

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)*

г. Пермь, 23–24 апреля 2020 г.

Том 1

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2020

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54
Х46

Приведены результаты исследований в области экологии, химической технологии и биотехнологии, строительства дорог и транспортных сооружений, машиностроения и материаловедения, направленных на разработку энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Главный редактор

В.Г. Рябов, д-р техн. наук, профессор

Ответственные редакторы

Э.Х. Сакаева, канд. техн. наук, доцент

Е.М. Федосеева, канд. техн. наук, доцент

Редакционная коллегия

В.В. Вольхин, д-р хим. наук, профессор

В.З. Пойлов, д-р техн. наук, профессор

Я.И. Вайсман, д-р мед. наук, профессор

М.Г. Бояришинов, д-р техн. наук, профессор

Л.В. Рудакова, д-р техн. наук, профессор

Л.С. Щепетева, канд. техн. наук, доцент

М.В. Песин, д-р техн. наук, профессор

ISBN 978-5-398-02337-4 (общ.)

ISBN 978-5-398-02338-1 (Т. 1)

© ПНИПУ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ

<i>А.А. Абрамова, Д.В. Беляева, А.И. Гайнанова</i> Экономическая эффективность от внедрения системы очистки сточных вод на предприятии пищевой промышленности.....	11
<i>А.А. Абрамова, М.А. Ильина</i> Дополнительная общеобразовательная программа для школьников «Химия воды»	16
<i>В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Д.Н. Буранов</i> Экологическая безопасность территорий, прилегающих к очистным сооружениям сточных вод от нефте-и маслосодержащих загрязнений.....	21
<i>Фалих Хасан Абдулхуссейн Ал-Фради, Ю.А. Смятская</i> Изучение сорбционных свойств материалов на основе финиковой пальмы.....	25
<i>А.С. Атанова, И.С. Глушанкова</i> Переработка полимерных отходов термохимическими методами с получением углеродных сорбентов.....	28
<i>С.Э. Байрамова, А.П. Кашина, Э.Х. Сакаева</i> Креозот в окружающей среде	32
<i>П.В. Баталов, Г.В. Ильиных</i> Анализ влияния параметров процессов утилизации полимерных композиционных материалов на качество получаемого вторичного волокна.....	37
<i>С.Е. Бикбаева, Л.Н. Бельдеева</i> Разработка мероприятий по минимизации воздействия отходов пластмасс в г. Барнауле	42
<i>А.С. Власов, К.Г. Пугин</i> Выбор способа утилизации бурового шлама в зависимости от территориальных условий	46
<i>Н.А. Воронин, В.А. Сомин</i> Оценка содержания меди в кожуре цитрусовых	51
<i>Т.Г. Галимзянова, Л.В. Рудакова</i> Использование микроскопических водорослей в природоохранных технологиях.....	54

<i>А.С. Гапонько, О.М. Горелова</i> Обезвреживание и утилизация нефтесодержащих отходов	58
<i>Г.Ю. Германюк, Т.П. Чепикова, С.Н. Красильников</i> Экологическая безопасность обработанной электронной техники	62
<i>В.С. Горбов, Л.В. Куртукова, И.С. Горелова</i> Обеспечение экологической безопасности при производстве растительных масел	67
<i>О.М. Горелова, Л.В. Куртукова, М.Н. Хавкунова</i> Поиск путей утилизации отходов в производстве растительных масел	70
<i>И.А. Гузев, А.В. Елькин, И.С. Глушанкова, А.А. Сурков</i> Утилизация буровых отходов с получением рекультивационного грунта и строительных материалов	74
<i>М.В. Ермакова, Л.В. Рудакова</i> Использование метода оценки жизненного цикла для отходов нефтедобычи	79
<i>С.Б. Ефимова, Е.В. Калинина</i> Оценка возможности использования остатков после пиролиза нефтесодержащих отходов в производстве керамических изделий.....	83
<i>М.Е. Ефимова, И.С. Глушанкова</i> Способ получения рекультивационного материала на основе бурового шлама.....	88
<i>А.Е. Жуланова, И.С. Глушанкова, А.М. Михайлова</i> Использование лигносульфонатов в производстве строительных материалов	93
<i>Р.Р. Ильясова, Г.Р. Зайнуллина</i> Изучение экологических проблем и путей их решения в учебном процессе в средней школе	98
<i>В.Г. Исаков, А.М. Непогодин,</i> <i>Г.В. Свалов, М.Ю. Дягелев</i> Лабораторная флотационная установка	104
<i>Е.Н. Карманова, И.А. Шестаков, Е.В. Калинина</i> Анализ способов обращения с нефтесодержащими отходами нефтеперерабатывающих заводов	109

<i>А.П. Килина, А.В. Цыбина, И.С. Глушанкова</i> Определение эмиссионного потенциала осадков сточных вод разного срока хранения при анаэробном разложении	114
<i>Л.А. Кормина, О.О. Сукач</i> Внедрение ресурсосберегающих технологий в энергетике.....	120
<i>Д.А. Красков, Т.П. Луцко</i> Сравнение химического состава вод финского залива в районе города Ломоносов в осенне-зимний период.....	124
<i>А.В. Куликова, В.А. Сомин</i> Перспективы использования грунтовых тепловых насосов в Алтайском крае	129
<i>И.Е. Курочкина, Э.Х. Сакаева</i> Санитарно-защитные зоны как объект противоречий двух законодательных документов.....	133
<i>Л.Ю. Лопухина, Т. Н. Патрушева, С. К. Петров, А. Н. Пименов</i> Минимизация отходов лакокрасочной промышленности	137
<i>О.Д. Лукашевич, Е.А. Фролова, В.Н. Лукашевич</i> Экологические инновации дорожного строительства в контексте решения глобальных экологических проблем	142
<i>М.С. Мехоношина</i> Сравнительный анализ динамики индикаторов по цели устойчивого развития «обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте».....	147
<i>М.С. Мехоношина</i> Устойчивое развитие городов: индикаторы.....	152
<i>Э.М. Миннибаева, Э.Р. Каримова, С.С. Егоркин</i> Использование поощрительных баллов в рамках модульно-рейтинговой системы для мотивации экологической деятельности студентов	157
<i>Т.А. Мусихина, А.М. Анисимов, А.А. Сметанин, О.П. Потанина, С.В. Недорезов</i> Предложения по выбору таксонов для экологического районирования города Кирова	162

<i>О.Ю. Первушина, Е.В. Калинина</i> Удаление фосфат-ионов из сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях	167
<i>В.Г. Петров, Н.Е. Суксин</i> Утилизация отходов гальванического производства нанесения цинковых покрытий.....	172
<i>И.А. Печенкин, А.А. Сурков</i> Способ получения техногенного грунта на основе бурового шлама для рекультивации шламонакопителей	176
<i>П.А. Попцова, Г.С. Арзамасова</i> Проблема формирования и распространения экологической информации	181
<i>В.К. Пугина</i> Мировой опыт использования пластиковых отходов при создании асфальтобетонной смеси	186
<i>С.Р. Сахибгареев, М.А. Цадкин, А.Д. Бадикова, Е.В. Осипенко</i> Двойные соли на основе ряда неорганических хлоридов как эффективные катализаторы деструкции углеводородного сырья.....	191
<i>А.Д. Соловьев</i> Изучение экологических условий произрастания лекарственного растительного сырья на территории о. Закурье г. Чусового	194
<i>А.С. Соловьева, Э.Х. Сакаева</i> Влияние одноклеточной водоросли <i>Chlorella vulgaris</i> на ферментативную активность почв при их загрязнении смазочно-охлаждающими жидкостями	199
<i>Е.В. Старкова, Ю.В. Мозжегорова</i> Анализ методов измерения газовых эмиссий на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов	205
<i>Е.Н. Сундукова, Т.Ю. Казанцева, А.А. Таланов</i> Заморные явления в дельте Оби	210
<i>Е.Н. Сунцова, Л.В. Рудакова</i> Анализ методик оценки экологического вреда	215
<i>К.Б. Тагирова, В.Б. Барахнина, И.Р. Киреев</i> Выбор методики оценки негативного воздействия буровых сточных вод на окружающую среду	220

<i>Д.А. Ханнанов, В.Г. Петров, М.А. Шумилова</i> Некоторые экологические особенности использования калийных удобрений.....	225
<i>С.Х. Хомутова, Г.С. Арзамасова</i> Обзор применения нефинансовой экологической отчетности на российских промышленных предприятиях.....	229
<i>Н.Н. Храпко, Т.Н. Патрушева, С.К. Петров</i> Экологически безопасное производство функциональных покрытий.....	235
<i>И.О. Черкасова</i> Влияние загрязненного воздуха на мозг человека: взгляд студента.....	240
<i>Н.С. Чечулина</i> Сравнительный анализ динамики показателей по цели устойчивого развития «защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию»	245
<i>Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров, Н.А. Быковский, Р.М. Даминева, И.В. Овсянникова</i> Изучение устойчивости тростника обыкновенного к загрязнению почв попутно-добываемыми водами и нефтью.....	251

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

<i>О.В. Кожухарь, А.В. Селезнева</i> Оптимизация процессов сбыта и снабжения на предприятиях за счет сотрудничества с дилерской компанией комплексного типа	257
<i>С.А. Мельников, А.А. Ширяев, А.С. Нуртдинов, А.А. Бакунова, А. Шилова</i> Разработка технологии промывки деталей на основе применения моющих растворов на водной основе.....	262
<i>И.В. Ситников, И.П. Овчинников, Г.Л. Пермяков</i> Исследование влияния степени разрежения на качество защиты металла при дуговой сварке в контролируемой атмосфере.....	267
<i>Э.Р. Рахматулин, М.Ф. Карташов, Е.С. Саломатова</i> Прорывная технология – проволоочно-дуговое аддитивное производство	272

<i>Е.В. Журавлева, А.Ю. Душина</i> Оптимизация процесса «разработка и внедрение технологического обеспечения» на машиностроительном предприятии.....	281
<i>П.А. Демидова, В.Ф. Макаров, М.В. Песин</i> Математическое моделирование формирования напряженно-деформированного состояния сложнопрофильной поверхности при обкатывании роликом	286
<i>А.Н. Маталасов, В.Я. Беленький, Е.С. Саломатова</i> Сварка ферромагнитных материалов (сталей)	290
<i>К.С. Корепанова, В.Ф. Макаров, М.В. Песин</i> Теоретическое обоснование применения упрочняющей обработки обкаткой роликами для повышения качества поверхности деталей	294
<i>Е.Ю. Панина, С.Н. Акулова</i> Основные факторы, влияющие на качество измерений на координатно-измерительной машине.....	299
<i>И.А. Крутихина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин</i> Сравнительный анализ методов ППД для повышения долговечности резьбы.....	304
<i>Л.Д. Резина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин</i> Применение метода конечно-элементного моделирования для расчета технологических параметров упрочняющей обработки при обкатывании	309
<i>Л.Р. Сингатуллина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин</i> Особенности проектирования деформирующего ролика для обкатывания резьбы	314
<i>К.С. Богданов, В.Я. Беленький, Е.С. Саломатова, Т.В. Ольшанская</i> Влияние дуговых источников на физико-химические процессы при аддитивном формировании заготовок из титановых сплавов	319
<i>А.Ю. Душина, У.А. Карабатова, Т.В. Ольшанская, Е.М. Федосеева</i> Особенности кристаллизации сталей аустенитного класса при аддитивных технологиях	324
<i>Д.В. Захарова, А.В. Селезнева</i> Оптимизация технологического процесса изготовления детали типа «скоба» путем применения электроэрозионной обработки.....	329

<i>Л.М. Меркушева, К.В. Шаров</i> Исследование гидродинамики расплава в ярусных литниковых системах с керамической сеткой	335
<i>Н.В. Тутынин</i> Обеспечение заданной стойкости твердосплавных фрез на этапе проектирования	340
<i>И.В. Юзько</i> Проблемы авиастроения в России	346
<i>А.М. Найчук, М.М. Базуев, В.С. Кокшаров</i> Анализ влияния действительных размеров звеньев кинематического механизма на его работоспособность.....	351
<i>М.Ю. Каплун</i> Подготовка кадров для современного машиностроительного комплекса на основе системы дуального образования	356
<i>В.А. Суханова</i> Бережливое производство в современном машиностроении	361
<i>Т.И. Сахаутдинов</i> Метод контроля резьбовых соединений конических резьб для элементов бурильных колонн.....	366
<i>А.Л. Каменева, Н.В. Каменева</i> Изучение эффективности использования ионно- плазменных покрытий на основе двух- и трехкомпонентных нитридов Ti, Zr и Al для повышения стойкости режущего инструмента в горнодобывающей промышленности	369
<i>А.В. Селезнева</i> Формирование структурных элементов, определяющих качество образовательных услуг политехнического вуза	375
<i>Н.А. Лобанов, Е.М. Федосеева</i> Сравнение методов прогнозирования структуры сварных соединений	380
<i>О.С. Чернавина</i> Проблемы организации высокоточных измерений на машиностроительном предприятии.....	385
<i>И.П. Попов</i> Многокомпонентная колебательная система.....	390
<i>О.Б. Санникова</i> Автоматизация бизнес-процессов как инструмент эффективного управления машиностроительным предприятием	396

<i>А.М. Долгошапко, В.В. Карманов, А.А. Ширяев, А.А. Бакунов</i>	Разработка устройства для упрочняющей накатки	401
<i>М.Р. Миндибаев, Д.А. Ощепков, А.С. Чунарев, Т.В. Ольшанская, Е.С. Саломатова</i>	Моделирование тепловых процессов при сварке плавлением различных материалов в MathCad 15	405
<i>И.В. Усанин, Д.А. Лютов, Т.В. Ольшанская, Е.С. Саломатова, Е.М. Федосеева</i>	Исследование влияние теплофизических характеристик на тепловые процессы при моделировании сварки плавлением.....	409
<i>Е.А. Мугизова, В.М. Осокин, К.А. Пеленев</i>	Механическое поведение конструктивно- подобного элемента фланцевого соединения с включенным дефектом типа пора	413
<i>И.П. Попов</i>	Оптимизация нагрузки вибрационных сортировальных машин	419

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 628.315

А.А. Абрамова, Д.В. Беляева, А.И. Гайнанова

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены проблемы при сбросе сточных вод с высоким содержанием жиров, химическим потреблением кислорода и биологическим потреблением кислорода от предприятий пищевой промышленности, а также влияние состава сточных вод на повышающие коэффициенты платы при сбросе в городскую сеть канализации. Предложена схема очистки сточных вод пищевых предприятий с применением жируловителей и электрофлотатора.

Ключевые слова: жиры, ХПК, повышающий коэффициент, очистка сточных вод, жируловители, электрофлотатор, локальные очистные сооружения.

A.A. Abramova, D.V. Belyaeva, A.I. Gainanova

ECONOMIC EFFICIENCY FROM THE INTRODUCTION OF A CLEANING SYSTEM IN THE FOOD INDUSTRY

Problems are considered in the discharge of wastewater with a high fat content, chemical oxygen consumption and biological oxygen consumption from food industry enterprises, as well as the effect of wastewater composition on increasing pay coefficients when discharged into the city sewer network. A scheme of wastewater treatment of food enterprises using grease traps and electroflotator is proposed.

Keywords: food industry enterprises, increasing coefficient, waste water treatment, grease traps, electroflotator, local treatment facilities.

На сегодняшний день актуальной проблемой предприятий пищевой промышленности являются высокие концентрации жиров, химического потребления кислорода и биологического потребления кислорода (ХПК и БПК) в производственных стоках, вследствие чего возникают трудности, а именно:

– жиродержащие сточные воды при смешивании с бытовыми сточными водами становятся агрессивными по отношению к бетонным поверхностям, разрушают бетонные блоки и швы канализационных труб;

– в несколько раз увеличивается размер платы за сброс неочищенных сточных вод в городскую сеть канализации;

– усложняется водоочистка на классических очистных сооружениях бытовых сточных вод, расчет необходимых реагентов, ресурсов;

– отсутствуют методики, позволяющие обосновать дифференциацию нормативов платы в зависимости от объема затрачиваемых ресурсов (времени, труда, оборудования, электроэнергии, расходных материалов, фильтров, очищающих реагентов и т.д.) на очистку сточных вод.

Предприятие осуществляет плату за сброс загрязненных сточных вод в общую городскую канализационную сеть. До 1 января 2019 г. порядок взимания платы за превышение абонентами нормативов водоотведения по составу сточных вод определялся органами исполнительной власти субъектов РФ на основании Постановления Правительства РФ от 31.12.1995 г. № 1310, и, соответственно, в каждом отдельном регионе действует свой порядок взимания такой платы. К примеру, в Удмуртской Республике действует Постановление Правительства Удмуртской Республики от 24.05.2004 г. № 67 «О порядке взимания платы за сброс сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов на территории Удмуртской Республики» [1, 2]. Согласно этому документу взимается плата в двукратном размере действующего тарифа по каждому виду загрязнения за весь объем сбрасываемых сточных вод. Двукратный повышающий коэффициент к действующему тарифу введен для стимулирования предприятий к природоохранной деятельности. При этом ни в одном нормативном документе нет расчетного обоснования для принятия такого повышающего коэффициента.

С 1 января 2019 г. порядок исчисления и взимания платы за сброс сточных вод с превышением норматива состава сточных вод должен был стать единым для всех регионов. Этот порядок устанавливается Правилами холодного водоснабжения и водоотведения (Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 г. № 644). При этом размер платы за негативное воздействие на работу централи-

зованной системы водоотведения определяется согласно п. 120 указанного постановления:

$$\Pi = K_k \cdot T \cdot Q;$$

где Π – размер платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения, подлежащей уплате абонентом, без учета налога на добавленную стоимость (руб.); K_k – коэффициент компенсации, составляющий при первичном нарушении 5, при повторном нарушении в течение года с момента совершения предыдущего нарушения по тому же показателю – 10, при последующих нарушениях в течение года по тому же показателю – 25; T – тариф на водоотведение, действующий для абонента, без учета налога на добавленную стоимость (руб./м³); Q – объем сточных вод, сброшенных абонентом через канализационный выпуск.

Изменения в размере платы за сброс сточных вод в городскую канализационную сеть показаны в таблице.

Изменения в размере платы за сброс сточных вод
предприятия в городскую канализационную сеть

Показатель	До 2019 г.		С 01.01.2019 г.	
	без очистки	с очисткой	без очистки	с очисткой
Размер платы, руб./год	18 000	10 000	36 000	4500

Таким образом, многократное увеличение размера платы за сброс загрязненных сточных вод в городскую канализационную сеть стимулирует предприятия к внедрению ресурсосберегающих очистных сооружений. Патентно-информационный поиск показал, что в настоящее время для очистки сточных вод с высокой концентрацией жиров, ХПК, БПК применяются следующие методы очистки:

Локальные очистные сооружения, включающие в себя механическую и биологическую очистку. Первый этап – механическая очистка, стоки проходят через:

1. Жироуловители уменьшают количество твердых и крупнодисперсных жировых частиц примерно на 60 %, однако показатель БПК остается на прежнем уровне.

2. Решетки, предназначенные для задержания крупных отходов из поступающих стоков.

3. Песколовки, в которых благодаря незначительным скоростям движения воды происходит задержание минеральных частиц – песка.

4. Первичные отстойники предназначены для осаждения более мелких взвесей, прошедших через решетки и песколовки, и улавливания плавающих веществ (жиры, нефтепродукты).

5. Предварительно механически очищенные стоки обрабатываются коагулянтom и флокулянтom. Скоагулированные взвеси осаживаются и выгружаются на механическое обезвоживание. Такой процесс возможно обеспечить с помощью электрофлотатора.

Эффективность очистки на электрофлотаторе: жиры – 98 %, ХПК – 60 %, БПК – 60 % [3].

Второй этап – биологическая очистка [4]:

6. Биореактор предназначен для удаления органических загрязнений с помощью активного ила (т.е. снижение биологической потребности в кислороде БПК и химической потребности в кислороде ХПК).

7. Вторичные отстойники применяются для разделения биологически очищенных сточных вод и избыточного активного ила, вынесенного с водой из аэротенков.

Третий этап – доочистка:

8. Фильтр с ершовой загрузкой («искусственные водоросли»), на которой закрепляются микроорганизмы, продолжающие процесс очистки сточных вод после прохождения их через вторичные отстойники.

9. Станция ультрафиолетового облучения. Обработка воды УФ-облучением позволяет избавиться от большинства бактерий, вирусов, возбудителей инфекционных заболеваний.

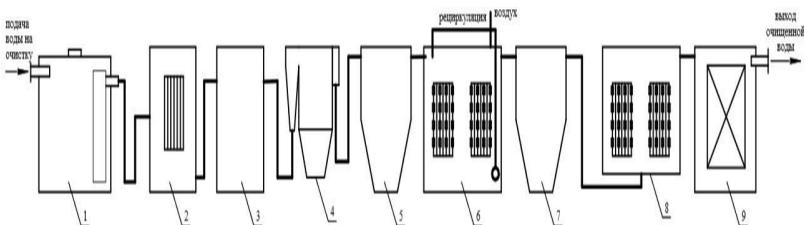


Рис. Локальные очистные сооружения сточных вод

Схема локальных очистных сооружений сточных вод на предприятиях пищевой промышленности представлена на рисунке.

Вывод: внедрение на предприятии пищевой промышленности системы очистки сточных вод позволит уменьшить негативное влияние на централизованную систему водоотведения и снизить плату за сброс сточных вод в городскую канализацию в 8–9 раз.

Список литературы

1. О взимании платы за сброс сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов: Постановление Правительства РФ от 31.12.1995 г. № 1310.

2. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 г. № 644.

3. Электрофлотаторы: пат. 107147 Рос. Федерация / В.В. Старших, Е.А. Максимов. заявл. 2011.03.09; опуб. 2011.08.10.

4. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учеб. пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.

Об авторах

Абрамова Анна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: aaa2785@mail.ru.

Дарья Вадимовна Беляева – магистрант кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет, e-mail: belaevad47@gmail.com.

Альфия Ильдусовна Гайнанова – магистрант кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет, e-mail: aynanova99@mail.ru.

А.А. Абрамова, М.А. Ильина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ «ХИМИЯ ВОДЫ»

В статье содержится описание новой для школьной образовательной деятельности программы естественно-научной направленности «Химия воды». Данная программа относится к дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе. Приведены ее направленность, актуальность, цели и задачи, краткое содержание.

Ключевые слова: вода, водоснабжение, водоотведение, очистка воды, свойства воды, круговорот воды, проект.

A.A. Abramova, M.A. Ilyina

ADDITIONAL GENERAL EDUCATION PROGRAM FOR SCHOOLCHILDREN “CHEMISTRY OF WATER”

The article contains a description of a new program for school educational activities of the natural science orientation “Water Chemistry”. This program belongs to an additional general educational developmental program. Its focus, relevance, goals and objectives, a summary are given.

Keywords: water, water supply, water disposal, water purification, water properties, water cycle, project.

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Химия воды» разработана на основе программы Е. Качур «Увлекательная химия», И.А. Леенсона «Занимательная химия для детей и взрослых», Я.И. Перельмана «Для юных физиков», с учетом Федерального закона РФ от 29.12.2012 г. № 273 «Об образовании в Российской Федерации», Приказа Министерства образования и науки РФ от 29.08.2013. № 1008 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».

Настоящий курс помогает учащимся познать уникальные свойства воды, получить знания в области химии воды, водосбережения, водоснабжения, водоотведения на основе образовательной

программы с применением научно-исследовательских и проектных методов, критического взгляда на мир, что позволяет отнести программу к естественно-научной направленности.

Актуальность программы. Вода – ценнейший ресурс на нашей планете. Она является источником жизни, поскольку в ней происходит большая часть биохимических превращений в нашем организме. Без нее невозможна жизнь на нашей планете. Сохранение ее чистоты и рациональное, бережное к ней отношение является залогом успешного развития любого государства и выживания человечества. Проблема загрязнения поверхностных и подземных водных объектов с каждым днем становится все серьезнее и близка к катастрофе. В настоящее время около миллиарда человек не имеет доступа к качественной питьевой воде. Прогнозы ученых не обнадеживают: 70 % населения планеты в ближайшем будущем столкнется с нехваткой пресной воды.

Одним из методов решения этой проблемы является ранее приобщение школьников к экологичному образу жизни, экономии водных ресурсов и бережному обращению с ними. С этой целью и создан данный обучающий курс: используя имеющейся у преподавателей высшей школы опыт, знания, умения, способствовать формированию у школьников культуры обращения с водными ресурсами. Занятия построены по принципу совмещения теоретических и увлекательных практических занятий, позволяющих показать применимость полученных теоретических знаний в реальной жизни и в будущей профессии.

Формы организации образовательного процесса как индивидуальные, так и групповые. Занятия состоят из теоретической и практической частей.

Цель программы – создание системы начальной подготовки учащихся в области химии воды, водосбережения, водоснабжения, водоотведения на основе образовательной программы с применением научно-исследовательских и проектных методов, критического взгляда на мир.

Задачи программы:

1. Познакомить с первичными представлениями о роли воды в жизни человека.
2. Сформировать у учащихся экологическую культуру при обращении с водой – важнейшим ресурсом на Земле.

3. Познакомить с удивительными и аномальными свойствами воды.

4. Сформировать навыки проведения физического эксперимента.

5. Познакомить с историей становлением системы водоснабжения и водоотведения в России.

6. Развить умения излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения.

7. Дать возможность овладеть элементарными навыками исследовательской деятельности.

8. Познакомить с инженерными специальностями в области водоснабжения.

Содержание программы включает в себя следующие темы занятий:

Вводное занятие

Теория. Роль воды в жизни человека, растений, животных. Вода – элемент, без которого бы не появилась жизнь на Земле.

Практика. Биологический опыт «Красим цветы», иллюстрирующий схему питания растений.

Вода дороже золота

Теория. Какие экологические проблемы угрожают рекам России. Как каждый школьник может внести свой вклад в сохранение их чистоты. Принципы круговорота воды.

Практика. Командное задание «Исследование угроз», Опыт «Домашнее облако», иллюстрирующий глобальный процесс круговорота воды в природе.

Удивительные свойства воды

Теория. Строение молекулы воды, электроотрицательность, ковалентные связи. Сила поверхностного натяжения. Жуки-плавунцы, водомерки.

Практика. Опыт по изучению магнитных свойств воды. Опыт «Легкая сталь», демонстрирующий силу поверхностного натяжения воды. Опыт «Лодочка на мыльном двигателе», демонстрирующий, как меняется сила поверхностного натяжения воды при воздействии другого вещества.

Аномальные свойства воды

Теория. Температура воды, плотность, соленость. Температура замерзания и давление. Можно ли одним куском льда охладить другой? Можно ли одной порцией кипятка нагреть другую? Охлаждение льдом. Стаканы для холодных напитков.

Практика. Опыты «Неньютоновская жидкость», «Самодельный хэндгам», опыт «Яйцо в соленой воде». Опыт «Лед в бутылке».

Вода родного города

Теория. История появления водопровода в России. Первые насосные станции. Основные источники водоснабжения.

Практика. Настольная игра «Путешествие воды».

Вторая жизнь воды

Теория. Фильтры, отстойники, аэротенки, ультрафиолетовое обеззараживание, хлорирование, озонирование.

Практика. Опыт по моделированию загрязнения воды, проектированию фильтра и составлению гипотезы, конструированию фильтра и фильтрации воды.

Проектная работа

Предполагает организацию самостоятельной деятельности обучающихся по достижению определенного результата. Варианты проектов: «Экомемы», где учащимся предлагается сделать 4 мема о водосбережении, «Геолокатор», в котором ребятам нужно обнаружить и описать 5 интересных водных объектов, которые находятся поблизости от их населенного пункта

Каждое занятие включает в себя теоретический и практический разделы. На практике школьники проводят опыты, иллюстрирующие физические и химические свойства воды, законы гидродинамики и гидростатики. За основу при проведении опытов взята информация из источников [1–3]. Каждое занятие строится по принципу STEM-образования, т.е. включает в себя различные эксперименты. Перед учениками ставится задача, выдаются все необходимые инструменты, чтобы они сами нашли решение.

Лекция по физическим и химическим свойствам воды сформирована на основе монографии С. Ястребова [4], по микробиологии воды – на основе энциклопедии Э. Ражкак [5]. При подготовке лекционного материала использованы методические пособия по подготовке и проведению экоурока «Вода России» с сайта [6].

Отличительной особенностью данного учебного курса является то, что он помогает учащимся сформировать естественнонаучное мышление в области химии воды, основ культуры водосбережения, водоснабжения, водоотведения, познакомиться с инженерными специальностями в области водоснабжения. Данный курс предполагает междисциплинарный подход (химия, физика, биология) к изучению важности воды, ее свойств и состояний, что

позволит подготовить учащегося к успешному освоению школьного курса этих дисциплин и сдаче ЕГЭ.

Список литературы

1. Перельман Я.И. Для юных физиков. опыты и развлечения: учеб.-метод. пособие. – М.: Римис, 2015. – 192 с.
2. Домашняя лаборатория. опыты для детей: журнал. – М.: АРИА-АиФ.
3. Русско-немецкая летняя школа по проблемам водоснабжения и водоотведения населенных мест на базе института энергетики и жилищного хозяйства ИжГТУ имени М.Т. Калашникова / В.Г. Исаков, М.А. Непогодин, М.А. Плетнев, А.А. Абрамова, М.Ю. Дягелев, Э.Х. Шемякина; сб. статей // II Рус-нем. лет. шк. по проблеме водоснабжения и водоотведения населенных мест: сб. ст. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2019. – 149 с.
4. Ястребов С. От атомов к дереву. Введение в современную науку о жизни. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018. – 704 с.
5. Ражжак Э., Лавердан Д. Живой мир под микроскопом: энциклопедия. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 30 с.
6. Методические пособия по подготовке общероссийских и международных экологических уроков [Электронный ресурс]. – URL: <http://экокласс.рф/> (дата обращения: 01.02.2020).

Об авторах

Абрамова Анна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: aaa2785@mail.ru.

Ильина Мария Андреевна – инженер 2-й категории кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: OselleLaite@yandex.ru.

В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Д.Н. Буранов

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ,
ПРИЛЕГАЮЩИХ К ОЧИСТНЫМ СООРУЖЕНИЯМ СТОЧНЫХ
ВОД И ЗАЩИТА ОТ НЕФТЕ- И МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Рассматривается задача обеспечения экологической защита территорий, прилегающих к очистным сооружениям промышленных предприятий (защита от аварийного сброса в сточные воды нефте- и маслосодержащих загрязняющих веществ). Предлагается использовать оптоэлектронное устройство анализа изменений оптической плотности сгустков аварийных сбросов, являющееся элементом комплексной системы безопасности территорий.

Ключевые слова: очистные сооружения, оптическая плотность, аварийный сброс, нефть, масло.

V.A. Alekseev, V.P. Usoltsev, S.I. Yuran, D.N. Buranov

**ENVIRONMENTAL SAFETY OF TERRITORIES ADJACENT
TO OIL WASTE WATER TREATMENT FACILITIES-
AND OIL-CONTAINING CONTAMINANTS**

The problem of ensuring the environmental safety of territories adjacent to the treatment facilities of industrial enterprises from the emergency discharge of oil and oil – containing pollutants into wastewater is considered. It is proposed to use an optoelectronic device for analyzing changes in the optical density of clusters of emergency discharges, which is an element of a comprehensive security system for territories.

Keywords: treatment facilities, optical density, emergency discharge, oil, sunflower oil.

Одной из проблем современных промышленных предприятий является очистка сточных вод от нефте- и маслосодержащих загрязняющих веществ. На ряде производств появление этих загрязняющих веществ связано с технологическими процессами производства. Это предприятия металлургии, обогатительные фабрики на горном производстве, предприятия алюминиевой промышленности, нефтеперерабатывающие заводы, производства синтетических каучуков, ацетона и пластмасс, предприятия лакокрасочной промышленности, кустовые насосные станции при добыче нефти и др. [1].

Известно много способов и устройств для очистки сточных вод от нефте- и маслосодержащих загрязняющих веществ [2, 3]. Анализ различных схем очистки показал, что в случае запроектной аварии на предприятии или в системе очистки сточных вод возможен залповый сброс порции нефте- и маслосодержащих веществ на выход сточных вод, направляемых, в том числе, в водоемы рядом с предприятием.

Залповый аварийный сброс представляет сгусток нефте- и маслосодержащих веществ с определенным временем протекания аварийной ситуации.

Для исключения попадания аварийного сброса в водоемы предлагается на выходе системы очистки установить аварийный отстойник, а в выходной сточной трубе – заслонку для направления порции (сгустка) в аварийный отстойник по команде с оптико-электронного блока анализа состава сточной воды (блока обнаружения аварийного сброса).

Обнаружение сгустка производится путем анализа характера изменения оптической плотности сточной воды на определенной длине волны зондирующего излучения. Для излучателя оптико-электронного блока возможно использование светодиодов в видимой области спектра излучения, что экономически выгоднее использования лазерных диодов и надежнее по количеству ресурса часов работы.

Проведенные эксперименты на лабораторном стенде показали, что из трех светодиодов – с красным, синим и зеленым свечением – наиболее приемлемым является светодиод с зеленым свечением.

В качестве сгустков в экспериментах использовались нефть и подсолнечное масло, а также эмульсии с добавлением воды. Наибольший сигнал фиксации изменения оптической плотности раствора получен на зеленом светодиоде.

Система устранения аварийных сбросов в сточные воды нефте- и маслосодержащих загрязнений представлена на рисунке.

Предложенная система устранения аварийных сбросов в сточные воды предприятия является элементом комплексной системы экологической безопасности регионального уровня [4]. Множество аналогичных элементов сбора фактов наступления аварийной ситуации в рамках указанной системы безопасности будет установлено на множестве предприятий региона, где существует вероятность запроектной аварии на хранящих нефте- и масло содержащих веществ.

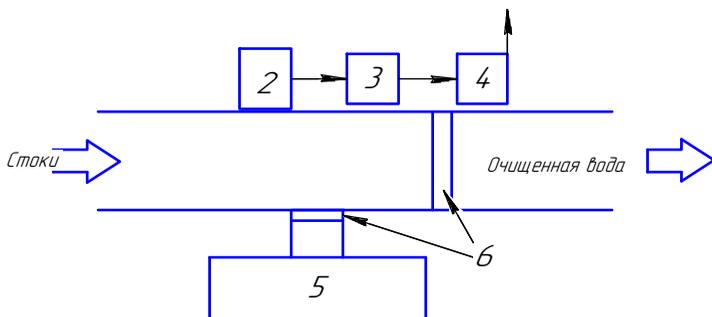


Рис. Структурная схема системы устранения аварийных сбросов: 1 – устройство очистки сточных вод; 2 – блок обнаружения аварийного сброса; 3 – блок управления заслонками; 4 – блок передачи сообщения об аварии; 5 – емкость для утилизации; 6 – заслонки

После обнаружения аварийного сброса подается команда на утилизацию сгустка и одновременно подается сообщение в аналитический центр комплексной системы о произошедшей аварии. В сообщении также указывается, с какого из объектов, подключенных к комплексной системе, поступил сигнал. В системе автоматически формируется решение о привлечении всех необходимых сил и средств для ликвидации последствий аварии на объекте.

Список литературы

1. Долина Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод: монография. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 296 с.
2. Патент № 2144511. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов / Дергачев Э.П., Завгородний В.Н., опубл. 20.01.2000. Бюл. №2.
3. Патент № 146655. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод / Домницкий В.В., Абросимов М.В., Иващенко П.Н. Опубл. 20.03.2000. Бюл. №8.
4. Габричидзе Т.Г. Основы комплексной системы безопасности критически важных (потенциально опасных) объектов муниципального и регионального уровней: монография. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2012. – 390 с.

Об авторах

Алексеев Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Физика и оптотехника», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: alekseevv@istu.ru.

Усольцев Виктор Петрович – кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: vpusoltcev@mail.ru.

Юран Сергей Иосифович – доктор технических наук, профессор, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: yuran-49@yandex.ru.

Буранов Денис Николаевич – аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: denis_buranov_04@mail.ru.

Фалих Хасан Абдулхуссейн Ал-Фради, Ю.А. Смятская

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФИНИКОВОЙ ПАЛЬМЫ

Рассмотрена возможность использования отхода листьев финиковой пальмы в качестве сорбента для очистки воды от ионов металлов. Предложены способы модификации отхода с помощью температурной обработки в диапазоне от 150 до 450 °С. Температурная обработка при 450 °С позволяет увеличить эффективность очистки до 90 %.

Ключевые слова: сорбция, листового опад, пальма, сточные воды, ионы железа.

Falih Hasan Abdulhussein Al-Fradi, Y. Smyatskaya

STUDY OF SORPTION PROPERTIES OF MATERIALS ON THE BASIS OF A PALM

The paper considers the possibility of using date palm leaves as a sorbent for purifying water from metal ions. Methods for modifying waste using heat treatment in the range from 150 to 450 °C are proposed. Heat treatment at 450°C allows to increase the cleaning efficiency up to 90%.

Keywords: sorption, leaf litter, palm, wastewater, iron ions.

Культурная финиковая пальма (*Phoenix dactylifera L.*) – двудомное растение высотой до 30 м, но обычно 8–10 м и до 1,2 м в диаметре ствола (обычно до 80 см). Финиковая пальма – важнейшая плодовая культура сухих тропических и жарких субтропических пустынь и полупустынь. Первое место по производству фиников занимает Ирак (около 350 тыс. т). Древесина пальмы используется в качестве строительного материала, листья – для плетения различных изделий. Применяется подсечка пальм для получения сахаристого сока. Отходы, в виде опавших листьев, образуются также в больших количествах.

В работах [1–3] описано использование опада листвы в качестве сорбционного материала.

Целью данной работы явилось изучение сорбционных свойств материалов на основе опада листьев пальмы финиковой,

которые предварительно были высушены и измельчены до размера 0,5 мм. Термическая обработка листьев финиковой пальмы проводилась в муфельной программируемой печи с ограниченным доступом кислорода в стальной ячейке.

При термической обработке были получены образцы, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Номер образца	Температура карбонизации, °С	Время карбонизации, мин
1	0	0
2	150	20
3	250	20
4	350	20
5	450	20

Для изучения сорбционных свойств полученные материалы в количестве 20 г/л добавляли в модельные растворы, содержащие ионы железа общего (Fe^{2+} и Fe^{3+}) с начальной концентрацией 50 мг/л, и проводили процесс сорбции в течение 20 мин в динамических условиях на лабораторном встряхивателе. Затем модельные растворы отфильтровывали и анализировали остаточное содержание ионов железа спектрофотометрическим методом по методике (ПНД Ф 14.1:2.4.50–96). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Эффективность очистки модельного раствора от ионов железа общего (Fe^{2+} и Fe^{3+}) от степени термической обработки

Номер образца	С нач, мг/л	С кон, мг/л	Э, %
1	50	25,3	49,4
2	50	22,1	56,0
3	50	13,2	74,0
4	50	8,2	83,6
5	50	4,6	90,0

Из таблицы видно, что с повышением температуры обработки у сорбционного материала эффективность очистки вод от ионов железа общего из модельного раствора увеличивается. Наибольшая эффективность очистки (90 %) была достигнута образцом № 5. При термической обработке материала образуется углеподобная структура с развитой, активной поверхностью.

Список литературы

1. Шаймарданова А.Ш., Степанова С.В., Шайхиев И.Г. Исследование возможности многократного использования листового опада в качестве сорбционного материала по отношению к ионам железа // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Т. 7, № 2. – С. 164–172.
2. The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media / A.A. Alekseeva, D.D. Fazullin, D.A. Kharlyamov, G.V. Mavrin, S.V. Stepanova, I.G. Shaikhiev, A.S. Shaimardanova // International journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Vol. 8, № 2. – P. 14375–14391.
3. Шаймарданова А.Ш., Степанова С.В. Шайхиев И.Г. Физико-химические основы удаления ионов железа из модельных растворов березовым опадом // Вода: химия и экология. – 2016. – № 1. – С. 53–59.

Сведения об авторах

Фалих Хасан Абдулхуссейн Ал-Фради – аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: falh.albagy@gmail.com.

Юлия Александровна Смятская – кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, e-mail: Makarovayulia169@mail.ru.

А.С. Атанова, И.С. Глушанкова

ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ С ПОЛУЧЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

К многотоннажным полимерным отходам относятся слоистые спрессованные материалы на основе фенолформальдегидных смол (ФФС) – текстолиты, древесно-стружечные плиты. Захоронение крупногабаритных и крупнотоннажных отходов на полигонах твердых коммунальных отходов занимает значительные площади и сопровождается длительными эмиссиями токсичных веществ – фенола, бензола, формальдегида и др. Разработка способов утилизации отходов на основе фенолформальдегидных смол является одной из актуальных задач, требующих решение.

В работе рассмотрена возможность термохимической утилизации полимерных отходов, содержащих ФФС с получением углеродных сорбентов с заданными свойствами.

Ключевые слова: полимерные отходы, низкотемпературный пиролиз, активирующий агент, катализаторы.

A.S. Atanova, I.S. Glushankova

THE PROCESSING OF POLYMER WASTES BY THERMOCHEMICAL METHODS TO OBTAIN CARBON SORBENTS

Multi-ton polymer wastes include layered compacted materials based on phenol-formaldehyde resins (PFS) – texolites, wood-chip and boards. Dumping of large-size and large-volume wastes at solid municipal waste sites occupies significant areas and it is accompanied by long-term emissions of toxic substances – phenol, benzene, formaldehyde, etc. Development of ways of utilization wastes that is based on phenol-formaldehyde resins is a pressing task that needs to be solved.

In work the possibility of thermochemical recycling of polymer wastes that contains PFCS for obtainnig carbon sorbents with specified properties is considered.

Keywords: polymer wastes, low-temperature pyrolysis, activating agent, catalysts.

Широкое использование полимерных материалов в народнохозяйственной деятельности приводит к необходимости решения проблемы утилизации и переработки образующихся полимерных отходов. По различным оценкам, только в 2018 г. на территории

РФ было образовано более 3,5 млн т отходов, из них переработано около 12 % [1]. Анализ морфологического состава образующихся полимерных отходов показал, что полиэтилен составляет около 32 %, полипропилен – 18 %, отходы ПЭТ – 11 %, 14 % – композиционные полимеры, в том числе слоистые пластики, содержащие фенолформальдегидные смолы (ФФС).

Слоистые пластики представляют собой композиционные материалы, в которых в качестве наполнителя применяют параллельно расположенные листы или ленты из различных материалов. К слоистым пластикам относят – текстолиты (ФФТ) с тканевыми слоистыми наполнителями, гетинаксы – с бумажными наполнителями и древеснослоистые пластики (ФФД), получаемые с применением древесной стружки.

Основными способам утилизации полимерных отходов в настоящее время являются складирование на полигонах твердых коммунальных отходов, вторичная переработка (литье под давлением, экструзия и др.), термическая переработка (сжигание и пиролиз) [2].

Отходы ФФТ и ФФД относятся к многотоннажным, крупногабаритным фракциям, трудноразлагаемым в естественных условиях, при этом процесс длительной химической и фотолитической деструкции сопровождается эмиссиями токсичных веществ в окружающую среду – фенола, бензола, формальдегида, ароматических спиртов и др.

К одним из перспективных методов эффективной утилизации полимерных многотоннажных отходов относятся методы низкотемпературного пиролиза, основанные на термохимической деструкции отходов без доступа кислорода. В процессе пиролиза протекает деструкция отходов с образованием твердого углеродистого остатка (карбонизата) и пиролизных газов, часть которых после конденсации может быть использована в качестве жидкого топлива. Неконденсируемые газы также обладают достаточным энергетическим потенциалом для поддержания температуры в печи пиролиза. Образующийся карбонизат в зависимости от его свойств и структуры может быть использован в качестве топлива, а также для получения пористых углеродных сорбентов типа активных углей – АУ.

Известно, что регулировать процессы пиролитической деструкции возможно с применением катализаторов различных типов. Использование катализатора позволит разрабатывать процессы с

получением продуктов с заданными свойствами, регулировать выход твердой и жидкой фракции и т.п. [3–5].

В настоящее время проводятся исследования каталитической деструкции полимерных отходов на основе ФФС (текстолита и ДСП).

Процесс пиролиза проводили в лабораторной печи муфельного типа в присутствии щелочного реагента и каталитических добавок. Исследовалось влияние температуры, длительности пиролиза, природы и его дозы на выход карбонизата (углеродного остатка) и формирование его пористой структуры и сорбционных свойств. Сорбционные характеристики полученных образцов определяли по стандартным методикам, принятым в сорбционной технике: сорбционная активность по йоду, осветляющая способность по красителю метиленовому голубому.

Установлено, что использование каталитических добавок при пиролизе исследуемых отходов влияет на выход твердой фракции и формирование ее пористой структуры, определены условия проведения процесса.

Использование каталитического пиролиза ФФТ и ФФД позволило получить в одну стадию углеродный сорбент, по свойствам не уступающий известным маркам АУ (сорбционная активность по йоду – 750–800 мг/г, по метиленовому голубому – 100 до 250 мг/г).

В дальнейшем планируется проведение серии экспериментов с целью определения оптимальных условий процесса каталитического пиролиза полимерных отходов на основе ФФС, определение параметры пористой структуры полученных образцов углеродных сорбентов и области их применения.

Список литературы

1. Волкова А.В. Рынок утилизации отходов. – 2018. – 87 с.
2. Шварц О., Эбелинг Ф.-В. Переработка пластмасс. – СПб.: Профессия, 2005. – 320 с.
3. Луговой Ю.В., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Каталитический пиролиз полимерного корда изношенных автомобильных шин в присутствии хлоридов металлов подгруппы железа // Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51, вып. 12. – С. 73–76.
4. Каталитический пиролиз полимерных смесей / В.Г. Систер, Ю.В. Луговой, Ю.Ю. Косивцов, Э.М. Сульман, Е.М. Иванникова // Журнал физической химии. – 2011. – Т. 85, № 6. – С. 1192–1194.

5. Ступин А.Б., Манько К.И. Влияние соединений переходных металлов на процесс получения активированного угля // Вісник донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2008. – Вип. 2. – С. 299–301.

Сведения об авторах

Атанова Анна Сергеевна – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atanovaas@yandex.ru.

Глушанкова Ирина Самуиловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: irina_chem@mail.ru.

С.Э. Байрамова, А.П. Кашина, Э.Х. Сакаева

КРЕОЗОТ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

В статье рассмотрено влияние креозота, который используют в промышленных целях, на окружающую среду. В частности, описаны результаты зарубежных экспериментов, которые отражают поведение компонентов креозота при попадании в природную среду.

Ключевые слова: каменноугольное масло, креозот, антисептическое средство для древесины.

S.E. Bayramova, E.H. Sakaeva, L.V. Rudakova

CREOSOTE IN THE ENVIRONMENT

The article considers the impact of creosote, which is used for industrial purposes, on the environment. In particular, the results of foreign experiments that reflect the behavior of creosote components when entering the natural environment are described.

Keywords: coaloil, creosote, antiseptic for wood.

В настоящее время в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды необходимо восстанавливать территории, которые ранее были заняты промышленными объектами, такими как, например, шпалопропиточные заводы. В результате закрытия данных производств на промышленной территории наблюдается загрязнение объектов окружающей среды креозотом.

Креозот – это маслянистая жидкость, которая имеет специфический запах, плохо растворима в воде, но хорошо растворяется в органических растворителях (спирт, эфир и др.). В состав креозота входят полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фенолы, фенантрены, пирены, ацетон и бутанол [1, 2].

Одна из главных опасностей креозота – способность сохраняться в больших концентрациях в среде на протяжении многих лет.

Целью настоящей работы было рассмотрение влияния креозота на компоненты окружающей среды.

Несмотря на масштабное использование креозота для обработки древесины в промышленности по всему миру (более 80 %

шпал во всем мире, согласно статистике, обрабатывается креозотом и соединениями с креозотом), необходимо отметить низкую изученность влияния креозота на окружающую среду [1, 2].

На данный момент больше всего изучено влияние креозота на здоровье человека. Исследования показали, что креозот является канцерогеном и при длительном воздействии его компонентов повышается риск развития рака в ряде тканей. При контакте с кожей появляются раздражения, шелушения, иногда легкие ожоги, бородавчатые разрастания. Вдыхание паров креозота негативно влияет на органы дыхания, вызывая дефицит легких и другие заболевания [2].

Компоненты креозота могут находиться в воздухе в газообразном (нафталин, антрацен, фенантрен), твердом (высокомолекулярные ПАУ) и парообразном состоянии (фенольные соединения, крезолы) [7]. Фенолы легче всех поглощаются дождем, что увеличивает их возможность попадания в почву с осадками.

Попадание маслянистых веществ, каким является креозот, в почву способствует замедлению роста растений, процесса фотосинтеза и, как следствие, их гибели. Происходит изменение состава гумуса: возрастает количество содержания углерода и его соотношение с азотом, что также негативно влияет на корневое питание растений; снижается концентрация кислорода, изменяются окислительно-восстановительные условия, замедляется развитие анаэробных микроорганизмов.

Растения поглощают креозотовые ПАУ, которые, в свою очередь, могут осаждаться на их поверхности в сухом или твердом виде и переноситься во внутренние ткани. Поглощенные растениями ПАУ попадают в почву с опадом или биомассой. Загрязнение полиароматическими углеводородами ведет к снижению плодородия почв, нарушению экологического равновесия, снижению биодegradации ПАУ за счет увеличения органического углерода в почве. В некоторых случаях при воздействии креозота уменьшаются корни растений и, как следствие, поступление в них питательных веществ [4, 7].

На данный момент в исследованиях, проводимых отечественными и зарубежными учеными, отмечено, что отдельные компоненты креозота являются весьма биодоступными, особенно это актуально для ПАУ и фенольных соединений.

В исследованиях описывается, что через 2,5 месяца после помещения в грунт обработанной креозотом древесины, в качестве исходного источника креозота, в растительной ткани было обнару-

жено 0,1 % фенантрена и 0,04 % аценафтена. При этом отсутствовало осаждение ПАУ на корни и листья растений, но происходила адсорбация ПАУ к корням наземных растений. Из этого был сделан вывод, что ПАУ чаще попадают в корневые системы растений через воду, чем через почву [3, 7].

Концентрация фенантрена и аценафтена в живых организмах (дождевые черви, жуки пилюльки, личинки мучных червей, серые сверчки, садовые улитки, полевки и т.д.) составила 0,8 % и 1,2 %, при этом виды, обитающие в почве и питающиеся подстилкой, демонстрировали более высокую концентрацию относительно видов, которые обитают на поверхности земли и питаются растительностью. Полевки имели высокую концентрацию фенантрена в желудочно-кишечном тракте и в головном мозге, что предполагает некоторое системное потребление [3, 8].

В экспериментах, посвященных микроорганизмам и их поведению при загрязнении креозотом, в некоторых случаях замечены высокие концентрации метана в загрязненных креозотом водоносных горизонтах, из чего следует анаэробное разложение вещества. При этом степень микробной деградации трудно оценить из-за большого количества химических веществ, которые присутствовали в фракционированных смесях. В некоторых случаях деградация была замедлена, а в некоторых, наоборот, ускорена микроорганизмами. Но можно отметить, что большинство компонентов, выделяемых при загрязнении креозотом, не полностью разлагаются даже при использовании адаптированных инокулянтов из сред, загрязненных креозотом. Аэробная деградация протекает быстрее, чем анаэробная. Фенольные соединения разлагаются относительно легко, а способность к разложению ПАУ обратно пропорциональна числу ароматических колец. Большинство исследований отслеживало только исчезновение соединений, поэтому часто не ясно, была ли это биотрансформация, а не полная минерализация [6, 7].

При этом отмечено, что на трансформацию компонентов креозота (в том числе деградацию) влияют следующие факторы: начальная концентрация креозота, снабжение питательными веществами и кислородом микроорганизмов и биодоступность. Например, предполагается, что в типичных загрязненных креозотом грунтовых водах концентрация кислорода будет недостаточной для полной биodeградации веществ, выделяемых креозотом [6, 7].

В результате экспериментов были выделены бактерии, участвующие в разложении компонентов креозота (некоторые ПАУ, фенольные соединения), и идентифицированы как принадлежащие в основном к родам *Pseudomonas* или *Sphingomonas* [6, 7].

Компоненты, выделяемые креозотом, в значительной степени зависят от физико-химических свойств окружающей среды, наличия деградирующих/накапливающих организмов и условий окружающей среды. Компоненты могут быть распределены в атмосфере (летучие фракции), выщелочены в воду и почву (соединения с высокой растворимостью), с потенциалом миграции, или поглощены в почву. Некоторые компоненты креозота легко разлагаются с помощью биотических (аэробных и анаэробных) и абиотических процессов, однако многие высокомолекулярные соединения могут сохраняться в окружающей среде в течение десятилетий. Дегградация компонентов креозота часто приводит к образованию не минерализованных продуктов, которые могут быть более токсичными и подвижными, чем исходные соединения. Существует также потенциал биоаккумуляции компонентов креозота морскими и наземными организмами, однако это зависит от биодоступности соединений, способа питания организмов и обмена веществ [6, 7].

На основании приведенной информации можно сделать следующие выводы:

1. Креозот является канцерогеном и при длительном воздействии на человека вызывает кожные, респираторные и другие заболевания.
2. Почва является основным поглотителем креозота, который может сохраняться в среде десятилетия.
3. Компоненты креозота негативно влияют на рост и питание растений, приводя к их гибели, а также изменяют физико-химические свойства почвы, что сказывается на ее качестве и плодородии.
4. Большие концентрации креозота влияют как на рост численности важных почвенных микроорганизмов (*Proteobacteria*, *Betaproteobacteria*), так и на их гибель (*Actinobacteria*, *Bacteroidetes*).

Список литературы

1. Сумароков В.П. Химия и технология переработки древесных смол. – М.: ГОСЛЕСБУМИЗДАТ, 1953. – С.13–67.

2. Джероуен Куэнен, Карло Троцци. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ 2016 – European Environment Agency, 2016 – С. 4–10.

3. Gile J., Collins J., Gillett J. Fate and impact of wood preservatives in a terrestrial microcosm // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1982 – P. 295–301.

4. Harvet R.G. Polycyclicaromatic hydrocarbons. – New York: Wiley-VCH, 1997. – 682 p.

5. Hattum B., Pons M., Montanes J. Polycyclic aromatic hydrocarbons in fresh water isopods and field-partitioning between abiotic phases // Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1998 – P. 257–267.

6. Lehto K.M., Lemmetyinen H., Puhakka J. Biodegradation of photoirradiated polycyclic aromatic hydrocarbon constituents of creosote oil // Environmental Technology, 2000 – P. 901–907.

7. Melber C., Kielhorn J., Mangelsdorf I. Concise International Chemical Assessment Document 62. Coal Tar Creosote. – World Health Organization Geneva, 2004. – P. 30–45.

Об авторах

Байрамова Сабина Эльчиновна – аспирант кафедры «Охраны окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: gevmeakes@mail.ru.

Кашина Анастасия Евгеньевна – студент бакалавр кафедры «Охраны окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nastyazos@mail.ru.

Сакаева Эльвира Хабировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охраны окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elya2182@mail.ru.

П.В. Баталов, Г.В. Ильных

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОГО ВТОРИЧНОГО ВОЛОКНА

Рассмотрены вопросы утилизации полимерных композиционных материалов с целью получения вторичного волокна. Выявлены параметры процессов утилизации, проведен анализ влияния параметров на качество получаемого вторичного волокна.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, утилизация, рециклинг, углеродное волокно, механические свойства, поверхность волокна.

P.V. Batalov, G.V. Ilinykh

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE PROCESSES OF UTILIZATION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS ON THE QUALITY OF THE RESULTING SECONDARY FIBER

The article deals with the recycling of polymer composite materials in order to obtain recycled fiber. The parameters of the recycling processes are revealed, the influence of the parameters on the quality of the resulting secondary fiber is analyzed.

Keywords: polymer composite materials, recycling, recycling, carbon fiber, mechanical properties, fiber surface.

На сегодняшний день полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются одним из самых перспективных видов материалов. Они обладают повышенной прочностью и жесткостью в сочетании с малой массой и высокой коррозионной стойкостью. Такое уникальное сочетание свойств востребовано во многих отраслях промышленности (аэрокосмической, автомобильной, строительной и др.) [1]. По данным работы М.С. Дориомедова, С.Ю. Скрипачева и др., к 2020 г. в России общий объем производства ПКМ возрастет до 118 тыс. т, а их потребление на душу населения увеличится с 0,3 кг/чел. (2012 г.) до 0,8 кг/чел. [2]. В связи с этим все более актуальным является вопрос утилизации отходов, образующихся при

производстве и потреблении конструкций из данного вида материалов. В будущем на территории России планируется ужесточение нормативных ограничений на захоронение отходов, также разрабатываются технологии повышения ресурсосбережения. С учетом данных мероприятий, утилизация полимерных композиционных материалов с последующим использованием вторично полученных ресурсов становится приоритетной задачей современности.

Особый интерес представляют композиты на основе углеродного волокна (так называемые углепластики). Исследования показывают, что рециклинг этого вида композитов имеет большую перспективу для вторичного применения, чем другие. Углеродное волокно наиболее полно сохраняет свои механические свойства и качество поверхности при его извлечении. От данных характеристик напрямую зависит рентабельность и возможность применения вторичного волокна в производстве новых конструкций. В связи с этим дальнейшее исследование направлено на рециклинг именно этого вида композитов.

Проведенные исследования отечественных и зарубежных ученых показывают, что на настоящий момент наиболее перспективными направлениями извлечения волокна из углепластиков являются термический (пиролиз) и химический (сольволиз) методы, так как они позволяют получать максимальное качество извлекаемого волокна. От этого напрямую зависит возможность и рентабельность его повторного использования для производства новых изделий [2].

Под пиролизом понимается процесс нагревания сырья в почти или полностью бескислородной среде под действием высокоэнергетического воздействия. Пиролиз подразделяют на низкотемпературный (от 300 до 500 °С), среднетемпературный (от 500 до 800 °С) и высокотемпературный (от 800 до 1500 °С). В процессе пиролиза отходы композитов разлагаются с образованием следующих продуктов разложения: пиролизный газ, масло и твердый остаток (волокно, наполнители, кокс). При использовании данного метода утилизации ПКМ важными являются такие параметры процесса, как температура, тип атмосферы в реакторе и время воздействия [4]. Это связано с тем, что от данных параметров зависит количество пиролитического углерода (кокса), оставшегося на поверхности волокна, что влияет на характеристики самого волокна.

В зависимости от температуры наблюдается больший или меньший процент разложения полимерной матрицы и остаток пи-

роуглерода. Установлено, что при температуре 1300 °С матрица полностью удаляется и на выходе получается чистое волокно, но его прочность сильно снижается. При температуре ниже 500 °С предел прочности при растяжении незначительно снижается, но при этих условиях получаются волокна, загрязненные остатками смолы. Диапазон температур 500–550°С является оптимальным вариантом, это связано с тем, что поддерживается приемлемая прочность углеродных волокон и сохраняется его чистота.

Применение азота и синтетического воздуха (смесь азота и кислорода) при проведении процесса пиролиза также оказывает воздействие на количество кокса, остающегося на поверхности волокна. Волокно, полученное при постоянной температуре, времени обработки и при использовании азота, имеет более качественные свойства при температуре 400–550 °С, чем волокно, полученное с применением синтетического воздуха. Однако недостатком является остаточное количество кокса на поверхности волокна. В процессе применения синтетического воздуха при температуре около 600 °С возможно получить полное удаление матрицы и углеродного остатка.

Вторым перспективным методом утилизации композитов, а именно – углепластиков, является метод сольволиза. Под сольволизом понимается растворение полимерной матрицы под действием смеси растворителей при воздействии повышенной температуры и давления. Сольволиз может быть реализован при низкой температуре и атмосферном давлении (< 200 °С) и при высокой температуре и давлении (> 200 °С). Применительно к переработке ПКМ в этом процессе важны, температура, при которой происходит процесс растворения, виды применяемых реагентов, время воздействия и наличие катализатора [4].

Экспериментальными данными установлено, что при увеличении температуры процесса и времени воздействия матрица удаляется наиболее полно и качества волокна сохраняются лучше, однако также наблюдается окисление поверхности волокна в более кислой среде, что повышает шероховатость поверхности волокна [5].

В данном исследовании в качестве реакционной среды применялись вода и смесь вода/этанол, что привело к получению волокон с почти одинаковой превосходной чистотой. Отмечено, что добавление этанола положительно влияет на скорость растворения матрицы, при этом этанол работает как *сортавнитель*, а не катализатор. Также условия и экологичность процесса зависят от выбора реагентов.

В результате обзора и анализа проведенных зарубежных исследований была составлена сравнительная таблица влияния параметров процесса извлечения волокна на его качество (таблица).

Влияние параметров процесса извлечения
волокна на его качество

Процесс	Источник	Исследуемый параметр	Влияние параметра на качество волокна			
			механические характеристики		поверхность волокна	
			E , ГПа	σ_{θ} , МПа	d , мм	Ra
Пиролиз	Geraldine Oliveux, Luke O. Dandy [3]	Температура	Снижение на 5-10% при повышении температуры	Снижение при высоких температурах	Уменьшается при повышении температуры	Увеличивается при повышении
	Ying Liu, Michael Farnsworth [4]	Среда в реакторе	Снижение на 10–20 %	Снижение на 10–20 %	Увеличение вследствие присутствия коксового остатка	Увеличение шероховатости
Сольволиз	Geraldine Oliveux, Luke O. Dandy [3]	Температура, время воздействия	Сильно не меняется	Возрастает при повышенной температуре	Сильно не меняется	Увеличивается в более кислой среде
		Вид растворителя, наличие катализатора	Снижение на 1–2 % при наличии катализатора	Снижение на 1–2 % при наличии катализатора	Незначительное снижение вследствие удаления органического остатка	Снижение на 5–10 % при наличии катализатора

По результатам анализа отечественных и зарубежных исследований можно сделать вывод о том, что качество вторичного волокна зависит от правильного управления и подбора значимых параметров процессов. Зная, как определенный параметр воздействует на волокно, и управляя им, можно добиться высокого качества вторично получаемого волокна пригодного для производства новых конструкций с сочетанием экологичности и эффективности метода.

Список литературы

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*. – 2012. – С. 1–21.
2. Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю., Петров А.В. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // *Электронный журнал «Труды ВИАМ»*. – 2015. – № 8.
3. Geraldine Oliveux, Luke O. Dandy, Gary A. Leeke. Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties // *Progress in Material Science* – 2015. – vol. 72. – P. 61–99.
4. Ying Liu, Michael Farnsworth, Ashutosh Tiwari. A review of optimisation techniques used in the composite recycling area: State-of-the-art and steps towards a research agenda // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Vol. 140. – P. 1775–1781.

Об авторах

Ильиных Галина Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: galina.perm.59@yandex.ru.

Баталов Павел Владиславович – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: pbatalov438@gmail.com.

С.Е. Бикбаева, Л.Н. Бельдеева

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС В Г. БАРНАУЛЕ

Рассмотрены возможные способы снижения негативного воздействия отходов пластмасс на окружающую среду в г. Барнауле. Показано, что приоритетным направлением развития системы раздельного сбора отходов и современных методов утилизации отходов.

Ключевые слова: утилизация отходов, раздельный сбор отходов, экологическая культура.

S.E. Bikbaeva, L.N. Beldeeva

DEVELOPMENT OF MEASURES TO MINIMIZE THE IMPACT OF PLASTIC WASTE IN BARNAUL

Possible ways to reduce the negative impact of plastic waste on the environment in Barnaul are considered. It is shown that the priority direction of development of the system of separate waste collection and modern methods of waste disposal.

Keywords: waste disposal, separate waste collection, ecological culture.

Переработка пластмасс на данный момент является одной из важнейших тем не только в России, но и во всем мире. Согласно прогнозу объема образования отходов в городе Барнауле с учетом демографического прогноза и увеличения норм образования ТКО в 2020 г. образуется 330 522,00 т отходов твердых коммунальных отходов. В России на долю пластмасс из всей массы отходов приходится около 5 % [1], а в каждые последующие десять лет их количество только удваивается. В связи с этим проблема с утилизацией отходов пластмасс становится все более масштабной.

На данный момент в городе Барнауле переработка ТКО, в том числе пластика, является одной из острых проблем. Несмотря на наличие в городе предприятий, утилизирующих отходы пластмасс, полного цикла переработки нет практически ни у кого. Слабое развитие индустрии вторичной переработки приводит к тому, что захоронение отходов на свалках является основным методом их

утилизации. По данным форм федерального статистического учета 2тп-отходы за 2015 г. и на основе расчетных данных по образованию ТКО от жилого сектора, общественных организаций, торговых предприятий, учреждений образования и культуры в Барнаульской зоне подлежало захоронению 68,9 % образовавшихся отходов.

Также процессы переработки затрудняет неразвитая система сбора мусора в регионе и наличие различных видов отходов пластмасс, каждый из которых должен подлежать утилизации с применением различных технологий и оборудования.

Современные методы переработки отходов пластмасс, применяющиеся предприятиями в Барнауле, несмотря на эффективность, все еще считаются трудоемкими и не всегда экономически выгодными. На данный момент действуют установки для экологически безопасной термической утилизации отходов в частных предприятиях и две пиролизные установки для сжигания отходов, преимущественно медицинских [2].

В городе действуют около семи пунктов по приему отходов пластмасс. Сырьевые организации очень серьезно относятся к приему полиэтиленовой пленки, неликвида, пищевой пленки, скотча, полипропиленовых мешков, автомобильного пластика и отходов ПВХ-пластика. Собранное вторсырье сортируют, очищают, дробят, в результате получая хлопья. Из хлопьев производят агломерат и гранулят, который является сырьем для производства новых пластиковых изделий, что образует замкнутый цикл безотходного производства. Несмотря на это, в Барнауле во вторичный цикл ежегодно попадает не более 5 % отходов полимеров, большая часть, которых – полиэтилентерефталат. Для полноценного функционирования перерабатывающих предприятий в городе еще не созданы необходимые условия.

Слабо информировано и мотивировано население. Недостаточно используются методы, хорошо зарекомендовавшие себя в разных странах: введение налоговых преференций, льгот и других стимулов. Депозитная система, позволяющая потребителям возвращать упаковку и использовать вторичную упаковку, окупает переработку стекла и банок в США и Европе. В скандинавских странах потребители получают наличные, когда возвращают пластиковые контейнеры. В Германии при сдаче тары магазины делают скидку покупателю при покупке нового товара.

Планы по строительству в г. Барнауле мусороперерабатывающего завода озвучивались с 2012 г., но пока так и остаются в планах. Мусоросортировочный завод предназначен для первичной переработки коммунальных отходов, которая подразумевает выбор утильных компонентов с выделением фракций, пригодных для вторичного использования. Мусоросортировочный завод позволяет снизить нагрузку на полигон захоронения, создает возможность рентабельности производства. В зависимости от состава твердых отходов рентабельность мусоросортировочного оборудования составляет от 80 до 120 % [3]. Согласно Территориальной схеме Алтайского края, проект стационарного мусоросортировочного завода с перерабатывающим производством производительностью 600 000 т/год включает в себя и комплекс по переработке отходов пластмасс, использующихся в дальнейшем для создания полимерпесчаных изделий.

Еще одним мероприятием по снижению негативного воздействия отходов пластмасс можно считать сокращение использования одноразовой упаковки. В 2020 г. в Таиланде, в рамках плана правительства по сокращению пластиковых отходов к 2030 г., были запрещены к продаже одноразовые пластиковые пакеты. Кроме того, с 2022 г. под запретом также окажутся пластиковые стаканчики, полиэтиленовые пакеты, трубочки для напитков и пенополистироловые пищевые контейнеры. Похожее мероприятия планируются и в России, но только к 2024 г. Роспотребнадзор готовит поправки в законодательство о поэтапном сокращении производства одноразовых пластиковых пакетов для магазинов. Предполагается, что в дальнейшем эти изделия будут вообще запрещены.

Также за рубежом широко распространено понятие *Zero Waste* («Ноль отходов»), которое представляет собой новый принцип отношения человечества к отходам производства и потребления, строящийся на сокращении количества мусора и неприобретении его вместе с новыми товарами. Примером применения данного принципа является первый магазин без одноразовой упаковки в городе Бийске. В магазине сохраняются основные принципы подхода: товар продается либо на развес, либо в заводской упаковке, которую можно сдать на вторсырье.

К сожалению, масштабные проекты по переработке отходов пластмасс в Барнауле планируются лишь в будущем, поэтому фор-

мирование экологической культуры в обществе, воспитание бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов имеет большое значение. Снижение потребления пластмасс выгодно, но сложно из-за небезопасности хранения пищевых продуктов и отсутствия удобной альтернативы. Тем не менее возможность избегать ненужной упаковки или выбирать более экологичные варианты есть. На уровне производства использование пластмасс можно сократить, применяя переработанные или биоразлагаемые материалы и запрещая определенные виды одноразового пластика.

Список литературы

1. Мочалова Л.А., Гриненко Д.А., Юрак В.В. Система обращения с твердыми коммунальными отходами: зарубежный и отечественный опыт [Электронный ресурс] // Известия УГГУ. – 2017. – № 3 (47). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obrascheniya-s-tverdymi-kommunalnymi-othodami-zarubezhnyy-i-otechestvennyy-opyt> (дата обращения: 25.02.2020).
2. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов [Электронный ресурс] // Известия БГУ. – 2018. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-utilizatsii-plastikovyh-othodov> (дата обращения: 20.02.2020).
3. Пешкова М.М. Экономическая сторона мусоропереработки в России [Электронный ресурс] // Научные записки молодых исследователей. – 2015. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-storona-musoropererabotki-v-rossii> (дата обращения: 27.02.2020).

Об авторах

Бикбаева Светлана Ерлановна – студент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: sebikbaeva@gmail.com.

Бельдеева Любовь Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: beldeeva@mail.ru.

А.С. Власов, К.Г. Пугин

ВЫБОР СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ БУРОВОГО ШЛАМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Представлены методы утилизации бурового шлама. Показано негативное воздействие на геосферные оболочки Земли от бурового шлама. Приведены результаты физико-химических характеристик образцов буровых шламов. Получены данные о возможности применения бурового шлама в технологии использования ресурсного потенциала в дорожном строительстве.

Ключевые слова: буровой шлам, негативное воздействие, окружающая среда, утилизация, строительство дорог, техногрунт.

A.S. Vlasov, K.G. Pugin

THE CHOICE OF METHOD OF DISPOSAL OF DRILL CUTTINGS, DEPENDING ON THE TERRITORIAL CONDITIONS

The methods of disposal of drill cuttings are described. The negative impact on the geospheric shells of the Earth from drill cuttings is shown. The results of physical and chemical characteristics of drill cuttings are presented. Data were obtained on the possibility of using drill cuttings in the technology of using the resource potential in applications in road construction.

Keywords: drill cuttings, negative impact, environment, utilization, road building, technoground.

При добыче нефти образуется промышленный отход – буровой шлам (далее – БШ), представляющий собой измельченную выбуренную породу, загрязненную остатками бурового раствора. БШ является крупнотоннажным отходом и имеет негативное воздействие на окружающую среду [1].

В состав БШ могут входить следующие компоненты: вода – 15–35 %; выбуренная порода – 50–70 %; хлориды – 0,1–0,5 %; тяжёлые металлы – 4–6 %; реагенты бурового раствора – 5–7 %; нефть и нефтепродукты – 0,1–2 %; прочие соединения – 0,1–1 %.

В ходе анализа научной литературы было получено, что наибольшее негативное воздействие проявляется из-за включения в

состав БШ тяжелых металлов, реагентов бурового раствора и нефтепродуктов [2].

Нефтепродукты имеют свойство накопления в органах животных и тканях растений, также изменяют физико-химические показатели воды при попадании в гидросферу. Испарение фракций углеводородов, загрязняющее атмосферу, происходит из-за воздействия солнечных лучей.

Опасны токсичные вещества, которые добавляются в буровой раствор в виде разных химических реагентов. Среди них можно выделить ингибиторы, пеногасители, поглотители сероводорода. Попадая в гидросферу, реагенты способствуют изменению состава биоценозов и угнетению водной жизни.

Тяжелые металлы, существующие в виде хлоридов, сульфатов, нитратов, растворимы в воде и изменяют ее химический состав, таким образом формируя негативное воздействие на гидросферу.

Добыча нефти происходит на различных территориях, характеризующихся своими территориальными, климатическими, геологическими характеристиками. В зависимости от территории образования и вида применяемого бурового раствора, БШ может иметь в своем составе разные химические элементы и обладать физико-химическими характеристиками. Эти факторы важно учитывать при разработке технологий утилизации. БШ. При выборе метода утилизации БШ нужно учитывать текущие тенденции на рынке продуктов и следить за перспективностью производства предполагаемого продукта из БШ. Необходимо учитывать удаленность потенциальных потребителей товарного продукта от места его изготовления, а также экономическую целесообразность применения конкретного метода утилизации.

На основе сочетания этих факторов необходимо подбирать метод утилизации для конкретного случая.

Различные исследования показали возможность широкого применения ресурсного потенциала БШ: получение строительных материалов и изделий, почвенно-аграрных смесей для сельскохозяйственных целей и др.

Известна технология, позволяющая утилизировать БШ в товарный продукт, востребованный на рынке. Предлагается использовать БШ в бетоне в качестве частичной замены цемента, что позволит увеличить прочность на сжатие бетона на 13 % [3].

В работе [4] представлена технология, позволяющая при помощи плавления и смешивания с оксидами натрия и кальция для минимизации температуры плавления использовать БШ в составе стеклокерамики. Полученные физические, химические и механические свойства подтверждают, что стеклокерамика обладает необходимыми прочностью, износостойкостью, теплостойкостью, трещиностойкостью, что делает материалы пригодными для получения плитки, строительных материалов (черепицы).

Известна технология [5] использования БШ, осадка сточных вод и опилок для производства почвенно-подобных смесей. В соответствии с действующими правовыми нормами концентрация металлов в почвоподобных материалах позволяет их применять на грунтах класса II (пахотные земли).

Целью данного исследования было определение оптимального метода утилизации БШ, при условиях его образования в Западной Сибири.

Были использованы образцы буровых шламов, отобранные на месторождениях Российской Федерации: № 1 – Оренбургская область, № 2 – Ямало-Ненецкий автономный округ.

Анализ результатов количественного химического анализа показал, что значения ХПК (химическое потребление кислорода) превышают нормы ПДК (предельно допустимых концентраций вредных веществ) рыбохозяйственных нормативов в 15–40 раз, содержание нефтепродуктов превышает нормы в 90 раз, сухой остаток превышает нормы в 1,5 раза, показатель жесткости превышает нормы в 2–6, хлориды – в 5 раз.

Для выбора метода утилизации БШ были учтены условия его образования. Западная Сибирь расположена между Уральскими горами на западе и руслом Енисея на востоке. Среднегодовая температура от -10 до $+5$ °С. Западная Сибирь представлена в основном пятью зонами: тундровой, лесотундровой, таежной, лесостепной, степной. Западная Сибирь характеризуется малой плотностью населения, которая составляет 6 человек на 1 км². И при этом многие районы и населенные пункты не имеют постоянного доступа к дорожной сети страны.

Нефтедобывающие скважины расположены на больших расстояниях друг от друга и представляют собой обширную сеть, занимающую большую часть территории Западной Сибири. Для транспортных сообщений между ними необходимо прокладывать автомо-

бильные внутрипромысловые дороги. При этом затрачиваются большие средства на дорожно-строительные материалы для их устройства.

Этим обусловлена актуальность развития транспортной инфраструктуры с вовлечением в процесс строительства менее дорогих дорожно-строительных материалов.

На основе этих факторов предложен перспективный метод использования ресурсного потенциала БШ в условиях Западной Сибири, который позволяет вовлечь БШ в ресурсный цикл строительства внутрипромысловых объектов. Данный метод позволит использовать ресурсный потенциал БШ в цикле строительства внутрипромысловых объектов (технологических площадок для размещения бурового оборудования, внутрипромысловых дорог). Также это снизит негативное воздействие на объекты окружающей среды за счет размещения БШ в плотной и гидрофобной среде.

Проведены предварительные исследования по получению техногрунта на основе БШ. Смеси были получены с разными содержаниями БШ, цемента марки ПЦ-400, жидкого реагента и добавлением необходимого количества воды. При этом получились элементы различных фракций 1–40 мм. После выдерживания при нормальных условиях 7 суток было обнаружено, что образцы с содержанием цемента от 15 до 25 % имеют прочность на одноосное сжатие $R_{сж} = 0,2...0,3$ МПа. Также после выдерживания в воде в течение 24 ч образцы сохранили свою форму и не разрушились. На основе полученных результатов исследуемый техногрунт можно рекомендовать для отсыпки насыпей земляного полотна внутрипромысловых дорог и укрепления откосов, а также в качестве инертного материала для восстановления нарушенных территорий земель, отсыпки промысловых площадок.

Список литературы

1. Оценка геоэкологической устойчивости дорожно-строительного материала на основе бурового шлама / Л.В. Рудакова, Е.А. Пичугин, Б.Е. Шенфельд, И.А. Елизарова // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23, № 12. – С. 48–53.

2. Ягафарова Г.Г., Рахматуллин Д.В., Инсапов А.Н. Современные методы утилизации буровых отходов // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 123–129.

3. Mostavi E., Asadi S., Ugochukwu E. Feasibility Study of the Potential Use of Drill Cuttings in Concrete // *Procedia Engineering*. – 2015. – No. 118. – P. 1015–1023.

4. Novel sintered glass-ceramics from vitrified oil well drill cuttings / O.E. Abbe, S.M. Grimes, G.D. Fowler, A.R. Boccaccini // *Journal of Materials Science*. – 2009. – No. 44. – P. 4296–4302.

5. Kujawska J., Pawłowska M. Effects of Soil-Like Materials Mix from Drill Cuttings, Sewage Sludge and Sawdust on the Growth of *Trifolium pratense* L. and Transfer of Heavy Metals // *Journal of Ecological Engineering*. – 2018. – Vol. 19. – P. 225–230.

Об авторах

Власов Антон Сергеевич – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: anton-vlasov@inbox.ru.

Пугин Константин Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, профессор кафедры «Технический сервис и ремонт машин», Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: 123zzz@rambler.ru.

Н.А. Воронин, В.А. Сомин

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В КОЖУРЕ ЦИТРУСОВЫХ

В работе приводятся результаты исследований по определению соединений меди в образцах плодов цитрусовых культур. Выявлено, что мякоть анализируемых образцов фруктов безопасна для употребления человеком, в то время как цедра апельсина содержит медь в количестве, превышающем предельно допустимое.

Ключевые слова: тяжелые металлы, соединения меди, токсичность.

N.A. Voronin, V.A. Somin

ASSESSMENT OF COPPER CONTENT IN CITRUS SHELL

The paper presents the results of studies on the determination of copper compounds in samples of citrus fruit. It was revealed that the pulp of the analyzed fruit samples is safe for human consumption, while the orange peel contains copper in excess of the maximum permissible amount.

Keywords: heavy metals, copper compounds, toxicity.

Соединения тяжелых металлов могут попадать в окружающую среду с выбросами в атмосферу и сбросами сточных вод в водоемы, а также при использовании удобрений и ядохимикатов. Накапливаясь в верхних почвенных горизонтах, они медленно выщелачиваются с водой и ассимилируются растениями, в том числе сельскохозяйственными. Основным путем их попадания в организм человека является поступление с пищевыми продуктами, при этом компоненты пищи в организме трансформируются в энергию физиологических функций и структурные элементы органов и тканей, а процесс их выведения весьма затруднен. Качество продуктов питания зависит не только от степени загрязнения внешней среды, но и от способов сохранения продукции, придания ей товарного вида и возможности снижения себестоимости. Для этого используются разнообразные консервирующие средства, красители, ароматизаторы и др.

Известно, что плоды многих культур перед транспортировкой или хранением обрабатываются фунгицидами. Последние час-

то создаются на основе медьсодержащих препаратов, поскольку, во-первых, широкодоступны и относительно дешевы, а во-вторых, их антисептические свойства хорошо известны. Применение таких веществ способно привести к накоплению соединений меди в плодах, прежде всего в их плодовых оболочках. Это может вызвать функциональные расстройства нервной системы, нарушения функции печени и почек, увеличение риска развития атеросклероза [1]. Несмотря на то, что почва играет барьерную роль по отношению к поступлению металлов в растения, медь способна накапливаться в зелени, овощах и фруктах в значительных количествах. В этой связи интерес представляют исследования, направленные на оценку содержания меди в различных фруктах.

Нами были исследованы наиболее популярные виды цитрусовых фруктов (апельсин, мандарин, лимон, помело) на содержание меди, которая определялась в ионной форме из водного раствора, полученного при прокаливании сухого остатка цедры и мякоти. Образцы прокаливались в муфельной печи при температуре 800 °С в течение 2 ч. После этого сухой остаток растворялся в 50 мл дистиллированной воды и далее производился анализ раствора на ионы меди фотоколориметрическим методом с диэтилдитиокарбаматом натрия. Затем по предварительно простроенному калибровочному графику производился расчет концентрации ионов меди в исходном материале.

Визуально после прокаливания сырья было отмечено, что зола апельсина имеет ярко выраженный голубоватый оттенок, что косвенно подтверждает наличие в ней солей меди. В дальнейшем методом количественного анализа это предположение было полностью подтверждено. Результаты анализа представлены в таблице. В качестве норматива была принята предельно допустимая концентрация меди в данных фруктах согласно СанПиН 2.3.2.560–96.

В результате исследований было выявлено, что в цедре апельсина содержание меди превышает нормативную установленную концентрацию в 3,00 раза. При этом в мякоти данных фруктов превышений не отмечено, но наиболее близко к предельно допустимому значению из всех рассмотренных материалов медь находится в кожуре апельсина. Наименьшие значения показали кожура и цедра лимона, что, вероятно, может быть обусловлено лучшей сохраняемостью данных фруктов и, как следствие, отсутствием обработки медьсодержащими препаратами.

Результаты анализа цедры и мякоти фруктов
на наличие меди

Материал	Концентрация, мг/кг	ПДК, мг/кг	Степень превышения
Кожура апельсина	15,01	5	3,00
Мякоть апельсина	4,2	5	0,84
Кожура мандарина	1,515	5	0,30
Мякоть мандарина	0,85	5	0,17
Цедра лимона	0,47	5	0,09
Мякоть лимона	0,34	5	0,07

Таким образом, мякоть рассмотренных образцов фруктов безопасна для употребления человеком, а цедра апельсина не может использоваться в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Чикенева И.В. Особенности накопления тяжелых металлов в изучаемых растительных сообществах и их воздействие на окружающую среду // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013 №2 (40). – С. 228-231.

Об авторах

Воронин Никита Андреевич – студент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: nick20002912@gmail.com.

Сомин Владимир Александрович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: vladimir_somin@mail.ru.

Т.Г. Галимзянова, Л.В. Рудакова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ В ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Приведены данные о технологиях очистки сточных вод, загрязненных почв с использованием микроскопических водорослей. Показано перспективное направление использования биомассы водорослей для извлечения редких металлов из электронных отходов. Способность клеток микроскопических водорослей извлекать металлы основана на процессах ионного обмена, адсорбции, осаждения, аккумуляции. Для реализации способа необходимо проведение исследований по обоснованию вида микроскопических водорослей, определению условий проведения биосорбции, оценке токсичности извлекаемых металлов и их воздействия на клетку.

Ключевые слова: микроскопические водоросли, сточные воды, биоремедиация, редкоземельные металлы, электронные отходы, биосорбция.

T.G. Galimzyanova, L.V. Rudakova

USE OF MICROSCOPIC ALGAE IN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

The article presents data on technologies for treating sewage and contaminated soils using microscopic algae. A promising direction for using algae biomass to extract rare earth metals from electronic waste is shown. The ability of microscopic algae cells to extract metals is based on the processes of ion exchange, adsorption, deposition, and accumulation. To implement the method, it is necessary to conduct research to justify the type of microscopic algae, determine the conditions for biosorption, assess the toxicity of the extracted metals and their effects on the cell.

Keywords: microscopic algae, sewage, bioremediation, rare earth metals, electronic waste, biosorption.

К числу перспективных направлений в области охраны окружающей среды относится разработка природоподобных технологий, основанных на использовании физико-химических и биохимических процессов, протекающих в природных условиях. Известно, что в процесс самоочищения природных вод и почв вовлекаются различные систематические группы живых организмов, в том числе микроскопические водоросли.

В настоящее время микроскопические водоросли в качестве сырья широко применяются в химической, нефтяной, энергетической, пищевой, фармацевтической, парфюмерной и других отраслях.

В природоохранных технологиях одноклеточные микроскопические водоросли используются для очистки сточных вод, в процессах биоремедиации загрязненных почв. Известно, что некоторые водоросли видов *Chlorella sorokiniana*, *Chlorella vulgaris* *Scenedesmus obliquus* устойчивы к токсичным сточным водам. Степень эффективности очистки сточных вод от некоторых веществ и коли-бактерий родами *Chlorella* и *Scenedesmus* представлена в таблице [1]. Использование микроводорослей в процессе биоремедиации позволяет увеличить эффективность очистки почв от нефтепродуктов на 33 % в течение месяца [4].

Эффективность очистки сточных вод

Род микроскопических водорослей	Органический углерод, %	Азот, %	Фосфор, %	Коли-бактерии, %
<i>Chlorella</i>	69	86	68	99
<i>Scenedesmus</i>	76	98	97	99

Известны технологии применения микроскопических водорослей для извлечения серебра и других ценных металлов [3]. В Гамбургском университете проводятся исследования по извлечению редких металлов из электронных отходов с помощью биомассы микроскопических водорослей.

На рис. 1 показано процентное соотношение различных металлов в электронных отходах, где МПГ – металлы платиновой группы. К ценным металлам относят: золото, серебро, платину, палладий, родий, иридий, рутений, осмий, их сплавы, а также химические соединения [5].

В качестве биосорбента могут быть использованы водоросли, бактерии, микромицеты. Так, грибы *Beauveria bassiana* сорбируют цинк, медь, кадмий, хром, никель. На рис. 2 представлен механизм биосорбции, основанный на процессах ионного обмена, адсорбции, осаждения и аккумуляции [2].

Для оценки эффективности извлечения редких металлов из электронных отходов необходимо проведение экспериментальных исследований, направленных на выявление зависимостей степени извлечения металлов от используемого вида микроскопических

водорослей, их состояния, физико-химических и токсикологических свойств, извлекаемых металлов, условий проведения процесса: pH, температура, продолжительность извлечения, статический или динамический режим биосорбции. Например, эффективность извлечения золота при температуре 30–50 °С составляет 95 %, а при других значениях уменьшается на 20–30 %; в течение первых 5 минут извлекается 50–60 % золота, в последующее время извлечение незначительное [3].

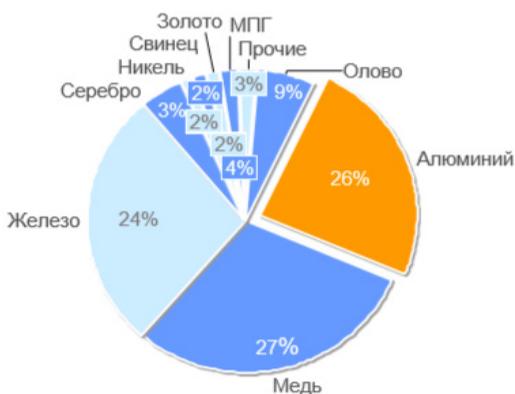


Рис. 1. Состав электронных отходов

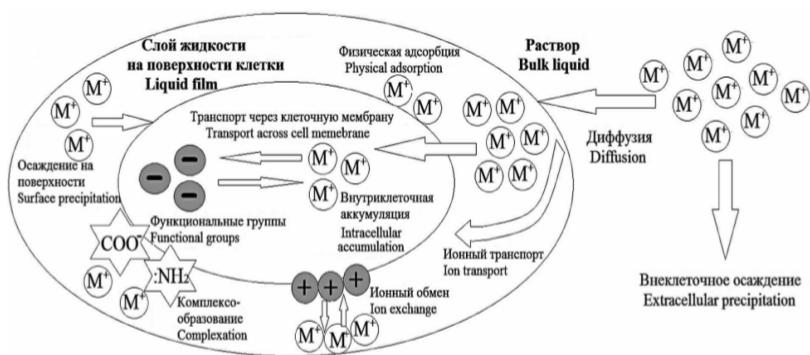


Рис. 2. Механизм биосорбции

Учитывая аккумуляционную способность микроскопических водорослей, можно их использовать для извлечения редких метал-

лов из электронных отходов. Для этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать вид используемых микроскопических водорослей и состояние биомассы (сухая или живая).

2. Изучить и обосновать условия проведения процесса. Дать оценку суммарного токсического воздействия металлов на живую клетку.

3. Разработать способ подготовки электронных отходов и определить условия выщелачивания.

Список литературы

1. Культивирование и использование микроводорослей *Chlorella* и высших водных растений ряска *Lemna* / Н.А. Политаева, Ю.А. Смятская, Т.А. Кузнецова, Л.Н. Ольшанская, Р.Ш. Валиев. – 2017. – 87 с.

2. Скугорева С.Г., Кантор Г.Я., Домрачева Л.И. Биосорбция тяжелых металлов микроцетами: особенности процесса, механизмы, кинетика // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 2. – С. 14–31.

3. Стрижко Л.С., Захарова В.И., Безрукова Ж.Н. Извлечение серебра из разбавленных растворов биосорбентами // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2006. – № 2. – С. 32–39.

4. Чижевская М.В., Миронова В.А., Фомина Н.В. Результаты применения смешанных культур почвенных водорослей для биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12. – С. 94–98.

5. <https://ac.gov.ru/files/content/2535/shimko-presentaciya-oao-origiya-pdf.pdf>.

Об авторах

Галимзянова Татьяна Гансовна – бакалавр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: galimzyanovat@list.ru.

Рудакова Лариса Васильевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: larisa@eco.pstu.ac.ru.

А.С. Гапонько, О.М. Горелова

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Рассматривается способ обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов, известный как реагентное капсулирование. Натурные эксперименты проводились с нефтяной пленкой, взятой из шламового амбара при разработке месторождения Средне-Макарихинское (Республика Коми). Реагентом для капсулирования являлась негашеная известь, обработанная водоотталкивающей добавкой CemAqua. Эффективность обезвреживания оценивалась с помощью биотестирования.

Ключевые слова: реагентное капсулирование, нефтеотходы, оксид кальция, гидрофобизатор.

A.S. Gapon'ko, O.M. Gorelova

DETOXIFY AND DISPOSAL OF OIL-CONTAINING WASTE

The paper considers a method for neutralization and disposal of oil-containing waste, known as reagentic capsulation. Full-scale experiments were carried out with an oil film taken from a slurry barn during the development of the Sredne-Makarikhinskoye field (Komi Republic). The capsulation reagent was quicklime treated with a water-repellent additive "CemAqua". The effectiveness of detoxify was evaluated using biotesting.

Keywords: reagentic capsulation, oil-containing waste, calcium oxide, water-repellent agent.

Разработка нефтеносных месторождений, добыча нефти, ее подготовка к переработке, первичная и вторичная переработка, транспортировка и хранение нефтепродуктов – все эти виды деятельности связаны с образованием нефтеотходов.

Процесс бурения заключается в прокладке в земле направленного цилиндрического ствола путем разламывания пород и промывания. Отходом бурения скважин является буровой шлам, который преимущественно состоит из воды (до 70 %), также в его состав входит выбуренная порода (до 30 %), нефть (до 6 %), присадки, интенсифицирующие бурение (до 2 %). Этот отход размеща-

ется в шламовых амбарах на промыслах. Также в такие места размещения поступают первые порции нефти из скважин, отходы первичной подготовки нефти.

Размещение отходов в шламовых амбарах приводит к изъятию земельных ресурсов на длительные сроки, а зачастую, безвозвратно. Присутствие углеводородов под открытым небом сопровождается испарением легколетучих веществ. Длительное хранение нефтеотходов приводит к связыванию компонентов нефти и с примесями, приносимыми ветром и атмосферными осадками. По мере увеличения продолжительности хранения нефтешлама возрастает его токсичность для окружающей среды. Это приводит к смене видов растительного покрова или полной его ликвидации на территории, прилегающей к шламохранилищу [1].

По завершении эксплуатации шламовые амбары подлежат рекультивации, которая предполагает изоляцию отходов геотекстилем, засыпку грунтом, покрытие плодородным слоем и посев многолетних трав.

Исключение размещения нефтеотходов в шламовых амбарах будет способствовать рациональному использованию земельных ресурсов, снижению выбросов углеводородов нефти в атмосферу, уменьшению негативного воздействия на биоту территорий, прилегающих к нефтепромыслам. Утилизация бурового шлама и других отходов шламохранилищ, предполагающая снижение класса опасности и получение востребованных продуктов, позволит решить обозначенные выше проблемы.

Одним из способов обезвреживания нефтеотходов является реагентное капсулирование, в ходе которого углеводороды взаимодействуют с негашеной известью, обработанной гидрофобизирующим составом [2].

В нашей работе проводилось капсулирование нефтяной пленки шламовых амбаров, накапливающих отходы разработки месторождения Средне-Макарихинское (Республика Коми). Для обезвреживания нефтеотходов использовалась негашеная известь, обработанная водоотталкивающей добавкой для строительных материалов и конструкций CemAqua.

При изучении процесса капсулирования была использована негашеная известь, которая измельчалась на лабораторной щековой дробилке и рассевалась на ситах. Гидрофобизации подвергалась фракция +2–3,5 мм, доза гидрофобизатора варьировалась от 5 до

15 % от массы извести. Пропитанная известь высушивалась, затем смешивалась с нефтеотходом в соотношении 1:10 по массе. Полученный агломерат в течение 1–3 месяцев выдерживали на открытом воздухе и периодически увлажняли. При этом влага достигала глубинных слоев гранул, происходила реакция гашения извести и гидроксид кальция обволакивал гранулу, формируя известковый слой поверх нефтяного. В подтверждение этого можно отметить, что в процессе выдержки гранулы становились светлее.

В дальнейших исследованиях оценивалась способность агломератов удерживать компоненты нефти, а именно – возможный переход углеводов в воду. Для взятия водной вытяжки капсулы (20 г) заливали дистиллированной водой (200 г) и перемешивали в течение 20 мин. После отстаивания определяли содержание в воде нефтепродуктов с помощью ИК-спектрометрии и проводили оценку суммарной токсичности методом биотестирования. ИК-спектрометрический анализ показывал отсутствие углеводов во всех пробах водной вытяжки.

При биотестировании тест-объектом являлся редис сорта «Розово-красный», показателем чувствительности на токсичные примеси были биометрические параметры проростков. Биообъекты продемонстрировали чувствительность к примесям водной вытяжки, причем прослеживалась зависимость биометрических показателей от количества добавленного гидрофобизатора.

В результате проведенной работы было подтверждено снижение токсичности нефтеотхода методом реагентного капсулирования.

Список литературы

1. Литвинова Т.А. Современные способы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов для ликвидации загрязнения окружающей среды // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 123(09). – С. 1–15.

2. Ларионов К.С., Меркулов В.В., Холкин Е.Г. Уточнение рецептуры обезвреживания нефтесодержащих отходов методом реагентного капсулирования // Омский научный вестник. – 2015. – № 2. – С. 269–273.

3. Мазуркин П.М., Евдокимова О.Ю., Халитов Р.А. Биотестирование загрязненной нефтью речной воды // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 16. – С. 172–174.

Об авторах

Гапонько Алена Сергеевна – магистрант кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: garonko1997@mail.ru.

Горелова Ольга Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: osgor777@mail.ru.

Г.Ю. Германюк, Т.П. Чепикова, С.Н. Красильников

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОТРАБОТАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Представлены статистические данные о содержании химических веществ в электронных устройствах и их вредное воздействие на человека, и окружающую среду. Рассмотрен рациональный и оптимальный способ утилизации и переработки отработанной электронной техники на мировом уровне. Проведен социальный опрос населения об утилизации старой электронной техники города Чайковский Пермского края.

Ключевые слова: экологическая безопасность, утилизация электронной техники, мониторинг электронных отходов, социальный опрос.

G.Y. Germanyuk, T.P. Chepikova, S.N. Krasilnikov

ENVIRONMENTAL SAFETY OF WASTE ELECTRONIC EQUIPMENT

This article provides statistics on the content of chemicals in electronic devices and their harmful effects on humans and the environment. A rational and optimal method for the disposal and recycling of used electronic equipment at the world level is considered. A public survey was conducted on the disposal of old electronic equipment in the city of Tchaikovsky, Permskiy krai.

Keywords: environmental safety, recycling of electronic equipment, monitoring of electronic waste, social survey.

В современном мире невозможно представить ни одну сферу человеческой деятельности, в которой в том или ином виде не использовались бы информационные технологии. Если XX век был веком индустриальным, то XXI век – это век информации. Даже самая обыденная жизнь человека не обходится без информационных устройств – гаджетов, а любая компания имеет целый парк вычислительной техники.

Авторы надеются, что читатели задумаются о важности правильного использования и утилизации отработанной электронной техники. Задумаются, что любое электронное устройство несет не только комфорт, но и вредные последствия негативного влияния на

окружающую среду и в дальнейшем на здоровье человека, так как мы есть часть природы (окружающей среды).

В связи с быстрыми темпами развития информационных технологий, все информационные устройства устаревают быстрее, чем успеют физически износиться, поэтому остро стоит вопрос об утилизации таких устройств.

Сегодня каждый из нас окружен в быту, на производстве множеством электронных устройств. И у каждого по несколько смартфонов (на все случаи жизни!). Но если заглянуть внутрь этих устройств и задуматься, что они в себе несут!?

Такие устройства собраны на микросхемах, в которых содержатся 17 химических элементов, используемых для изготовления компонентов электронных устройств. Держа в руках электронное устройство или выбрасывая его в мусор, мы даже не подозреваем, что в любом смартфоне содержатся: медь – 8,75 г; кобальт – 3,81 г; железо – 3 г; олово – 1 г; тантал – 0,4 г; серебро – 0,25 г; золото – 0,024 г; палладий – 0,009 г [1]. Напрашивается вывод, что устаревшие или нерабочие электронные устройства необходимо сдавать на переработку. Это позволит восстановить дорогие металлы (так как это скорее ресурсы, чем отходы) с последующим их использованием и не нанести вред окружающей среде. Известный факт: в случае полной переработки из 1 т смартфонов можно добыть 150 г золота [2]. Также все беспроводные устройства (телефоны, смарт-часы и т.п.) имеют элементы питания. В основном это литий-ионные аккумуляторы, которые при нарушении условий эксплуатации имеют склонность к взрывному самовозгоранию. Кто-нибудь задумывался о том, сколько лет разлагаются элементы электронных устройств? А может быть они вообще не подвержены разложению?!

По прогнозу участников Глобального мониторинга электронных отходов, к 2021 г. объем электронных отходов возрастет до 52,2 млн т, что соответствует 6,8 кг на душу населения [3].

В странах ЕС, Японии и США существует огромное количество различных законопроектов, стимулирующих сбор и переработку отработанных мобильных телефонов, электронной техники. Проблемы утилизации отработанных электронных устройств в целом занимают доминирующие позиции. Самым ярким примером является Япония. К Олимпиаде 2020 в Японии идет сбор старой оргтехники, из драгметаллов которых будут выплавлены наборы медалей.

В 2017 г. был запущен проект по сбору старой техники по всей стране, чтобы к 2020 г. набрать достаточно материала для изготовления медалей. Менее чем за два года удалось собрать свыше 47 т устаревших и неисправных смартфонов, видеокамер, ноутбуков. По всей стране действуют около четырех тысяч пунктов приема. Общенациональный сбор завершился 31 марта 2019 г.

Для изготовления полного комплекта медалей необходимо около 7 т драгоценных металлов. Уже на 100 % выполнен план по извлечению бронзы – 2,7 т, на 85 % по серебру – 3,5 т и на 94 % по золоту – более 28 кг.

Для Игр-2020 будет изготовлено около 5 тыс. медалей. Они на 100 % будут состоять из переработанных материалов. Такое произойдет впервые в истории Олимпиад [4].

Таковы общие тенденции об утилизации отработанной электронной техники в мире. Очень хочется надеяться, что такой опыт станет традицией. И тогда смело можно говорить об экологической безопасности нашей планеты!

Наша группа решила провести небольшой социальный опрос, как происходит утилизация оргтехники в родном Пермском крае и городе Чайковском? Нам не безразлична экологическая обстановка в родном городе. Был задан вопрос: «Как вы утилизируете отработанные электронные устройства?».

Результаты опроса, представленные в таблице и на рисунке, говорят о том, что население России не поменяло свое отношение к утилизации электронных устройств.

Результаты опроса

Способ утилизации	ПК, ноутбуки	Телефоны, планшеты	Аксессуары для ПК и планшетов	Бытовая техника
Выкидывают	18	55	147	87
Лежат дома, в граже	101	95	33	22
Сдают в утилизацию	61	30	0	51
Всего (кол-во опрошенных), человек	180	180	180	160

Очевидно, что выбрасывать на свалку электронную технику или хранить дома очень просто. Но помните, что гниющий на свалке гаджет не принесет пользы ни человечеству, ни природе.

На сегодняшний день существует несколько способов утилизации неисправной цифровой техники.

1. Найти специализированные фирмы по утилизации, которые вывезут и разберут цифровые устройства.
2. Сдать в пункты приема металла.
3. Воспользоваться программами утилизации в магазинах бытовой техники.
4. Отдать электронную технику на запчасти.

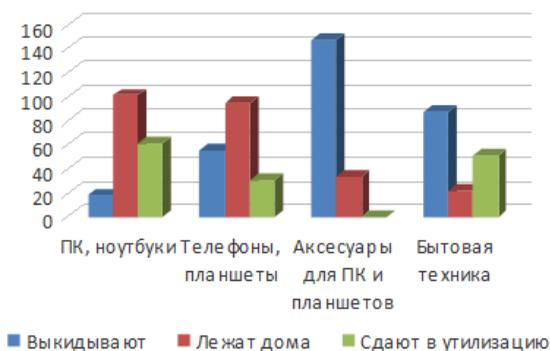


Рис. Статистика утилизации электронных устройств (социальный опрос)

И в заключение хотелось бы напомнить один из четырех законов экологии, сформулированных в 70-х гг. XX в. американским экологом Барри Коммонером [5]: «В природе все взаимосвязано, любое действие человека приводит к последствиям, часто непредвиденным. И хотя эти изменения не всегда заметны на первый взгляд, они, положительные или негативные, обязательно повлияют на человека, который является частью природы (1 закон экологии – Все связано со всем)».

Список литературы

1. Комаров С.М. LED и потерянные ресурсы // Химия и жизнь. – 2014. – № 11.
2. Викторова Л. Смартфон // Химия и жизнь. – 2015. – № 2.
3. Cleandex: утилизация электронных отходов в России [Электронный ресурс]. – URL: <http://cleandex.ru>.

4. Японцы изготовят олимпийские медали из старых смартфонов и ноутбуков [Электронный ресурс]. – URL: www/hitech.vesti.ru/article/1164684/.

5. Коммонер Барри. Замыкающийся круг. – М.: Гидрометеопиздат, 1974. – 280 с.

Об авторах

Галина Юрьевна Германюк – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Промышленные технологии», Чайковский технологический институт (филиал) ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, e-mail: galaktik66@mail.ru.

Татьяна Петровна Чепикова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленные технологии», Чайковский технологический институт (филиал) ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, e-mail: chepikova_tanja@mail.ru.

Сергей Николаевич Красильников – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация, информационные и инженерные дисциплины», Чайковский филиал ПНИПУ, e-mail: krasilnikov477@yandex.ru.

В.С. Горбов, Л.В. Куртукова, И.С. Горелова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Рассмотрены основные способы утилизации отбеливающей глины, пути обеспечения ее безопасного хранения или размещения.

Ключевые слова: отбельная глина, рафинация, ингибирование.

V.S. Gorbov, L.V. Kurtukova, I.S. Gorelova

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE PRODUCTION OF VEGETABLE OILS

The paper considers the main methods of disposal of bleaching clay, ways to ensure its safe storage or placement.

Keywords: bleaching clay, refining, inhibition.

При отбеливании масла образуется отход – твердое вещество, называемое отработанной отбеливающей глиной, содержащее растительные масла в среднем до 28 %. В состав адсорбированного жира входят токоферолы, стеролы, свободные жирные кислоты, хлорофиллы, каротиноиды; в отходе присутствуют также железо, калий, кальций, натрий, сера, магний, марганец и другие элементы [1].

Являясь отходом четвертого класса опасности (3 01 141 51 29 4 отходы отбеливающей глины, содержащей растительные масла), отбеливающие глины могут размещаться на полигонах ТБО. Однако, при наличии в атмосфере достаточного количества кислорода, вещества, входящие в состав этого отхода, начинают активно окисляться, образуя соединения с сильным неприятным запахом, также отработанная отбеливающая глина может самовоспламениться. Это существенно затрудняет процедуру временного накопления и транспортировки. Для обеспечения безопасности обращения, как правило, сокращают продолжительность контакта таких отходов с кислородом воздуха. С этой целью отработанную глину размещают в защитной атмосфере, хранят в помещениях, где исключаются сквозняки. Незначительный нагрев отбеливающих глин, даже за счет солнечных лучей в

жаркий день на открытом воздухе, вызовет самовозгорание. Для захоронения отхода потребуются его надежная изоляция в толще грунта. Все перечисленные выше меры безопасности при обращении с отработанными глинами сопряжены со значительными расходами.

В настоящее время проводится множество исследований, направленных на снижение самовоспламеняемости отработанных отбельных глин. Известен способ, предполагающий обработку глины раствором ПАВ (до 5 мас. %) в воде с последующей гомогенизацией системы. Такой способ обезвреживания позволяет сделать отход термостабильным, исключается его возгорание при перевозке и хранении на воздухе [2].

Аналогичный способ рассмотрен в работе [3], в которой описываются эксперименты по термической обработке материала. Следует отметить, что в таком случае вещества, сорбированные глиной, остаются в ее составе.

Целесообразно вводить отбельные глины в комбикорма и кормовые добавки. Исследования, проведенные на крупном рогатом скоте, показали, что порядка 5 % отработанной отбеливающей глины можно добавлять в корма животным. При этом у КРС не наблюдается недостаток витамина А [4].

Кроме того, отбельные глины обладают высокой температурой сгорания, их используют в качестве источника энергии, например, в производстве бетона или для производства биогаза.

Перспективным видится направление утилизации отработанной отбеливающей глины путем биодеструкции. Разложение веществ, входящих в состав отработанной глины, микроорганизмами позволит минимизировать негативное воздействие продуктов окисления на окружающую среду. Имеется большое количество работ, посвященных воздействию почвенных микроорганизмов на нефтепродукты, однако для отработанных отбельных глин такие исследования не проводились. В этой связи необходимо провести подбор биопрепаратов, содержащих микроорганизмы и оптимальные условия их воздействия.

Целью нашей работы является оценка возможности обезвреживания отбельных глин путем биодеструкции масел, входящих в состав отхода. Для исследований использовалась отработанная глина предприятия ООО «БЛАГО-БАРНАУЛ».

На первом этапе проводилась оценка содержания в отходе влаги и жиров. Образцы исходной глины, а также образцы после удаления жиров полярными (изопропиловый и этиловый спирты) и

неполярными (гексан, толуол) растворителями, подвергались термogravиметрическому анализу на дериватографе «Термоскан-2». Содержание жиров в изучаемом отходе не превысило 15 мас. %.

В дальнейших исследованиях будет проводиться обработка глины биопрепаратами и оцениваться снижение концентрации жиров, которая влияет на самовоспламеняемость. Кроме того, представляет практический интерес получение на основе имеющейся отработанной отбелной глины моющих средств, что будет способствовать ресурсосбережению.

Список литературы

1. Сtryженок А.А. Совершенствование технологии адсорбционной рафинации растительных масел: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2015. – С. 10–12.
2. Патент RU 2345129 Способ ингибирования термоокислительных процессов в отработанной отбелной глине / Почерников В.И., Мачигин В.С., Дронилова Т.В., Лисицын А.Н. Заяв. 26.06.07., опубл. 27.01.09.
3. Полетаева М.А., Сусоева Н.М. Утилизация отбелной глины при производстве растительных масел // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 249–251.
4. Сайт АгроПост [Электронный ресурс]. – URL: <http://agropost.ru/zhivotnovodstvo/korma/otrabotannaya-otbelivayushchaya-glina-v-kachestve-.html>.

Об авторах

Горбов Виктор Сергеевич – студент, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: gorbov14@bk.ru.

Куртукова Любовь Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: kurtukova.lv@yandex.ru.

Горелова Ирина Сергеевна – студентка, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), e-mail: osgor788@mail.ru.

О.М. Горелова, Л.В. Куртукова, М.Н. Хавкунова

ПОИСК ПУТЕЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Изучены альтернативные пути утилизации одного из основных отходов маслоэкстракционного производства, а именно – soapstock. Рассмотрены источники образования отхода и его состав, существующие методы переработки. Предложена технология переработки soapstocks в товарