (e^{t_i/T^*} - 1) = \frac{U_{\mathcal{E}i}}{U_i} U_{0i} (e^{t_i/T} - 1) = U_{\mathcal{E}i} U_i^{-1} U_{di} / U_i = U_{\mathcal{E}i} = U_{di} = U_i / U_i = U_{di} = U_{\mathcal{E}i}.$$

Следовательно, закономерности тождественности эквивалента-замены (5г) соответствуют $U_{i1} = U_{di}$ при условии $U_i = U_{\mathcal{E}i}$, $U_{i1} = U_{\mathcal{E}i}$ при $U_i = U_{di}$, а также $U_{i1} = U_i$ при $U_i = U_{\mathcal{E}i}$.

Аналогично первому выводу оптимального параметра $T(1.0)$ применим технику эквивалента режима 1.1 для получения алгоритма оптимизации параметра $U_0(1.0)$.

– Составим систему уравнений для инверсной модели (5а) для нормированных границ U_{11} и U_{21} адаптивного диапазона кратных моментов времени $t_2 = 2t_1$:

$$\begin{cases} t_1 = T \ln(1 + U_{11}/U_0), \\ t_2 = T \ln(1 + U_{21}/U_0). \end{cases} \quad (6)$$

– Поделим второе уравнение системы (6) на первое

$$\frac{t_2}{t_1} = 2 = \frac{\ln(1 + U_{21}/U_0)}{\ln(1 + U_{11}/U_0)},$$

используя бинарную кратность, что приводит к логарифмическому уравнению

$$2 \ln(1 + U_{11}/U_0) = \ln(1 + U_{21}/U_0).$$

– Потенцируем логарифмическое уравнение для получения квадратного

$$(1 + U_{11}/U_0)^2 = (1 + U_{21}/U_0),$$

которое понизим до линейного, раскрывая квадрат суммы

$$1 + 2U_{11}/U_0 + (U_{11}/U_0)^2 = (1 + U_{21}/U_0),$$

сокращая единицы и приводя подобные члены

$$U_{11}^2/U_0 = U_{21} - 2U_{11}.$$

– Находим алгоритм оптимизации параметра $U_0(0.1)$ режима 0.1 калибровки

$$U_0(0.1) = \frac{U_{11}}{U_{21}/U_{11} - 2}. \quad (6а)$$

– Алгоритм (6а) тождественен по структуре эквиваленту (3а) режима 1.1 границ U_{11} , U_{21} адаптивного диапазона режима 0.1. Подставим в (6а) эквиваленты замены (5) и выразим алгоритм оптимизации предельной амплитуды (0.1) осциллограммы САД в явном виде:

$$U_0(0.1) = \frac{U_{01}(e^{t_1/T^*} - 1)}{U_{02}(e^{t_1/T^*} + 1) / U_{01} - 2} \quad (6б)$$

при условии калибровки $U_i = U_{\Delta i}$, $t_i = t_{0i}$.

– Алгоритм (6б) оптимизации параметра (0.1) диктует способ калибровки режима 0.1: измерить в бинарные моменты времени t_1 и $t_2 = 2t_1$ известные образцы U_{01} , U_{02} предельных значений границ диапазона, как отношение нижней границы U_{11} к диапазону $U_{21} - 2U_{11}$ калибровочных характеристик режима 0.1.

Алгоритм (6б) оптимизации параметра (0.1), как и алгоритм (5г) параметра (0.1), служит обобщением алгоритма (3а) оптимизации эквивалента режима 1.1 калибровки. Это следует для пределов $T^* \rightarrow T$, когда $U_{0i} \rightarrow U_0$:

$$\lim_{\substack{T^* \rightarrow T \\ U_{0i} \rightarrow U_0}} U(0.1) = \lim_{\substack{T^* \rightarrow T \\ U_{0i} \rightarrow U_0}} \frac{U_{01}(e^{t_1/T^*} - 1)}{U_{02}(e^{t_1/T^*} + 1) / U_{01} - 2} = \frac{U_0(e^{t_1/T} - 1)}{U_0(e^{t_1/T} + 1) / U_0 - 2} = \frac{U_0(e^{t_1/T} - 1)}{(e^{t_1/T} - 1)} = U_0.$$

Следовательно, из предела следует закономерность тождественности предельной амплитуды

$$\text{opt}U_0(0.1) = U_0 \quad \text{при} \quad T^* = T, U_{0i} = U_0, \quad (6в)$$

т.е. оптимумом предельной амплитуды осциллограммы режима 0.1 служит предельная амплитуда режима 1.1 калибровки.

Список литературы

1. Глинкин, Е. И. Экспертиза заявки на изобретение / Е. И. Глинкин, М. Е. Глинкин // Вестник ТГУ. – Тамбов : ТГУ, 2015. – Т.20, Вып. 4. – С. 927 – 930.
2. Глинкин, Е. И. Метод измерения артериального давления / Е. И. Глинкин// Вестник ТГУ. – Тамбов : ТГУ, 2015. – Т. 20, Вып. 1. – С. 358 – 261.
3. Пат. № 2441581 РФ кл. А 61 В 5/022. Способ измерения артериального давления / Е. И. Глинкин и др. – Б.И. № 4, 2012.

Ф. Е. Карпенко, Е. И. Глинкин, д-р техн. наук, профессор
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ТОЖДЕСТВЕННОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. Показана тождественность моделей аналитического контроля на примере динамической характеристики осциллографического способа контроля артериального давления.

Ключевые слова: аналитический контроль, математические модели, давление.

Доказано [1 – 4], что аналитические модели, в отличие от статистических, по множеству ненормированных измерений адекватны физическим процессам в нормированных границах адаптивного диапазона за счет оптимизации предельных параметров калибровочных характеристик. Статистические и аналитические модели – результаты статистического анализа множества ненормированных измерений случайных переменных градуировки и аналитического контроля детерминированных измерений по нормированным мерам границ адаптивного диапазона посредством оптимизации двух предельных параметров калибровочной характеристики.

Аналитический контроль с гибкой калибровочной характеристикой, тождественной эквиваленту натурального эксперимента за счет структурной и параметрической оптимизации по нормируемым мерам границ адаптивного диапазона, предлагает физические модели. Это математические модели калибровочных характеристик, в отличие от статистических полиномов градуировки, адекватны физике явления информационных процессов за счет нормируемых мер границ адаптивного диапазона известных образцов. Анализ электрофизических и физико-химических преобразований, теплофизических и диффузионных процессов показывает их аналогию физике явлений и тождественность математических представлений [1].

Цель: изучить закономерности математических моделей аналитического контроля артериального давления.

Задачи:

- 1) привести и оценить математические модели и характеристики контроля артериального давления в алгебраической и дифференциальной, интегральной и обобщенной формах;
- 2) доказать тождественность математических моделей.

Адекватные физическим процессам (явлениям) математические модели тождественны на различных уровнях операторов исчисления. Это очевидно на примере динамической характеристики осциллографического способа контроля артериального давления. Амплитуда напряжения U с моментами времени t связаны алгебраическим оператором экспоненцирования [2 – 4]:

$$U = U_0 \left(e^{\frac{t}{T}} - 1 \right), \quad (1)$$

с предельными параметрами: U_0 – предельное значение амплитуды и T – постоянная времени (см. рис. 1).

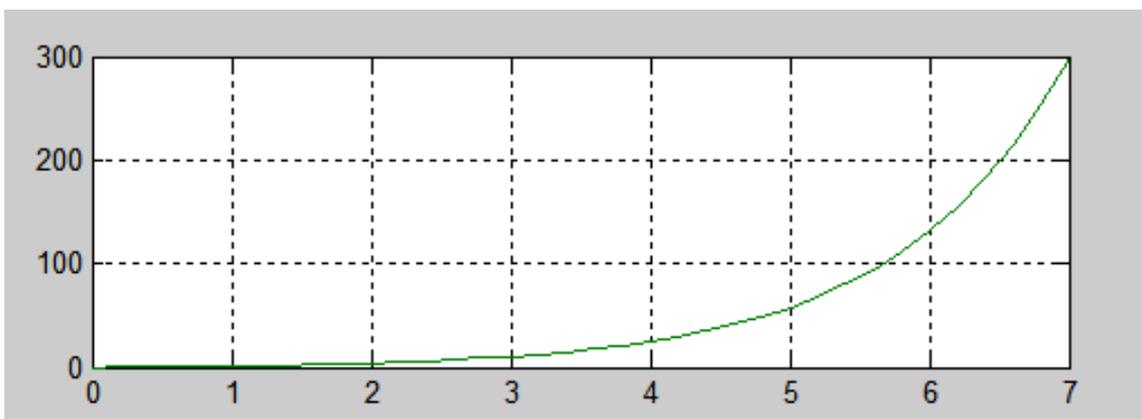


Рис. 1. Характеристика по модели в алгебраической форме

Алгебраическому представлению математической модели (1) тождественен оператор высшей математики в виде дифференциального уравнения [3,4] первого порядка (математической модели в дифференциальной форме):

$$T \cdot \frac{dU}{dt} - U = U_0. \quad (2)$$

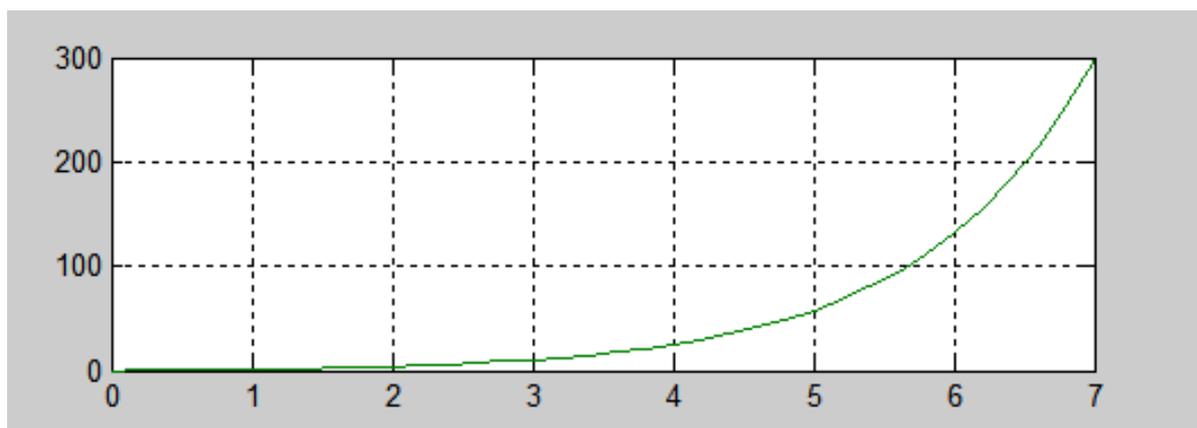


Рис. 2. Характеристика по модели в дифференциальной форме

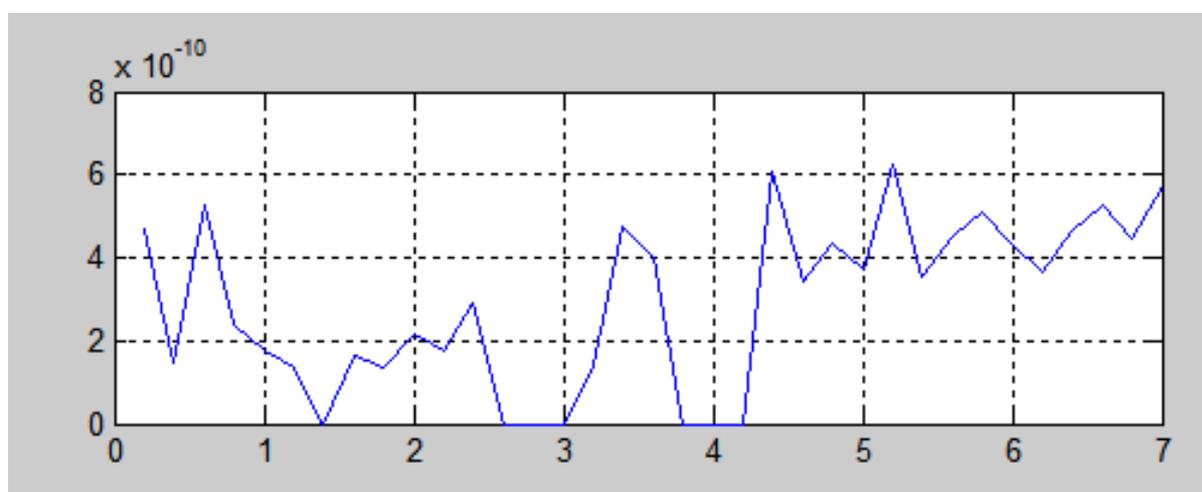


Рис. 3. Погрешность характеристик по модели (2) относительно (1)

Погрешность динамических характеристик в дифференциальной форме относительно алгебраической модели (рис. 3) не превышает $8 \cdot 10^{-10}$. Следовательно, дифференциальная модель тождественна алгебраической.

Математическая модель в интегральной форме, представленная интегральным уравнением [4]:

$$U = \frac{1}{T} \int_0^t (U_0 - U) dt \quad (4)$$

синтезирует динамическую характеристику контроля давления (см. рис. 4).

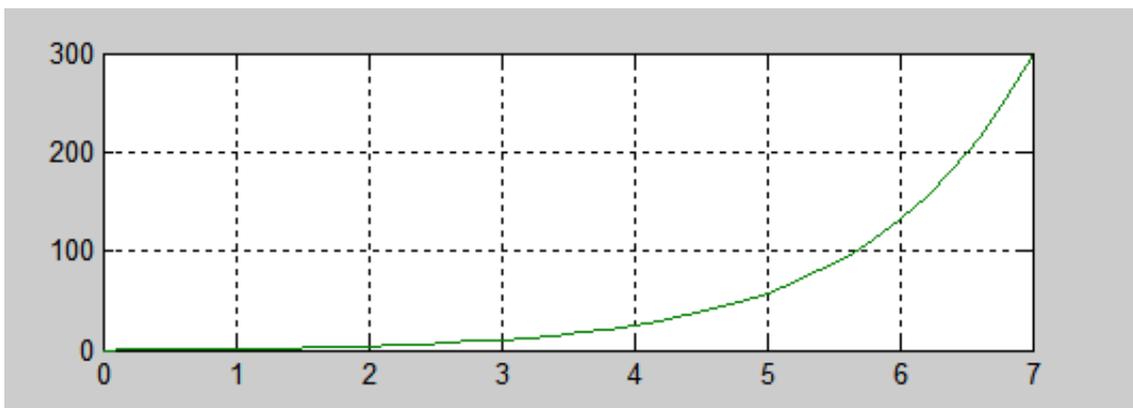


Рис. 4. Характеристика по модели в интегральной форме

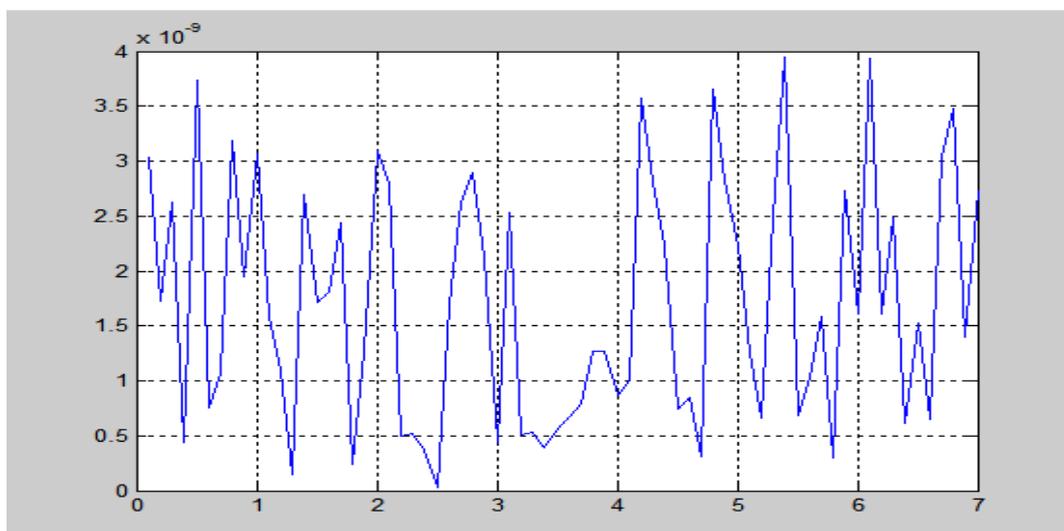


Рис. 5. Погрешность характеристик по модели (3) относительно (1)

Из графика погрешности характеристик контроля интегральной модели относительно алгебраической (рис. 5) следует, что интегральная модель тождественна алгебраической.

Инверсным оператором экспоненцирования (1), дифференцирования (2) и интегрирования (3) служит алгебраическая модель [1 – 4] логарифмического исчисления:

$$t = -T \ln \left(1 - \frac{U}{U_0} \right), \quad (4)$$

характеристика контроля которой тождественна эквиваленту (1) из-за минимальной погрешности (см. рис. 6 и 7).

Следовательно, адекватной физике заряда импульсной динамической характеристики тождественны математические модели в экспоненциальной и логарифмической форме, в операторах дифференциального и интегрального исчисления. Аналогичные примеры характерны для математических моделей, адекватных физике статических и кинетических процессов.

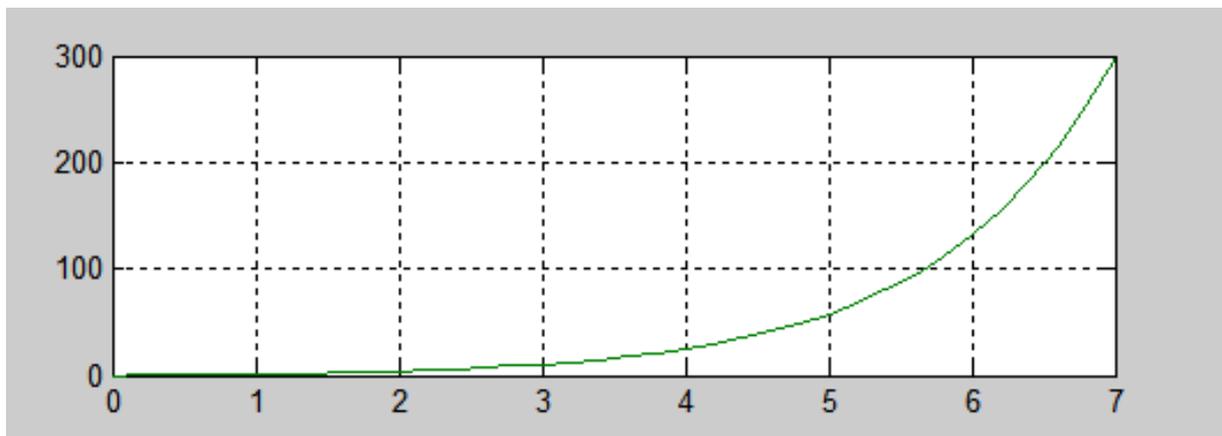


Рис. 6. Характеристика по инверсной математической модели

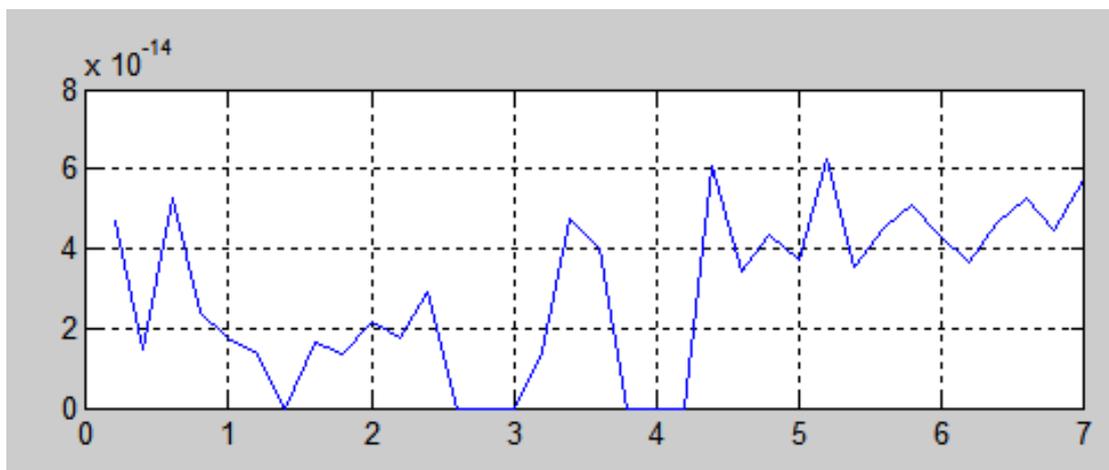


Рис. 7. Погрешность инверсной модели относительно алгебраической

Тождественные математические модели (1 – 4), адекватные физике динамических (соответственно, статических и кинетических) процессов, в отличие от статистических моделей, не отражающих физику явления из-за множества ненормированных переменных, представлены только двумя предельными параметрами, интегрирующими множество переменных и однозначно определяющими форму структуры действительной характеристики натурального эксперимента.

Выводы о проделанной работе:

1. Погрешность характеристик по модели в дифференциальной форме относительно алгебраической модели (рис. 3) не превышает $8 \cdot 10^{-10}$. Следовательно, дифференциальная модель тождественна алгебраической.

2. Погрешность характеристик интегральной модели относительно алгебраической (рис.5) не превышает $4 \cdot 10^{-9}$, что доказывает тождественность моделей.

3. Адекватные физике аналитического контроля динамические характеристики доказывают тождественность математических моделей в экспоненциальной и логарифмической форме, в операторах дифференциального и интегрального исчисления.

4. Тождественность аналитических моделей организует функциональную избыточность, систематизирующую анализ и синтез жесткой градуировки узкоспециализированных тестеров в информационную технологию проектирования автоматической калибровки микропроцессорных анализаторов систолического артериального давления.

Список литературы

1. Глинкин, Е. И. Микропроцессорные аналитические приборы / Е. И. Глинкин, Б. И. Герасимов. – М. : Машиностроение, 1989. – 248 с.
2. Глинкин, Е. И. Техника творчества / Е. И. Глинкин. – Тамбов : ТГТУ, 2010. – 168 с.
3. Пат. № 2441581 РФ кл. А 61 В 5/022. Способ измерения артериального давления / Е. И. Глинкин и др. – Б.И. № 4, 2012.
4. Глинкин, Е. И. Технология аналого-цифровых преобразователей / Е. И. Глинкин. М. Е. Глинкин. – Тамбов : ТГТУ, 2008. – 140 с.

С. Я. Комоликова, ассистент кафедры физики и биомедицинской техники,
В. Ф. Осинин (Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

О ВЕРОЯТНЫХ ИСТОЧНИКАХ БИОРИТМОВ В ГОЛОВЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. Для современной медицины является актуальной задачей исследование активности головного мозга, особенно в стрессовых ситуациях. В работе высказывается предположение о внешней природе источников биоритмов в мозге человека.

Ключевые слова: биоритмы, электромагнитное поле, коэффициент корреляции.

В настоящее время все острее ощущается необходимость в поиске новых методов исследований, которые бы позволяли существенным образом раскрыть природу электрически активных источников биоритмов в голове человека. В работе [1] подчеркивается, что вопрос о связи регистрируемых потенциалов мозга со структурами их генерирующими остается одним из самых актуальных и на сегодняшний день. В настоящем сообщении развиваются идеи об источниках биоритмов в голове человека, ранее изложенных в монографии [2], где экспериментально показано, что источниками биоритмов в голове человека является крайне низкочастотные (КНЧ) электромагнитные поля (ЭМП) грозового происхождения, охватывающие широкий спектр частот, воздействующих на человека в целом и на поверхность его головы в частности.

Эти выводы основаны на высоком коэффициенте корреляции колебаний, принятых на штыревую электрическую антенну с одновременно измеренными на голове человека потенциалами на ЭЭГ-установке, представляющей собой набор рамочных магнитных антенн с диаграммами направленности в виде восьмерки, пеленгующих направление прихода КНЧ ЭМП сразу со всех направлений. В монографии [2] за основу эксперимента по выявлению источников биоритмов в голове человека использовались собственные исследования авторов, проведенные в Липецке. Для подтверждения выводов в работе [2] в настоящем сообщении использованы сведения об ЭЭГ-реализациях, снятых с электродов на коже головы пациента другими исследователями. В частности, были использованы ЭЭГ-потенциалы, приведенные в работе [3] на фигурах 6.4 и 6.12, где представлены ЭЭГ-реализации при биполярном подключении с 16-и электродов. Исследования этих реализаций показали полное сходство выводов, полученных в работе [2].

Таким образом, из исследований в работе [2] и настоящего сообщения следует, что источником биоритмов в голове человека является КНЧ ЭМП, создаваемые грозами, случайно распределенными по земному шару, число которых в среднем в течение суток составляет 80 (ночью) и 120 (днем) разрядов в единицу времени.

Список литературы

1. Гнездицкий, В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая энцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга) / В. В. Гнездицкий. – М. : Медпресс-информ, 2004. – 52 с.
2. Осинин, В. Ф. КНЧ-излучение Земли и его связь с биоритмами человека : монография / В. Ф. Осинин, Т. А. Герасименко, Е. Г. Углова. – М. : Изд-во «Спутник+», 2017. – 60 с.
3. Hermann Hinrichs Electroencephalography – Biomedical technology and devices, Handbook, Edited by James Moore, George Zouridakis, CRC Press, 2004.

П. А. Краюшкин, аспирант, **В. А. Краюшкина**
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ВНЕДРЕНИЕ АНАЛИЗА МИКРОСТРУКТУРЫ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК В СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрены основные шаги внедрения анализа микроструктуры отливок из серого чугуна в систему контроля качества продукции.

Ключевые слова: аустенит, графит, цементит, травление, микроструктура, шлиф.

Служба контроля качества продукции и технологического процесса является связующим звеном между производственными подразделениями и технологической службой. Проводя различные инспекции, тесты и анализы, представители службы ОТК делают возможной обратную связь от производства, тем самым обеспечивая возможность вносить корректирующие действия в технологический процесс изготовления чугунных отливок. Анализ микроструктуры отливок, наряду с измерением твердости и предела прочности на разрыв, является одним из наиболее важных и информативных. Предприятия, внедрившие и освоившие технологию приготовления микрошлифов и анализа их микроструктуры, получают возможность исследовать параметры кристаллизации отливок, степень усвоения модификатора, а также контролировать образование микропор в теле отливок.

Для приготовления шлифов используют образец, который представляет собой часть отливки, отрезанную с помощью отрезного станка. Образец помещают в патрон установки для запрессовки, чью рабочую полость заполняют гранулированной эпоксидной смолой. После запекания и прессования образец устанавливают в полировальный станок, где образец проходит полировку с уменьшением зернистости дисков. Получив полированный образец, проводят анализ микроструктуры на предмет размера и формы зерен графита. Программное обеспечение металлографического микроскопа позволяет составлять панорамные снимки поверхности шлифа, а также проводить автоматический расчет процентного содержания графитных включений, их форму и размер согласно ГОСТ 3443–87 «Отливки из чугуна с различной формой графита».

Шлифованный образец также подвергают травлению 5 или 10% раствором азотной кислоты для исследования цементитных или аустенитно-цементитных включений. Десятипроцентный раствор азотной кислоты позволяет оставить видимыми белые цементитные включения, окрашивая металлическую матрицу и графитные включения в черный цвет. Такой способ делает возможным исследование количества и размера аустенитных включений в отливке. Данная структурная составляющая имеет прямое влияние на твердость отливок, а также является прямым показателем результатов кристаллизации отливки.

Описанный процесс проведения анализа микроструктуры и приготовления микрошлифов успешно внедрен в процесс контроля качества продукции и технологического процесса металлургического предприятия. Анализ позволяет вносить корректировки в технологический процесс изготовления отливок, а также выявлять те или иные нарушения технологических и рабочих регламентов в процессах плавки и заливки.

Список литературы

1. Физическое металловедение / под ред. Р. Кана. – М. : Мир, 1968. – Вып. 2. – 490 с.
2. Богомолова, Н. А. Практическая металлография : учебник / Н. А. Богомолова. – 2-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 1982. – 272 с.
3. Салтыков, С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков. – 3-е изд. – М. : Металлургия, 1970. – 376 с.

С. Г. Леньшин, магистр кафедры «Биомедицинская техника»,
Д. В. Болдырев, аспирант кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СПОСОБ АНАЛИЗА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

Аннотация. Предлагается программная часть, которая считывает психоэмоциональное состояние человека из памяти электроэнцефалографа и регистрирует пики возбуждения на определенной частоте вейвлет-функции.

Ключевые слова: вейвлет-анализ, психоэмоциональное состояние человека.

Использование электроэнцефалографа (ЭЭГ) в ходе нейробиологических исследований имеет целый ряд преимуществ перед другими инструментальными методами. Во-первых, ЭЭГ представляет собой неинвазивный способ исследования объекта. Во-вторых, нет такой жесткой необходимости оставаться в неподвижном состоянии, как при проведении функциональной МРТ. В-третьих, в ходе ЭЭГ регистрируется спонтанная активность мозга, поэтому от субъекта не требуется взаимодействия с исследователем. Кроме того, ЭЭГ обладает высоким разрешением во времени по сравнению с такими методами, как функциональная МРТ, и может использоваться для идентификации миллисекундных колебаний электрической активности мозга. Потенциалы, связанные с событиями, выделяют путем анализа сигнала ЭЭГ для всех исследований в определенном состоянии.

Целью работы является повышение эффективности метода выявления психофизического возбуждения через потенциалы височной коры головного мозга медико-биологического объекта на ЭЭГ.

Рассмотрим вейвлет-преобразование в областях стационарного сигнала (когда человек находится в покое) и сигнала в момент эмоционального возбуждения на разных частотах. Уровень, на котором высокочастотная составляющая подавляется таким образом, что всплеск остается максимально информативным и будет искомым.

На рисунке 1 представлены слои преобразования одного и того же сплайна. Для преобразования сигнала используем вейвлет-функцию «db2».

Из рисунка 1 можно сделать вывод, что самым оптимальным уровнем преобразования будет шестой слой (layer 6), так как всплеск не потерял информативности, и шум в сигнале отфильтрован. После восьмого уровня сигнал приобретает слишком низкочастотный характер.

Определились с типом вейвлета и уровнем (частотой) разложения, теперь осталось выявить коэффициенты аппроксимации, это можно сделать следующим способом: определить среднеквадратическое значение сигнала и обнулить все параметры, которые будут меньше (рис. 2). Коэффициенты, которые не обнулились, можно использовать для обучения на вход нейронной сети.

Коэффициенты аппроксимации основного сплайна, представленного на рис. 2, показаны в табл. 1.

Можно заметить, что всплески имеют общую конфигурацию в виде зубца. В дальнейшем найденные коэффициенты понадобятся для обучения искусственной нейронной сети на эмоцию – радость. Определив среднее значение для каждого из всплесков, получаем коэффициент эмоционального возбуждения для каждого из случаев (табл. 2).

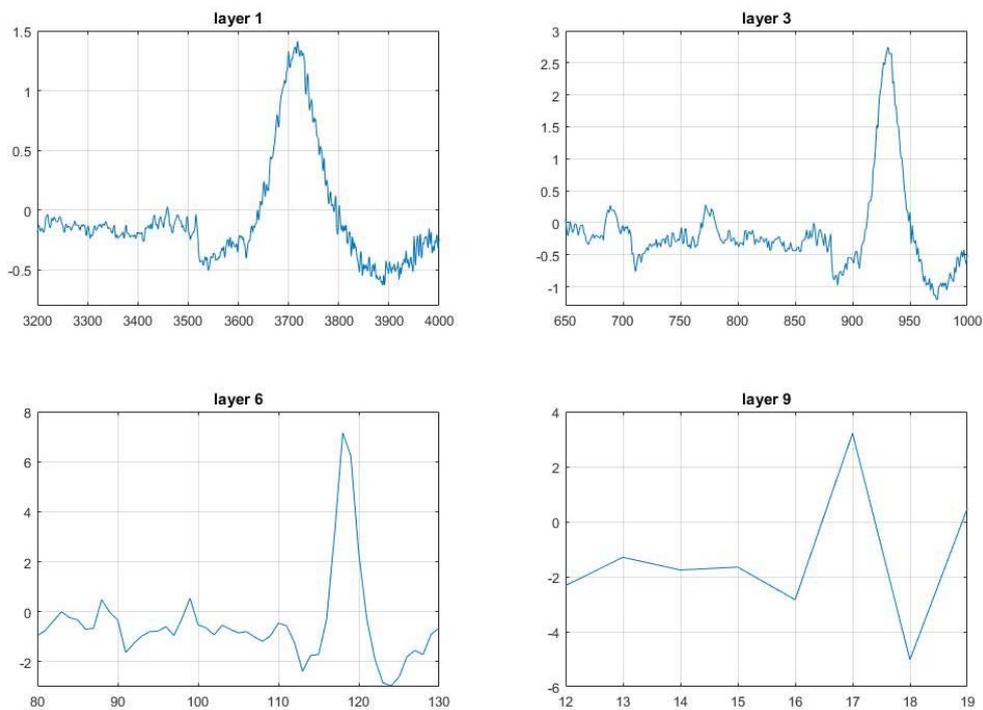


Рис. 1. Различные слои преобразования одного сплайна

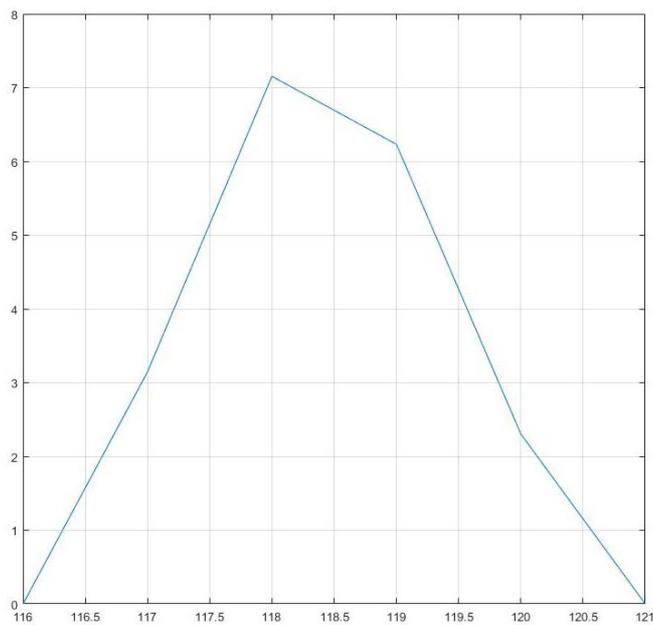


Рис. 2. Всплеск на первом сигнале С4-Т4

1. Коэффициенты эмоционального всплеска

Дискретное время	Значения амплитуды
116	0
117	3,14573906103583
118	7,15380085908760
119	6,23212446704921
120	2,30384736463536
121	0

2. Усредненные коэффициенты эмоциональных всплесков

Номер всплеска	Усредненное значение
Всплеск на первом сигнале С4-Т4	4,7089
Всплеск на первом сигнале Р4-Т6	4,6912
Первый всплеск на втором сигнале С4-Т4	4,3240
Втором всплеск на втором сигнале С4-Т4	4,5383
Первый всплеск на втором сигнале Р4-Т6	3,9578
Втором всплеск на втором сигнале Р4-Т6	4,5566

Как видно из табл. 2, несмотря на разницу в количестве коэффициентов, среднее значение этих коэффициентов находятся в небольших пределах друг от друга. Без обученной нейронной сети признаки сигнала не определяются, а определяется наличие психоэмоционального возмущения.

Список литературы

1. Дубровин, В. В. Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях. – 2014. – Т. 27, № 3. – С. 131–132.
2. Судаков, Д. Е. Модель электронного глаза человека с использованием искусственной нейронной сети / Д. Е. Судаков, В. В. Дубровин // Энергосбережение и эффективность в технических системах. – 2016. – С. 521–522.
3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – №4. – С. 139 – 145.
4. Дубровин, В. В. Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27. – 2014. – № 3(62). – С. 131–132.
5. Леньшин, С. Г. Интеллектуальная система распознавания эмоционального состояния на электроэнцефалографе / С. Г. Леньшин // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2017 : матер. Всерос. открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей. – 2017. – С. 211 – 213.
6. Кестер, У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / У. Кестер // М. : Техносфера, 2010. – 328 с.
7. Кропотов, Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотов. – Донецк : Издатель Заславский А.Ю., 2010. – 512 с.

Т. Р. Маматказин, магистрант кафедры «Материалы и технология»,
Д. М. Мордасов, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Материалы и технология»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Аннотация. Разработана методика и проведено металлографическое исследование сплава на основе никеля и титана. Выбраны наиболее эффективные реактивы для выявления структуры химическим травлением.

Ключевые слова: никелид титана, память формы, структура.

В настоящее время одной из ключевых задач науки о материалах является создание новых конструкционных и функциональных материалов и технологий их получения, необходимых для обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичных секторов экономики [1].

Благодаря уникальным свойствам, сплавы с эффектом памяти формы нашли применение при производстве: специализированных прессов, исполнительных силовых приводов для микророботов и манипуляторов, разворачивающихся антенн и мачт, технологической оснастки, а также горной породы, фундаментов, тепловых двигателей для преобразования геотермальной, солнечной и низкокачественной тепловой энергии в механическую, автоматических датчиков, клапанов, переключателей, предохранителей, регуляторов, работающих по температуре, соединительных элементов различных конструкций и назначения, протезов для исправления положения зубов, микронасосов для искусственных органов, например, в миниатюрных системах искусственной почки для подачи жидких лекарственных препаратов и другой медицинской техники.

Несмотря на широкие возможности применения интеллектуальных материалов, существует ряд проблем, ограничивающих их использование в промышленности. В настоящее время их применение ограничивается лишь отдельными нишами рынка. Это связано с решением как фундаментальных, так и прикладных задач: получения и обработки высококачественных и недорогих материалов; точного прогнозирования и моделирования их поведения; оптимального проектирования; управления микроструктурой и температурами фазовых превращений; четкого понимания эффектов гистерезиса, фазовой нестабильности, старения, деградации и усталости этих сплавов [2].

Одним из наиболее информативных методов исследования металлов и сплавов является металлографический.

Целью настоящего исследования является разработка методики металлографического исследования проволоки из сплава на основе никеля и титана.

Объект исследования представляет собой проволоку круглого сечения диаметром 0,46 мм.

Для металлографического изучения структуры образец должен быть отполирован. В связи с тем, что изучаемый объект имеет малые размеры, для удобства его полировки было осуществлено его монтирование путем заливки эпоксидной смолой. После затвердевания получили комбинированный образец, который как единое целое был подвергнут шлифованию и последующему полированию.

Шлифование проводилось на бумаге с различной зернистостью, при этом при переходе от одной бумаги к другой – зернистость уменьшалась. Вначале процесса шлифования зернистость составляла 180 (77 мкм), в конце образец обрабатывался шлифовальной бумагой 2500 (8 мкм).

После шлифования образец был отполирован на сукне с применением в качестве абразивного материала пасты ГОИ (7-1 мкм).

Образец в нетравленном виде был изучен на оптическом микроскопе ММР-2Р на предмет наличия неметаллических включений. В результате исследования отмечена высокая частота сплава и полное отсутствие каких-либо включений.

Для выявления структуры составляющих сплава исследуемого сплава была применена методика химического травления. При воздействии химического реактива на поверхности образца создается рельеф, являющийся результатом неодинаковой скорости растворения фаз.

С точки зрения наиболее эффективного выявления структуры были проанализированы составы, используемые для химического травления никеля, титана и сплавов на их основе.

Для выявления структуры титана и его сплавов применяются, как правило, следующие реактивы:

№ 1 – 1 %-ный водный раствор серной кислоты;

№ 2 – 10 мл плавиковой кислоты + 30 мл азотной кислоты;

для выявления структуры никеля и его сплавов:

№ 3 – соляная кислота плотностью 1,19 г/см³;

№ 4 – 30 %-ный водный раствор азотной кислоты;

№ 5 – азотная концентрированная кислота плотностью 1,4 г/см³;

№ 6 – 50 %-ный водный раствор кристаллического йода;

№ 7 – 5...20 г хромового ангидрида + до 100 мл воды;

№ 8 – царская водка + хлорид железа (1:3);

№ 9 – хлорное железо + азотная кислота + вода (2,5:7,5:1);

№ 10 – 4 г медного купороса + 20 мл соляной кислоты + 20 мл дистиллированной воды.

Экспериментально были выбраны реактивы № 2 и № 3.

На рисунке 1 представлены микроструктуры, полученные при травлении реактивом № 2 (рис. 1, а) и № 3 (рис. 1, б).

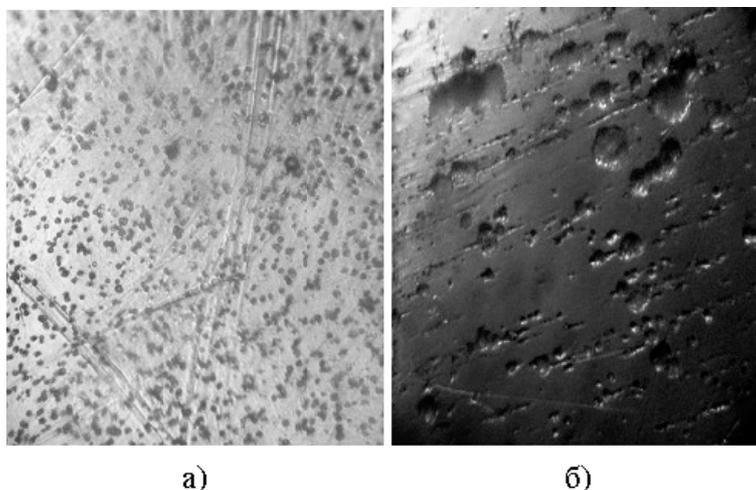


Рис. 1. Микроструктуры поверхности исследуемого образца, полученные при травлении реактивом № 2 (а) и № 3 (б) (650×)

Эффект памяти формы проявляется при соотношении титана и никеля в сплаве (45/55%).

Согласно диаграмме состояния в системе «титан-никель», в окрестности эквиатомного содержания, возможно наличие фаз Ti_2Ni и $TiNi_3$.

Фаза Ti_2Ni имеет повышенное содержание титана и выявляется при травлении реактивом № 2 (см. рис. 1, а). В фазе $TiNi_3$ повышенное содержание никеля. Данную фазу целесообразно выявлять реактивом, используемым для выявления структуры никеля и его сплавов, в частности реактивом № 3 (см. рис. 1, б).

Таким образом, на рис. 1, а представлено распределение фазы Ti_2Ni в образце после его травления реактивом № 2 в течение 3 мин, на рис. 1, б показано распределение фазы $TiNi_3$ в образце, выявленном в реактиве № 3 в течение 20 мин. Светлый фон на рис. 1 представляет собой аустенитную матрицу $TiNi$ с кубической кристаллической решеткой.

Таким образом, в результате исследования создана методика подготовки образца из сплава на основе никеля и титана к металлографическим исследованиям, выбраны наиболее эффективные реактивы для выявления структуры химическим травлением. Результаты проведенного исследования могут быть использованы для изучения структуры сплавов после различных режимов их термической и термомеханической обработки.

Список литературы

1. Лихачев, В. А. Эффект памяти формы / В. А. Лихачев. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1987. – 216 с.
2. Чернов, Д. Б. Конструкционное применение сплавов с памятью формы / Д. Б. Чернов. – М. : НИИСУ, 1999. – 232 с.

И. А. Матыцина¹, ассистент кафедры «Высшая математика и информационные технологии», **Л. А. Коробова¹**, кандидат технических наук, доц., доц. кафедры «Высшая математика и информационные технологии», **Г. В. Абрамов²**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры МПА
(¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)
(²Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ЛЕГОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация. Представлена схема работы информационной системы. Предложен алгоритм сегментации звуковой записи, укрупненная схема структуры программного обеспечения. Описаны модули информационной системы.

Ключевые слова: элементы информационной системы, сегментация звуковой записи, кашель-шум.

Медицинские информационные системы (МИС) являются базой для мониторинга здоровья человека. Они выполняют различные задачи (накопления данных, диагностики, мониторингования и консультации, а также обеспечения процесса медицинского обслуживания). Одним из путей повышения эффективности таких систем является расширение средств диагностики и мониторинга состояния больных. Получение объективных характеристик течения болезни позволяет врачу оперативно корректировать процесс лечения. Особенно это важно для болезней, представляющих угрозу жизни. К таким болезням относятся легочные заболевания, входящие в десятку ведущих причин смертности. При их лечении использование методов для объективного контроля по медицинским показаниям использовать часто невозможно. Это связано с применением для диагностики специализированных процедур и обследований, которые имеют ограничения по частоте использования. Также необходимо учитывать то, что устройства диагностики не должны накладывать значительные ограничения на деятельность пациентов. Тяжесть течения болезни для легочных заболеваний врачи наиболее часто определяют по частоте кашля – основному симптому патологий дыхательных путей. Поэтому в качестве параметра, характеризующего состояние больных может использоваться количество кашлевых толчков за определенное время. Следовательно, разработка элементов систем, позволяющих проводить мониторинг состояния пациентов и фиксировать их кашли автоматически, без значительных ограничений деятельности, и для широкого использования актуальна.

Для получения результата обработки и распознавания звуковых сигналов кашля первоначально необходимы натуральные звуковые записи пациентов, страдающих легочными заболеваниями, записанные в режиме реального времени.

Обработка звуковых записей будет происходить по схеме, представленной на рис. 1.

Здесь и далее будем использовать понятие суточной записи пациента, под которой будем понимать длительный звуковой аудио-файл в формате wav (Waveform Audio File Format). Данное ограничение на кодирование аудиозаписи накладывается в связи с тем, что упомянутый формат используется для хранения несжатого сигнала с использованием импульсно-кодовой модуляции, поэтому существенные составляющие звуковой волны

не смогут быть потеряны в результате работы алгоритмов кодирования, пренебрегающих точностью в угоду размеру закодированного сигнала. Первоначально суточная запись пациента загружается в ИС и производится ее сегментация.

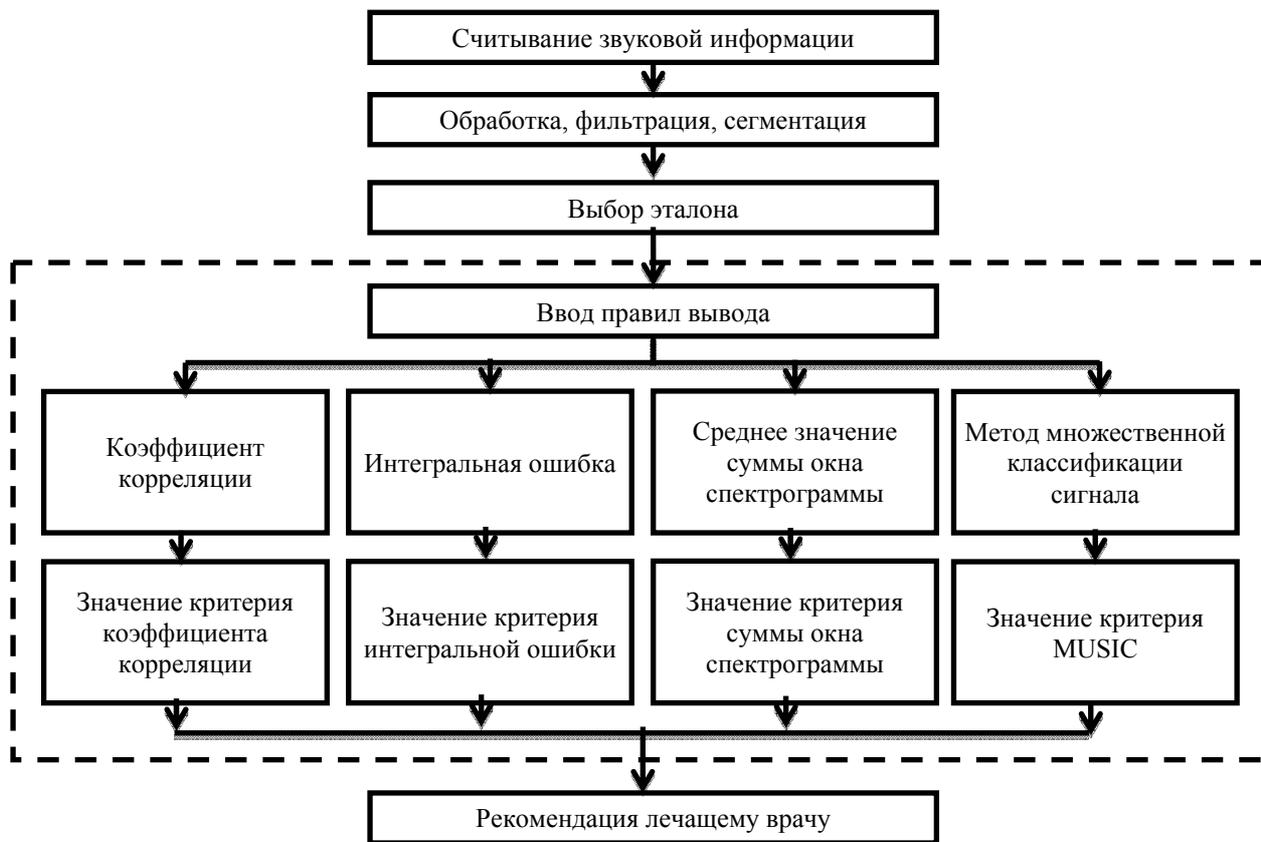


Рис. 1. Схема работы ИС

Схема сегментации звуковой записи представлен на рис. 2, 1 этап – начало звуковой записи.

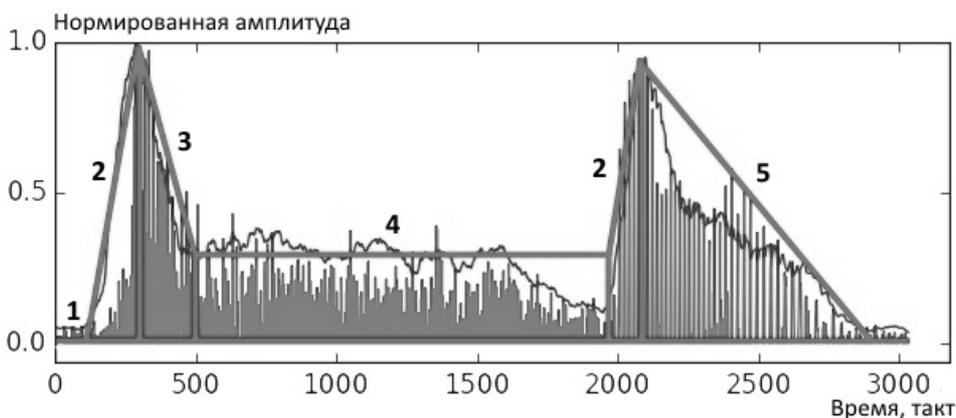


Рис. 2. Схема этапов обработки звуковой записи

Как только алгоритм находит заданную амплитуду звуковой записи (по умолчанию используется значение 0,7), производится отступ в 0,05 секунды в обратную сторону от найденного экстремума (2 этап) и вырезается фрагмент необходимой длины в сегмент (0,45 секунды). 3, 4 этапы соответствуют снижению амплитуды звукового сигнала до ненулевого значения.

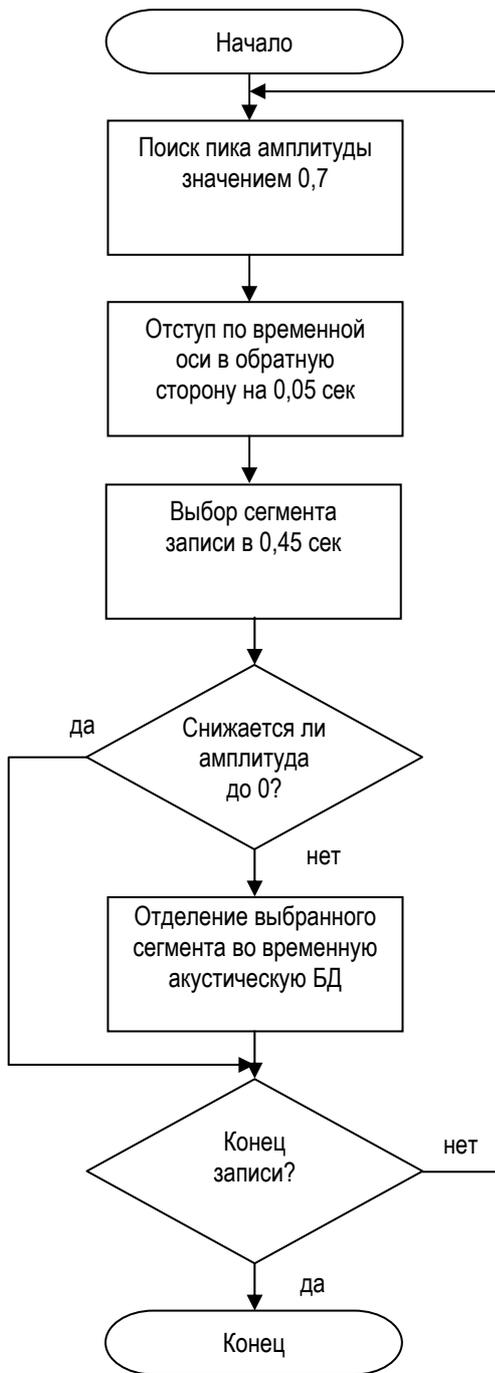


Рис. 3. Алгоритм сегментации звуковой записи

Укрупненная схема структуры программного обеспечения представлена на рис. 4

Процесс обработки звукового сигнала условно разбит на четыре этапа. Структура разработанной ИС представлена в виде схемы на рис. 5.

Первый блок схемы описывает процесс получения исходного звукового сигнала с последующей его модуляцией и кодированием wav-формата. К сожалению, использование оборудования для полифонической записи звукового сигнала, который, разумеется, несет большую полезную информационную нагрузку, невозможно ввиду его громоздкости, поэтому ИС рассчитана исключительно на монофонические записи. Применение нескольких каналов в исходной суточной записи пациента невозможно без предварительного декодирования путем отбрасывания одного из каналов.

Выбранный звуковой отрезок заносится во временную акустическую базу данных (рис. 3) для дальнейшего распознавания.

Затем происходит поиск следующего пика звуковой записи до значения амплитуды 0,7 и повторение этапа 2. При снижении амплитуды сигнала до нулевого значения без периодических всплесков амплитуды в сегмент 0,45 секунды этот звуковой отрезок не учитывается системой. По такой схеме обработка звукового сигнала продолжается по всей длине записи до ее окончания. Алгоритм сегментации представлен на рис. 3.

Таким образом, из длительной звуковой записи пациента выделяются сегменты равные 0,45 секунды.

Для продолжения работы системы и классификации и звуковых отрезков на кашель и шум необходимо выбрать звуковой сигнал кашля, который будет являться эталонным. С ним будет производиться сравнение.

Затем все полученные звуковые отрезки и эталон проходят через блок нечеткой логики, в которой по правилам вывода происходит распознавание звуковых сигналов.

В результате обработки пользователь получает рекомендации с результатом работы ИС, где указано количество кашлевых приступов и их частота.

Основной проблемой распознавания звуковых сигналов кашля является, то что кашли разных людей различны, но даже кашли одного и того же человека отличаются друг от друга. Но надо еще отметить то, что есть шумы, которые очень похожи на кашли.

Второй блок схемы иллюстрирует подсистему, которая производит выделение из длительной записи непродолжительных отрезков заданной длины, которые удовлетворяют некоторому общему условию. В качестве него после многочисленных экспериментов было предложено использовать момент превышения порогового значения амплитуды в размере 70% от максимального значения.

Так же в данном блоке проводится фильтрация по высоким частотам, так как на звуковую запись попадают высокочастотные шумы. Отсекаются отрезки, не удовлетворяющие частотным характеристикам. По всем оставшимся звуковым отрезкам строятся огибающие, которые затем разделяются на две составляющие. В дальнейшей работе системы используется либо исходный сигнал, либо огибающая исходного сигнала, либо две составляющие огибающей, лежащие выше и ниже оси абсцисс, для простоты в дальнейшем будем называть их положительной и отрицательной частями огибающей.

В третьем блоке производится анализ и обработка звуковых сигналов.

Для распознавания звуковых сигналов кашля были рассмотрены и проанализированы различные математические методы, основанные на корреляционном анализе, байесовской оценке, быстром преобразовании Фурье, а также критерии, использующие интегральные оценки и среднеквадратическое отклонение.



Рис. 4. Укрупненная схема структуры программного обеспечения

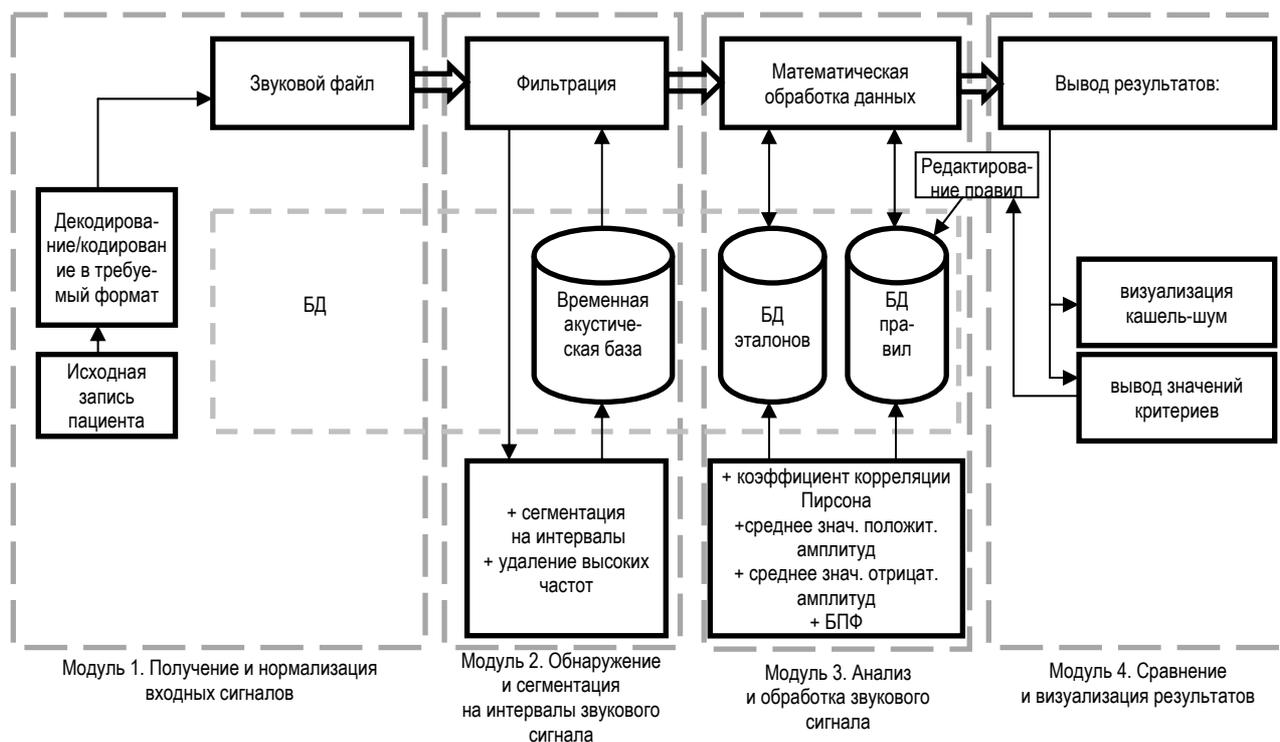


Рис. 5. Схема информационной системы

Используя представленные математические методы в [1], были разработаны критерии обработки звуковых сигналов.

В блоке четыре происходит вывод результата. На данном этапе работы ИС производится вывод результатов, который представляет собой список выделенных звуковых сегментов с пометками к какому классу (кашель или шум) был отнесен данный отрезок в соответствии с текущим набором критериев.

Список литературы

1. Разработка модуля диагностики информационной системы мониторинга здоровья больных легочными заболеваниями / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, А. Л. Ивашин, И. А. Матыцина // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2018. – № 65. – С. 136 – 142.

2. Абрамов, Г. В. Информационная система для диагностики заболеваний дыхательных путей / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2017. – Т. 5. – С. 111 – 116.

3. Information system for diagnosis of respiratory system diseases / G. V. Abramov, L. A. Korobova, A. L. Ivashin, I. A. Matytsina // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). – 2018. – Т. 1015. – P. 042036.

4. Математические методы в распознавании кашлевых толчков / Г. В. Абрамов, Л. А. Коробова, И. А. Матыцина, Ю. А. Гончарова // Моделирование энергоинформационных процессов : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – 2016. – С. 10 – 12.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
и администрации Тамбовской области
в рамках научного проекта № 19–43–680003*

Д. М. Мордасов¹, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой
«Материалы и технология», **Н. А. Мордасова²**, магистрант
(¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)
²Белгородский государственный технологический университет
имени В. Г. Шухова, Белгород, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТРЕПЕЛА

Аннотация. Изучены особенности процессов, происходящих при термической обработке трепела в интервале температур 200...900 °С. Выявлены причины потери массы образца при нагревании.

Ключевые слова: трепел, кремнезем, термическая обработка.

Трепел представляет собой опаловую породу осадочного происхождения, имеющую рыхлую структуру, представленную некрупными опаловыми глобулами, а также примесями глины, кварца и полевого шпата. Основное количество кремнезема, входящего в состав трепела, представлено аморфным диоксидом кремния с фрагментами кристаллической структуры кварца.

Благодаря своей повышенной реакционной активности, аморфный кремнезем широко применяется в качестве различных модифицирующих и функциональных добавок. Композиционные материалы, полученные с использованием аморфного кремнезема, имеют повышенные физико-механические, теплоизоляционные и сорбционные свойства.

Основным достоинством трепела при его применении в составе цементных систем, является способность связывать гидроксид кальция, образующийся при гидратации портландцементных минералов в присутствии воды при обычной температуре, и предотвращать тем самым выщелачивание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [1].

При нормальных условиях эффективность трепела невысока, так как его поровое пространство заполнено влагой, которую можно удалить путем термической обработки. Термическая активация способствует увеличению удельной поверхности и существенному повышению адсорбционной способности частиц.

Знание процессов, происходящих при термической обработке трепела, необходимо для решения практических задач, например, связанных с его подготовкой для введения в полимерные матрицы при создании полимер-минеральных композиционных материалов [2, 3].

Термическая обработка частиц трепела приводит к процессам дегидратации и дегидроксиляции, обуславливающим характерные изменения в структуре [4]. При проведении исследований использовался предварительно подготовленный трепел Краснослободского месторождения Тамбовской области. Подготовка включала в себя сушку породы при 200 °С в течение 2 часов, измельчение на щековой дробилке ЩД6 и помол на вибрационной конусной мельнице-дробилке ВКМД6.

На рисунке 1 представлена диаграмма изменения массы навески m (рис. 1, а) и потери массы Δm (рис. 1, б) при нагреве образца в диапазоне температур 200...1000 °С. Выдержка навески трепела в печи при температурах 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 °С составляла 60 минут, взвешивание образца осуществлялось через 10 минут после его извлечения из печи.

В результате анализа полученных термограмм с учетом особенностей структуры аморфного кремнезема установлены особенности изменения массы образца при его термической обработке.

Согласно исследованиям [1, 5] при нагревании кремнистых пород до 350 °С происходит удаление адсорбционной воды на 80%, при этом структурных изменений не происходит, поэтому наибольшая потеря массы (рис. 1, б) приходится на диапазон температур прокаливания до 500 °С. На участке 2 изменение массы образца идет за счет выгорания органических веществ.

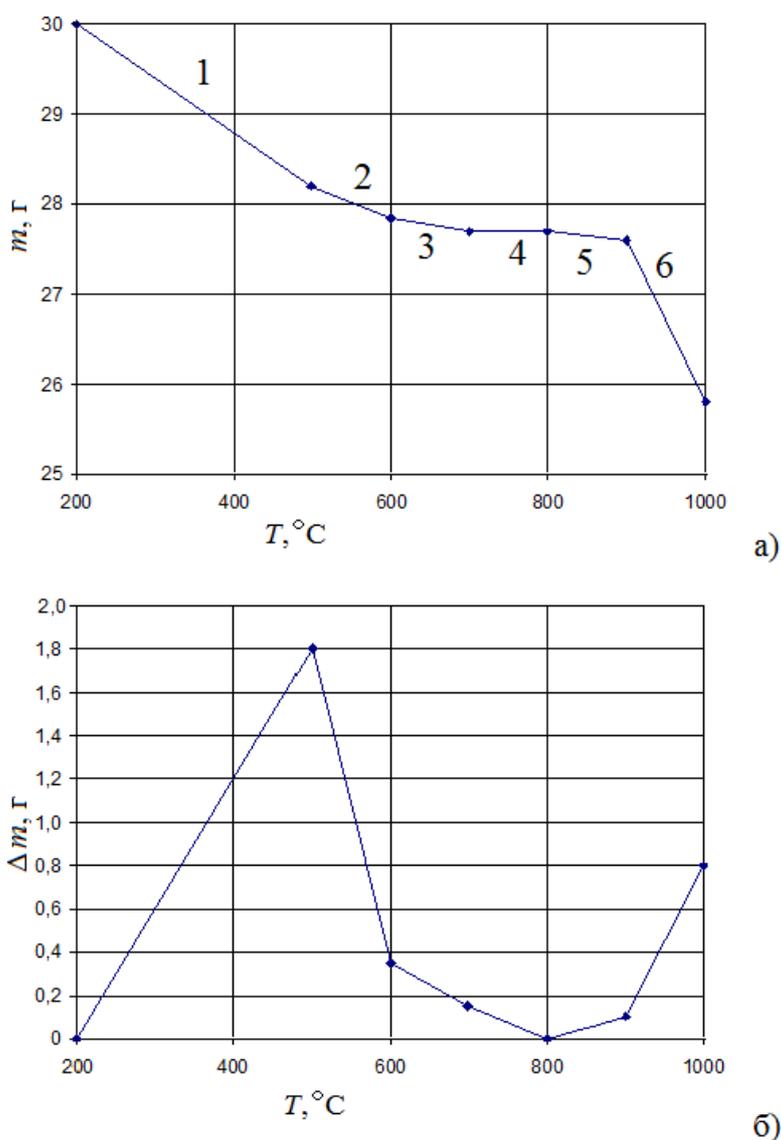


Рис. 1. Изменение массы навески m (а) и потери массы Δm (б) при нагреве образца

Система SiO_2 является однокомпонентной со сложными полиморфными превращениями. Согласно диаграмме состояния диоксида кремния, построенной К. Феннером, при температуре 573 °С протекает полиморфное превращение α -кварца в β -кварц. В высокотемпера-

турной модификации кварца (β -кварц) увеличиваются размеры и количество пустот в упаковке ионов кислорода, что облегчает отщеплению структурно-связанной воды.

На участке 3 изменение массы идет с меньшей, чем на предыдущих участках, скоростью, что обусловлено отщеплением диоксида углерода из примесей карбонатов, общее содержание которых достигает 20%.

Экстремум на графике потери массы при температуре 800 °С (рис. 1, б) обусловлен завершением удаления адсорбированной и структурно-связанной воды и началом полиморфного превращения β -кварца в β -тридимит, которое заканчивается при 870 °С. Участки 5 и 6 потери массы (рис. 1, б) обусловлены удалением конституционной воды, высвободившейся в результате изменения топологии каркаса и разрушения функциональных активных центров в структуре.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке технологий термической обработки трепела с целью получения его заданной структуры и функциональных свойств.

Список литературы

1. Термически обработанный трепел как активная минеральная добавка в цемент / Р. З. Рахимов, З. А. Камалова, Е. Ю. Ермилова, О. В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 13. – С. 99 – 101.

2. Исследование структуры полимерного композиционного материала на основе смолы ЭД-20 и нанодисперсии сополимера стирола и акриловой кислоты / Д. М. Мордасов, П. В. Макеев, Д. Л. Полушкин, М. Д. Мордасов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 136 – 141.

3. Мордасов, М. Д. Исследование структуры полимерного композиционного материала / М. Д. Мордасов, Д. М. Мордасов // сб. матер. 71-й Всерос. науч.-техн. конф. студ., магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием, 18 апреля, 2018 г., Ярославль. – 2018. – Ч. 2. – С. 464 – 466.

4. Ивашко, В. С. Влияние термической обработки модификаторов на характеристики композиционных материалов для защитных покрытий / В. С. Ивашко, А. С. Воронцов // Наука и техника. – 2012. – № 6. – С. 24 – 29.

5. Выбор оптимальных условий термической обработки диатомита Инзенского месторождения Ульяновской области для синтеза кристаллических силикатов натрия / Е. Н. Филиппович, А. И. Хацринов, А. В. Скворцов, А. З. Сулейманова // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 5. – С. 83 – 86.

В. И. Петренко, студент кафедры «Материалы и технология»,
Я. С. Земцова, студент кафедры «Материалы и технология»,
Д. М. Мордасов, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Материалы и технология»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛАТУНИ

Аннотация. Представлены результаты исследований, в результате которых разработан метод металлографического анализа поверхности окисленной латуни, изучено распределение структурных составляющих, установлен состав окисной пленки на поверхности латуни.

Ключевые слова: латунь, пленка, металлографический анализ.

Латунь является одним из самых распространенных сплавов на основе меди и цинка. Сплав латуни обладает высокими физико-механическими свойствами и повышенной коррозионной стойкостью.

Коррозионная стойкость латуни определяется, главным образом, защитными свойствами оксидной пленки, образующейся на поверхности латуни. Такая пленка не эластична и обладает незначительной прочностью, на ее создание требуется время [1].

На сохранность защитных пленок на металлах влияет целый ряд факторов: величина и характер внутренних напряжений и внешних механических нагрузок, сцепление защитной пленки с металлом и др.

Оксидные покрытия на латуни и ее сплавах используются для декоративной отделки изделий. В зависимости от состава сплава и условий оксидирования получаемые пленки окрашены в черный, синий или коричневый цвет. Их способная защита невелика, поэтому в качестве противокоррозионных покрытий они пригодны только для легких условий эксплуатации. Для повышения защитной способности оксидных пленок их покрывают бесцветным лаком.

В настоящей работе проведены металлографические исследования поверхности латуни до и после ее окисления в азотсодержащей среде.

При проведении эксперимента заранее отполированный образец, часть которого была покрыта лаком, помещался в емкость с окислительной средой на 20 мин. После чего был изъят из емкости, промыт водой, удален поверхностный слой лака с помощью жидкости для снятия лака и обработан спиртовым раствором. Заключительным этапом был проведен металлографический анализ с помощью микроскопа при увеличении 650.

По результатам экспериментальных исследований были получены фотографии образца латуни после образования на поверхности оксидной пленки (рис. 1).

Латунь – это двухфазный материал, кроме основной структурной составляющей – α -фазы (твердый раствор цинка в меди), в этом сплаве есть и β -фаза, более богатая цинком, и представляющая собой химическое соединение CuZn . Наиболее активно азотная кислота взаимодействует с β -фазой.

На микрофотографии (рис. 1) β -фаза представлена темным фоном, на котором видны зерна α -фазы. Фрагменты некоторых зерен α -фазы окрашены в красный цвет, что связано с полным растворением цинка и выделением меди в чистом виде.

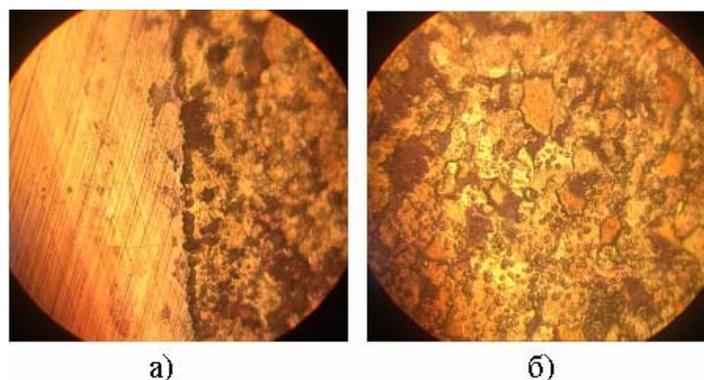


Рис. 1. Структура исследуемого образца: граница окисленной и неокисленной поверхности (а), окисленная поверхность (б)

При взаимодействии азотной кислоты с компонентами сплава в присутствии воздушной среды образуется окисная пленка, состоящая из малоустойчивых к растворителям нитратов меди и цинка, а также оксида цинка.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан метод металлографического анализа поверхности окисленной латуни, изучено распределение структурных составляющих, установлен состав окисной пленки на поверхности латуни.

Список литературы

1. Петренко, В. И. Изменение координат аддитивной цветовой модели латуни после окисления в различных средах / В. И. Петренко, Я. С. Земцова, Д. М. Мордасов // Современные технологии композиционных материалов : матер. IV Всерос. науч.-практ. молодежной конференции с международным участием. – Уфа, 2019. – С. 319–320.

2. Petrenko, V. I. Change of coordinates of the additive color model of brass after oxidation in various media / V. I. Petrenko, Y. S. Zemtsova, D. M. Mordasov // Modern technologies of composite materials – Materials of the IV all-Russian scientific and practical youth conference with international participation. – Ufa, 2019. – P. 319–320.

В. И. Петренко, А. П. Макаручк, студенты кафедры «Материалы и технология»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ

Аннотация. Исследовались образцы, изготовленные методом FDM-печати на межслойную прочность на разрыве. Показано отсутствие линейной зависимости прочности исследуемых образцов от процента заполнения их ячеистой структуры.

Ключевые слова: аддитивные технологии, FDM-печать, прочностные характеристики.

Применение аддитивных технологий при прототипировании и изготовлении конечных изделий получило значительное распространение. Наиболее доступным методом 3D-печати является послойная заливка экструдированным расплавом полимера – FDM (Fused Deposition Modeling).

Взаимосвязь технологий 3D-печати и прочностных характеристик рассматривается в немногочисленных публикациях [1 – 4].

Вызывают интерес прочностные характеристики изготовленного изделия с различными векторами приложения нагрузки. Предположительно, что прочностные характеристики выше при приложении нагрузки вдоль нитей экструдированного материала, чем при приложении нагрузки поперек укладки филамента.

Образцы для исследования прочностных характеристик изготавливались по аддитивной технологии на двух 3D-принтерах: Maker Bot Replicator Z18 и Maker Bot Replicator 5 Gen. Образцы изготавливались двух видов для исследования с приложением нагрузки вдоль и поперек (межслойная прочность изделия) волокна филамента. На каждом из принтеров образцы изготавливались партиями по шесть штук в каждой партии с заполнением внутренней ячеистой структуры образцов 10, 50 и 100%. Всего было изготовлено 72 образца. При выращивании образцов применялись настройки печати, рекомендованные производителем оборудования. В качестве материала для печати использовался полимер полилактид (PLA), полиэфир молочной (2-гидроксипропионовой) кислоты $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOH}$.

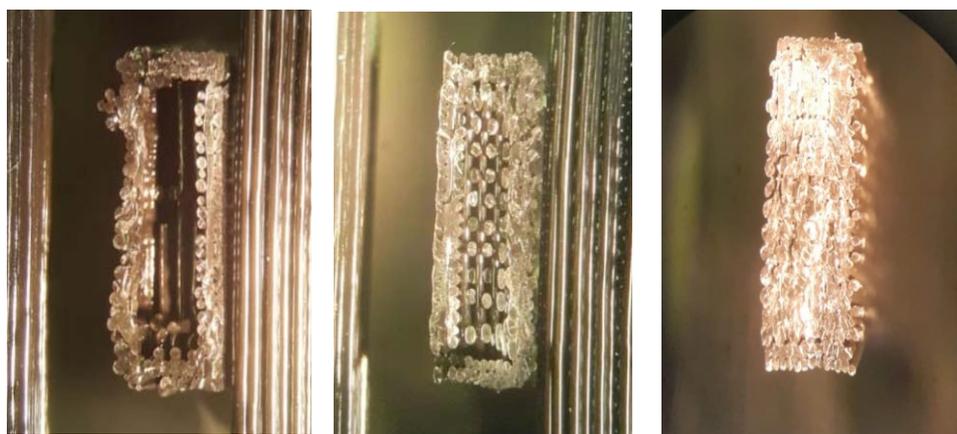
Геометрические размеры образцов выполнялись согласно ГОСТ 33693–2015.

Исследовались прочностные характеристики двух видов изготовленных образцов из полилактида с различным процентом заполнения ячеистой структуры, испытывались на разрывной машине МР-0,5-1. Принципиально образцы различались направлением печати:

- нить укладывалась параллельно большей стороны образца;
- нить укладывалась параллельно меньшей стороны образца.

С использованием оптической микроскопии были изучены изломы всех образцов, подвергшихся испытаниям на разрыв. Характерный вид изломов образцов с заполнением ячеистой структуры на 10, 50 и 100% для образцов первого вида представлен на рис. 1 и второго вида на рис. 2.

На рисунке 1 и 2 видна характерная укладка филамента поперек поверхности излома (рис. 1) и вдоль поверхности излома (рис. 2).

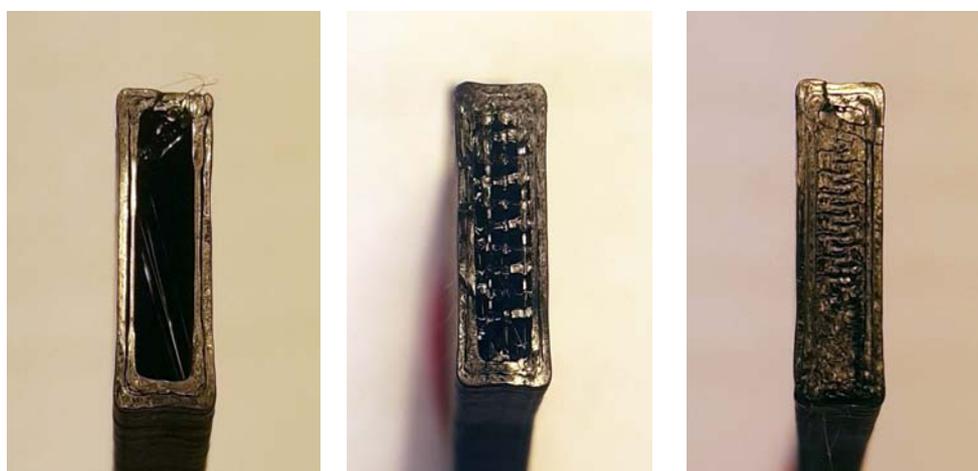


a)

б)

в)

Рис. 1. Излом образцов первого вида с 10% (а), 50% (б) и 100% (в) заполнением ячеистой структуры



a)

б)

в)

Рис. 2. Излом образцов второго вида с 10% (а), 50% (б) и 100% (в) заполнением ячеистой структуры

Поверхность излома всех полученных образцов имеет пористую структуру, хорошо просматриваются нити внутри образцов. По степени пластической деформации образцы являются хрупкими. Излом образцов при воздействии приложенной нагрузки – плоский со скосами.

По результатам испытаний каждого вида образцов, каждой партии из шести образцов построены графики зависимости для средних показателей массы (рис. 3), удлинения (рис. 4) и прочности (рис. 5) образцов от процента заполнения ячеистой структуры.

Изменение массы происходит пропорционально изменению заполнения ячеистой структуры. Следует заметить, что образцы второго вида, изготовленные на MakerBot Z18, (рис. 3, б), стали тяжелее образцов, изготовленных на MakerBot G5.

Образцы, изготовленные на MakerBot G5 с 50% заполнения не прошли испытания предела прочности. Разрыв образцов произошел при незначительном их нагружении. Это свидетельствует о недостаточных физико-механических характеристиках образцов, изготовленных с заполнением ячеистой конструкции 50% на принтере MakerBot G5.

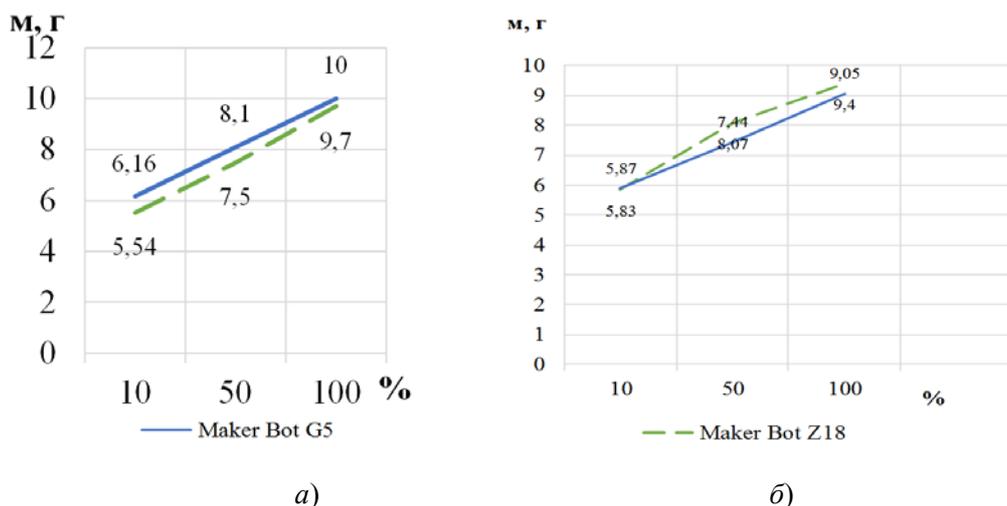


Рис. 3. Зависимость средней массы образцов, изготовленных на принтерах MakerBot Z18 и MakerBot G5 от процента заполнения ячеек: первого вида (а) и второго вида (б)

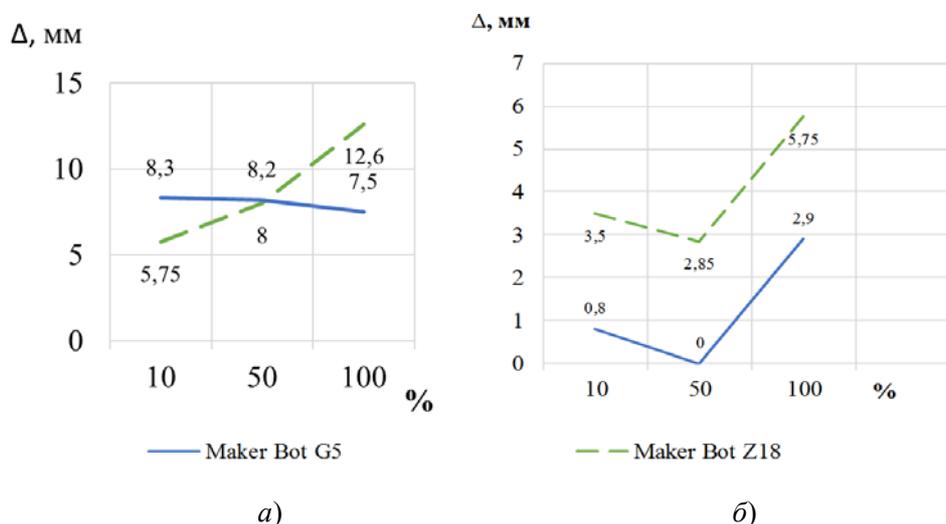


Рис. 4. Зависимость среднего удлинения образцов до момента разрыва от процента заполнения ячеек: первого вида (а) и второго вида (б)

Удлинение остальных образцов, изготовленных на принтерах MakerBot Z18 и MakerBot G5 происходит нелинейно (рис. 4). Характер изменения кривых удлинения образцов коррелируется с характером изменения кривых предела их прочности (рис. 4).

Характер изменения предела прочности образцов, изготовленных на принтерах, MakerBot Z18 и MakerBot G5, аналогичен (рис. 5).

В целом значение прочности образцов первого вида значительно выше образцов второго вида и составляет для образцов, изготовленных на принтере MakerBot Z18, практически двухкратную разницу, а для образцов, изготовленных на принтере MakerBot G5, – пяти кратную разницу. У образцов, изготовленных на принтере MakerBot G5 наблюдается значительный разброс предела прочности.

Планируется провести дополнительные исследования образцов, изготовленных с заполнением ячеистой структуры от 10% до 100% с шагом 10%. Данные исследования должны дать общее понимание влияния формируемой топологии изделия на его прочностные характеристики.

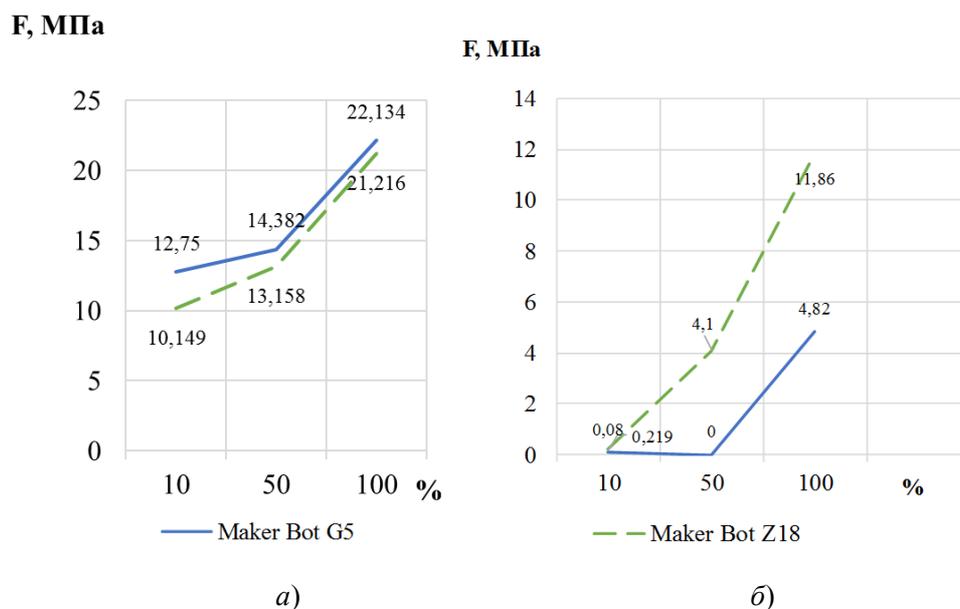


Рис. 5. Зависимость среднего значения силы, примененной для разрыва образцов, от процента заполнения ячеек: первого вида (а) и второго вида (б)

Список литературы

1. Chen, X. Direct Slicing from Power SHAPE Models for Rapid Prototyping / X. Chen, C. Wang, X. Ye, Y. Xiao, S. Huang // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2001. – V. 17, № 7. – P. 543 – 547.
2. Pham, D. T. A Comparison of Rapid Prototyping Technologies / D. T. Pham, R. S. Gault // International Journal of Machine Tools and Manufacture. –1998. – V. 38, Is. 10–11. – P. 1257 – 1287.
3. Pandey, P. M. Optimal part deposition orientation in FDM by using a multi-criteria genetic algorithm / P. M. Pandey, K. Thrimurthulu, N. Venkata Reddy // International Journal of Production Research. – 2004. – V. 42, Is. 19. – P. 4069 – 4089.
4. Santhakumar, J. Investigation on the Effect of Tensile Strength on Fdm Build Parts Using Taguchi-Grey Relational Based Multi-Response Optimization / J. Santhakumar, U. Mohammed Iqbal, M. Prakash // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 2017. – V. 8, Is. 12. – P. 53 – 60.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»)

С. В. Пономарев, д-р техн. наук, проф.,
Д. Ю. Муромцев, д-р техн. наук, проф.

(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОВ И ОСНОВНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. На основе накопленного опыта проектирования и разработки методов и устройств для измерения теплофизических характеристик веществ, базирующихся на решении задач оптимизации, изложен рекомендуемый порядок действий (с применением методов математической метрологии) при выводе расчетных соотношений для вычисления среднеквадратичных оценок погрешностей измерений, используемых в качестве целевых функций.

Ключевые слова: теплофизические свойства, измерение, погрешности, среднеквадратичные оценки, минимизация, целевая функция.

При практическом осуществлении контроля качества теплоизоляционных материалов и изделий – на промышленных предприятиях широко используются теплофизические методы и приборы. Для повышения достоверности результатов контроля качества таких материалов и изделий весьма важным является обеспечение требующейся точности измерений теплофизических свойств (ТФС).

При выборе наилучших (оптимальных) значений режимных параметров методов и основных конструкционных размеров устройств для измерения ТФС веществ большое значение имеет правильное задание функционала (целевой функции), используемого при постановке и решении задачи оптимизации. В ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» накоплен опыт [1 – 18] проектирования методов и устройств для измерения ТФС веществ на основе решения задач оптимизации с использованием целевых функций, для получения которых (с применением методов математической метрологии) рекомендуется использовать следующий порядок действий:

1) на основе методов теории теплопроводности и математической физики [1 – 3, 6, 13 – 18] записывают постановку прямой краевой задачи теплопроводности, описывающей температурное поле внутри образца исследуемого материала в процессе проведения процесса экспериментального измерения ТФС; примеры таких работ проведены в публикациях [1 – 6, 9, 11 – 18];

2) с применением теории теплопроводности и методов математической физики получают решение прямой краевой задачи теплопроводности, например, как это показано в [1 – 6, 9, 11 – 18];

3) на основе имеющегося решения прямой краевой задачи теплопроводности получают расчетные соотношения (формулы), используемые в дальнейшем для вычисления искомого ТФС по экспериментальным данным; примеры получения таких результатов приведены в [1 – 6, 9, 11 – 18]; следует отметить, что в иногда возможно получение таких формул (расчетных соотношений) непосредственно на основе постановки прямой краевой задачи теплопроводности без использования ее аналитического решения, как это показано, например, в [1, 18] для случая применения так называемых временных интегральных характеристик (на основе теории преобразования Лапласа);

4) с использованием полученных формул (на основе методов математической метрологии и теории погрешностей [1 – 17]) получают расчетные соотношения (формулы) для вычисления среднеквадратичных оценок относительных погрешностей косвенных измерений искомого ТФС, зависящих от :

- а) режимных параметров проведения процесса измерения;
- б) основных конструкционных размеров измерительного устройства;
- в) параметров применяемого алгоритма обработки экспериментальных данных;
- г) погрешностей измерения физических величин, непосредственно определяемых в процессе эксперимента;

5) в дальнейшем эти расчетные соотношения используются в качестве целевой функции (функционала) при математическом моделировании погрешностей измерения искомого ТФС [1 – 17].

Примеры применения методов математической метрологии и теории погрешностей измерений при выводе целевых функций в виде расчетных соотношения для вычисления среднеквадратичных оценок относительных погрешностей измерения ТФС веществ приведены в публикациях [1 – 17].

Список литературы

1. Теоретические и практические основы теплофизических измерений : монография / С. В. Пономарев и др. ; под ред. С. В. Пономарева. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 408 с.
2. Гуров, А. В. Измерение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты : монография / А. В. Гуров, С. В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 100 с.
3. Gurov, A. V. The choice of the optimum conditions for measuring the thermal properties of materials by the plane «instantaneous» heat source method / A. V. Gurov, G. A. Sosedov, S. V. Ponomarev // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55, № 10. – P. 1187 – 1192.
4. Пономарев, С. В. О выборе оптимальных условий измерения теплофизических свойств веществ методом линейного «мгновенного» источника тепла / С. В. Пономарев, И. Н. Исаева, С. Н. Мочалин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76, № 5. – С. 32 – 36.
5. Пат. РФ № 2534429. Способ измерения теплофизических свойств твердых материалов методом плоского мгновенного источника тепла / С. В. Пономарев, А. В. Гуров, А. Г. Дивин, Г. В. Шишкина ; опубл. 27.11.2014, Бюл. № 33.

6. Мочалин, С. Н. Измерение характеристик влагопереноса тонколистовых капиллярно-пористых материалов методом «мгновенного» источника влаги : монография / С. Н. Мочалин, С. В. Пономарев. – М. : Спектр, 2010. – 100 с.
7. Пат. РФ № 2027172. Способ и устройство комплексного определения теплофизических характеристик материалов и устройство для его осуществления / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, Е. И. Глинкин и др. // МКИ G01 N25/18, Б.И. № 2 от 20.01.95 г.
8. Пат. РФ № 2018117. Способ комплексного определения теплофизических свойств материалов / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, Е. И. Глинкин и др. // МКИ G01 N25/18, Б.И. № 15 от 15.08.94 г.
9. Оптимизация измерения теплофизических параметров теплоизоляционных материалов методом линейного импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов // Метрология. – 2017. – № 2. – С. 10 – 19.
10. Пат. РФ № 2601234 Способ измерения теплофизических свойств твердых материалов методом плоского импульсного источника тепла / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов, Г. В. Шишкина ; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30.
11. Optimization of Measurements of the Thermophysical Parameters of Heat-Insulating Materials by Means of a Linear Pulse Heat Source / S. V. Ponomarev, V. O. Bulanova, A. G. Divin, E. V. Bulanov // Measurement Techniques. – 2017. – V. 60, Is. 6. – P. 583 – 588.
12. Пат. № 2613194. МПК G01N 25/18. Способ измерения теплофизических свойств анизотропных материалов методом линейного импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, В. О. Буланова, А. Г. Дивин, Е. В. Буланов, Г. В. Шишкина ; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8.
13. Пономарев, С. В. Применение математических основ метрологии при оптимизации режимных параметров методов и основных конструкционных размеров устройств для измерения теплофизических свойств веществ : монография / С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Д. А. Любимова ; под науч. ред. С. В. Пономарева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.
14. Минимизация погрешностей измерений коэффициентов теплопроводности и температуропроводности теплоизоляционных материалов методом плоского импульсного источника теплоты / С. В. Пономарев, Е. В. Буланов, В. О. Буланова, А. Г. Дивин // Измерительная техника. – 2018. – № 12. – С. 43 – 46.
15. Minimization of measurement errors of the coefficients of heat conductivity and thermal diffusivity of thermal insulating materials by the plane pulsed heat source method / S. V. Ponomarev, E. V. Bulanov, V. O. Bulanova, A. G. Divin // Measurement Technique. – 2019. – V. 61. – № 12. – P. 1203 – 1208.
16. Пономарев, С. В. Методы и устройства для измерения эффективных теплофизических характеристик потоков технологических жидкостей / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1997. – 248 с.
17. Ponomarev S. V., Mishchenko S. V., Irvine T. F. Measurements of Thermophysical Properties by Laminar Flow Methods. – New-York : Begell House Inc., 2001. – 278 p.
18. Теплофизические измерения. Справочное пособие по методам расчета полей, характеристик тепломассопереноса и автоматизации измерений / В. В. Власов, Ю. С. Шаталов, С. В. Пономарев и др. – Тамбов : Изд-во ВНИИРТМАШ, 1975. – 256 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»)

З. М. Селиванова, д-р техн. наук, проф., почетный работник высшего профессионального образования РФ, проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,

Д. С. Куренков, магистрант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»

(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Аннотация. Предложены оперативный метод неразрушающего контроля теплофизических свойств теплоизоляционных материалов и структура объектно-ориентированной интеллектуальной информационно-измерительной системы, позволяющие повысить точность, оперативность определения контролируемых параметров исследуемых материалов для улучшения качества выпускаемой продукции на предприятии.

Ключевые слова: теплофизические свойства, интеллектуальная информационно-измерительная система, метод неразрушающего контроля, теплоизоляционные материалы.

Оценка качества теплоизоляционных материалов осуществляется по ряду параметров, которые определяются нормативными документами на выпускаемые материалы. Основными параметрами при оценке теплофизических свойств теплоизоляционных материалов (минеральных ват) являются теплопроводность и термическое сопротивление ($R_{ТФС}$), необходимость контроля которых указана в ГОСТ на выпускаемую продукцию [1]. Неразрушающий контроль (НК) теплофизических свойств (ТФС) исследуемых материалов выполняется с использованием разработанной интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС) [2]. Известны информационно-измерительные системы: TRSYS01, предложенная компанией Hukseflux (Делфт, Нидерланды); в статье Laghi, L., Pennecchi, F. и Raiteri, G. приводится описание информационно-измерительной системы UnithermTM 2022 и др. которые весьма точно определяют теплопроводность материалов, но недостаточно оперативно [3, 4].

Известные импульсные тепловые методы НК ТФС теплоизоляционных материалов отличаются также недостаточной оперативностью. Поэтому целью данного исследования является повышение оперативности импульсного метода линейного источника тепла для НК теплофизических свойств материалов.

Постановка задачи:

– изучить закономерности изменения термограмм (температурно-временных зависимостей в плоскости контакта измерительного термозонда ИИИС и исследуемого материала) при различном частотно-импульсном тепловом воздействии в зависимости от класса тепло-

проводности материала 0.02 до 0,2 Вт/мК (импульсами с различной длительностью и скважностью, частотой и мощностью) линейным или плоским нагревателем измерительного термозонда ИИИС на исследуемый материал без нарушения его целостности при воздействии дестабилизирующих факторов;

- выполнить анализ полученных результатов с целью разработки оперативного метода неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов с элементами искусственного интеллекта для решения задачи адаптации к классу исследуемых теплоизоляционных материалов;

- разработать структуру объектно-ориентированной ИИИС точного и оперативного НК ТФС материалов с применением методов искусственного интеллекта, инвариантную к различным классам исследуемых теплоизоляционных материалов в диапазоне теплопроводности от 0.02 до 0,2 Вт/мК).

При решении изложенных задач применялись теории измерительных систем, теплопроводности, методы искусственного интеллекта.

При определении теплофизических свойств материалов в информационно-измерительной системе применяется метод, основанный на использовании линейного мгновенного источника теплового воздействия, расположенного в контактной области полуграниченных тел, при распространении тепла на теплоизолированных поверхностях тела, которое в тепловом отношении полубесконечно. Задача теплопроводности при воздействии мгновенным линейным источником тепла имеет следующий вид [2]:

$$T(x, \tau) = \frac{Q}{4\pi\lambda\tau} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha\tau}\right), \quad (1)$$

где $T(x, \tau)$ – температура; Q – мощность при тепловом воздействии; τ – время; x – расстояния от контролируемых точек до теплового линейного источника.

При формировании n -го импульса в контролируемое время n и m при частотно-импульсном тепловом воздействии на теплоизоляционный материал расчет температуры $T(x, \tau)$ (1) осуществляется по зависимости

$$T(x, n) = \frac{QF}{4\pi\lambda} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{i} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha\Delta\tau i}\right), \quad (2)$$

где F – заданная частота тепловых импульсов.

Получены формулы для определения λ и α на основе (2) по данным температур $T(x, n)$ и $T(x, m)$ [5] в результате проведенных теплофизических измерений:

$$\alpha = B_1 \exp\left(B_2 \frac{T_n}{T_m}\right); \quad \lambda = \frac{1}{T_m} B_3 \ln(B_4 \alpha),$$

где $B_1 - B_4$ – калибровочные коэффициенты.

В известных методах определения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов тепловое импульсное воздействие на исследуемый материал линейным источником тепла осуществляется до наступления установившегося теплового режима в контактной области измерительного зонда ИИИС и объекта контроля ТФС. В результате экспериментальных исследований показатель достижения установившегося теплового режима может изменяться в зависимости от класса исследуемого материала по теплопроводности и интервала между проводимыми теплофизическими измерениями.

Получены экспериментальные зависимости изменения значений коэффициентов тепло- и температуропроводности исследуемых теплоизоляционных материалов от временных интервалов между теплофизическими измерениями $\lambda = f(t_{\text{инт}})$ и $\alpha = f(t_{\text{инт}})$ ИИИС, представленные на рис. 1.

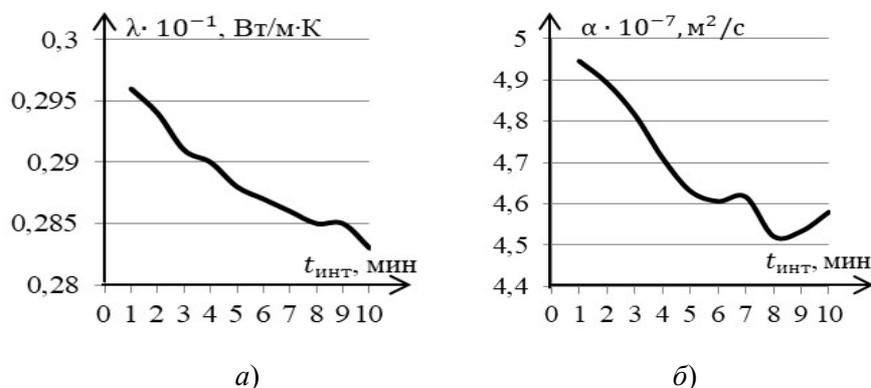


Рис. 1. Зависимости значений $\lambda = f(t_{\text{инт}})$ (а) и $\alpha = f(t_{\text{инт}})$ (б) для исследуемого материала – рипора

На основе экспериментальных данных проводится расчет относительных погрешностей измерений параметров теплофизических свойств материалов. Определяются зависимости погрешностей измерений от временных интервалов между теплофизическими измерениями теплоизоляционных материалов с различной теплопроводностью. Получены графо-аналитические зависимости $\delta_\lambda = f(t_{\text{инт}})$ и $\delta_\alpha = f(t_{\text{инт}})$.

Для материалов с большей теплопроводностью необходимо выбирать интервал между измерениями на основе анализа относительной погрешности измерения теплопроводности, как следует из представленных экспериментальных данных, и соответствия ее допустимой погрешности измерения не более 3%.

Предложенный подход применяется в разработанной ИИИС для повышения оперативности контроля параметров ТФС теплоизоляционных материалов при минимизации погрешности результатов измерения.

Выбор оптимального (рационального) временного интервала при проведении теплофизических измерений осуществляется в результате идентификации измерительной ситуации. Под измерительной ситуацией понимается совокупность оптимальных режимных параметров при проведении теплофизических измерений, которые формируются после проведения тестового теплофизического измерения и снятия термограммы.

По результатам тестовой термограммы определяется измерительная ситуация с использованием методов искусственного интеллекта в зависимости от класса материалов по теплопроводности в диапазоне 0,02...0,2 Вт/(м·К).

При формировании измерительной ситуации выбираются алгоритм измерения, временной интервал между измерениями и определяется мощность теплового воздействия на объект исследования согласно классу материала.

Разработанный метод реализован в разработанной объектно-ориентированной ИИИС, приведенной на рис. 2.

Проведены экспериментальные исследования ИИИС теплоизоляционных материалов. Данные экспериментов приведены в табл. 1.

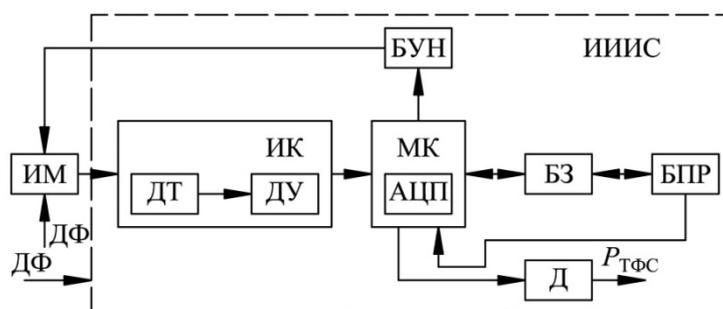


Рис. 2. Структурная схема ИИИС теплоизоляционных материалов:

ИМ – исследуемый материал, ДТ – датчик температуры, ДУ – дифференциальный усилитель, ИК – измерительный канал, БУН – блок управления нагревом, МК – микроконтроллер, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, БЗ – база знаний, БПР – блок принятия решений, Д – дисплей, $P_{ТФС}$ – параметры теплофизических свойств материалов

1. Относительные погрешности измерений коэффициента теплопроводности δ_λ минеральных ват

Минеральные ваты	Данные справочника	Результаты измерений	Относительные погрешности измерений
	λ , Вт/(мК)	λ , Вт/(мК)	δ_λ , %
Рипор	0,028	0,0283	1,07
Гераклит	0,035	0,0345	1,43
Изовент	0,032	0,0315	1,56
Изоруф	0,034	0,0347	2,06
Изофас	0,039	0,0397	1,79

Разработанный метод позволяет повысить оперативность НКТФС теплоизоляционных материалов в результате сокращения временного интервала между теплофизическими измерениями при обеспечении точности определения параметров теплофизических свойств и качества продукции.

Список литературы и источников

- ГОСТ 31309–2005. Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия. – Дата введения 2007-01-01. – М. : Стандартинформ, 2005. – 15 с.
- Селиванова, З. М. Методы и алгоритмы повышения точности информационно-измерительных систем теплофизических свойств теплоизоляционных материалов : монография / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.
- Laghi, L. Uncertainty analysis of thermal conductivity measurements in materials for energy-efficient buildings / L. Laghi, F. Pennechi, G. Raiteri // International Journal of Metrology and Quality Engineering (IJMQE). – 2011. – V. 2, № 2. – P. 141 – 151.
- Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control her-mophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1278. – 2 August 2019 Published online: <https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/1278/1>. Accepted received: 17 June 2019. Pp. 012040.

З. М. Селиванова, д-р техн. наук, проф., почетный работник высшего профессионального образования РФ, проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
Д. С. Куренков, магистрант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Аннотация. Предложены математическая модель допускового контроля теплопроводности строительных материалов и интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного мониторинга для обеспечения качества выпускаемых материалов на производстве.

Ключевые слова: интеллектуальная информационно-измерительная система, дистанционный мониторинг, строительные материалы, допусковой контроль.

Качество строительных материалов – основной фактор, влияющий на стоимость строительства зданий и сооружений, долговечность, энергосбережение и экологическую безопасность. Энергосбережение в жилом комплексе достигается в результате повышения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций. По результатам тепловизионного обследования жилых помещений установлено, что потери тепловой энергии в наружных стенах составляют до 30%, в оконных конструкциях – до 30%. До 40% расходуется тепло при нагреве наружного воздуха, необходимом для вентиляции. Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий приведена в своде правил СП 50.13330.2012 [1].

В настоящее время быстрыми темпами растут цены на энергоносители, поэтому задача улучшения энергоэффективности зданий и сооружений является важной и актуальной. Решение задачи возможно при использовании в строительстве зданий и сооружений качественных теплоизоляционных строительных материалов: минераловатных плит и матов, пенопластов и др., с теплопроводностью в диапазоне 0,03...0,06 Вт/(м·К). Для оценки качества материалов определяется один из важнейших параметров – теплопроводность материалов, которая определяется измерительными средствами. Известны информационно-измерительные системы: TRSYS01, предложенная компанией Hukseflux (Делфт, Нидерланды), в статье Laghi, L., Pennecchi, F. и Raiteri, G. приводится описание информационно-измерительной системы Unitherm™ 2022 [2], которые весьма точно определяют теплопроводность материалов, но недостаточно оперативно. В работе [3] рассмотрена ИИС с элементами искусственного интеллекта, определяющая теплопроводность материалов точно и оперативно, но отсутствует дистанционный контроль теплопроводности.

Изготовление качественных теплоизоляционных материалов в соответствии с требованиями нормирующих документов [1] определяется точностью технологических процессов их производства, а также контролем теплопроводности выпускаемой продукции. Обеспечение точности технологического процесса достигается при соответствии заданному допуску его режимных параметров [4 – 6]. Допусковой контроль режимных параметров технологическо-

го процесса и теплопроводности строительных теплоизоляционных материалов проводится интеллектуальной информационно-измерительной системой (ИИИС) дистанционного мониторинга (ДМ) с применением средств автоматизации в производственной линии изготовления материалов в цеху предприятия (рис. 1).

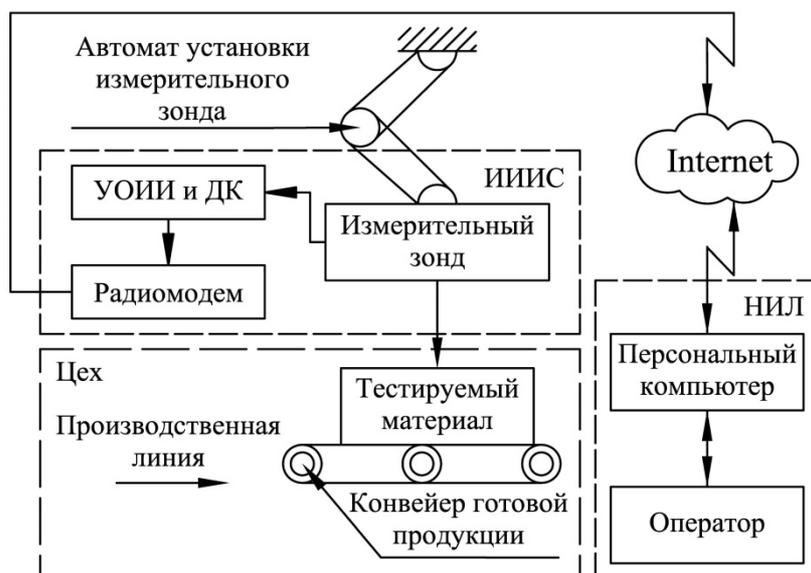


Рис. 1. Структурная схема ИИИС ДМ строительных материалов

Результаты допускового контроля теплопроводности исследуемых материалов, полученные в устройстве обработки измерительной информации и допускового контроля (УОИИ и ДК), с помощью радиомодема и сети Internet поступают в персональный компьютер научно-исследовательской лаборатории предприятия (НИЛ). В лаборатории выполняется анализ результатов допускового контроля теплопроводности материалов. Если теплопроводность не соответствует нормативным требованиям, то выполняется коррекция режимных параметров технологического процесса и повторный допусковой контроль теплопроводности выпускаемых строительных материалов.

Разработана математическая модель допускового контроля режимных параметров технологического процесса изготовления материалов и теплопроводности теплоизоляционных строительных материалов на основе исследования теплофизических свойств различных видов материалов, обоснования требуемой точности дистанционного контроля с использованием ИИИС, анализа дестабилизирующих факторов, влияющих на технологический процесс, предполагаемой архитектуры ИИИС, установления достоверности измерительной информации.

Постановка задачи: измерить теплопроводность строительных материалов (СМ) $\lambda_{СМ}$ с требуемой относительной погрешностью δ_{λ} ; при заданном метрологическом уровне ИИИС $\delta_{ИИИС}$ при дистанционном мониторинге режимных параметров технологического процесса изготовления строительных материалов $Q_{РП}$, параметров дестабилизирующих факторов $Q_{ДФ}$ и определении их принадлежности к области допустимых значений в течение заданного интервала времени τ .

Математическая модель допускового контроля теплопроводности $\lambda_{\text{СМ}}$ строительных материалов представлена в общем виде:

$$\lambda_{\text{СМ}} = f(Q_{\text{РП}}, Q_{\text{ДФ}}, \delta_{\lambda}, \delta_{\text{ИИИС}}, \tau). \quad (1)$$

Математическая модель допускового контроля теплопроводности материалов приведена в виде совокупности аналитических зависимостей параметров модели (1):

$$\lambda = f(Q_{\text{РП}}), \lambda = f(Q_{\text{ДФ}}), \lambda = f(\delta_{\text{ИИИС}}). \quad (2)$$

Аналитическая зависимость $\lambda = f(Q_{\text{РП}})$ параметров математической модели (2) включает следующие компоненты:

$$\lambda = f(Q_{\text{РП}}) = f(C_{\text{ИС}}, C_{\text{МД}}, Q_{\text{СК}}), \quad (3)$$

где $C_{\text{ИС}}$ – концентрация исходного сырья; $C_{\text{МД}}$ – концентрация модифицирующих добавок; $Q_{\text{СК}}$ – связующие компоненты.

Получены аппроксимирующие зависимости компонентов выражения (3):

$$\lambda^* = f(C_{\text{ИС}}) = 2,21 \cdot 10^{-4} C_{\text{ИС}} + 1,41 \cdot 10^{-2};$$

$$\lambda^* = f(C_{\text{МД}}) = 2,52 \cdot 10^{-4} C_{\text{МД}} + 1,21 \cdot 10^{-2};$$

$$\lambda^* = f(Q_{\text{СК}}) = 2,13 \cdot 10^{-4} Q_{\text{СК}} + 2,73 \cdot 10^{-2}.$$

Аналитическая зависимость $\lambda = f(Q_{\text{ДФ}})$ параметров математической модели (2) включает следующие компоненты:

$$\lambda = f(Q_{\text{ДФ}}) = f(T_{\text{ОС}}, W_{\text{ОС}}), \quad (4)$$

где $T_{\text{ОС}}$, $W_{\text{ОС}}$ – температура и влажность окружающей среды.

Получены аппроксимирующие зависимости компонентов выражения (4):

$$\lambda^* = f(T_{\text{ОС}}) = 6,14 \cdot 10^{-4} T_{\text{ОС}} + 2,71 \cdot 10^{-2};$$

$$\lambda^* = f(W_{\text{ОС}}) = 2,23 \cdot 10^{-4} W_{\text{ОС}} + 2,79 \cdot 10^{-2}.$$

Получена аппроксимирующая зависимость $\lambda = f(\delta_{\text{ИИИС}})$ математической модели (2):

$$\lambda^* = f(\delta_{\text{ИИИС}}) = 0,412 \delta_{\text{ИИИС}} + 0,572,$$

где $\delta_{\text{ИИИС}}$ – относительная погрешность измерения λ с помощью ИИИС.

Область существования математической модели (1) определяется следующими ограничениями:

$$Q_{\text{РП}} \in Q_{\text{РП доп}}; \delta_{\text{ИИИС}} \in \delta_{\text{ИИИС доп}};$$

$$Q_{\text{ДФ}} \in Q_{\text{ДФ доп}}; \delta_{\lambda} \in \delta_{\lambda доп},$$

где $Q_{\text{РП доп}}$, $Q_{\text{ДФ доп}}$, $\delta_{\lambda доп}$, $\delta_{\text{ИИИС доп}}$ – области допустимых значений контролируемых параметров при допусковом контроле теплопроводности строительных материалов с использованием ИИИС.

Проведены экспериментальные исследования ИИИС ДМ строительных материалов, результаты которых представлены в табл. 1.

1. Относительная погрешность определения коэффициента теплопроводности δ_λ теплоизоляционных строительных материалов

Теплоизоляционные строительные материалы	Справочные данные	Измеренные данные	Относительная погрешность измерения
	λ , Вт/(мК)	λ , Вт/(мК)	δ_λ , %
Пенополиуретан	0,029	0,030	3,45
Минеральная вата	0,040	0,0415	3,75
Маты из стекловолокна	0,050	0,052	4,00
Рубероид	0,170	0,178	4,70
Пенобетон	0,210	0,220	4,76

Математическая модель допускового контроля теплопроводности строительных материалов применяется в информационном виде в базе знаний разработанной интеллектуальной информационно-измерительной системы дистанционного мониторинга строительных материалов при определении коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов с требуемой погрешностью не более 5%.

Список литературы и источников

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. Laghi, L. Uncertainty analysis of thermal conductivity measurements in materials for energy-efficient buildings / L. Laghi, F. Pennechi, G. Raiteri // International Journal of Metrology and Quality Engineering (IJMQE). – 2011. – V. 2, № 2. – P. 141 –151.
3. Селиванова, З. М. Проектирование интеллектуальных информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / З. М. Селиванова, А. А. Самохвалов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 273 – 283.
4. Селиванова, З. М. Методы и алгоритмы повышения точности информационно-измерительных систем теплофизических свойств теплоизоляционных материалов : монография / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.
5. Зырянов, Ю. Т. Модель закона распределения непрерывных случайных величин на основе гамма-распределения / Ю. Т. Зырянов, И. Г. Карпов, О. В. Мельник // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 3(305). – С. 26 – 30.
6. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н.Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 1. – С. 7 – 15.

Научное электронное издание

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ,
ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ**

(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

**Том III: ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Материалы Международной научно-практической конференции

Редактирование: Е. С. Мордасовой

Инженер по компьютерному макетированию: Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2150-2



Подписано к использованию 10.12.2019.

Упаковка и тиражирование 21.01.2020.

Тираж 100 шт. Заказ № 149

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел. 8(4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru

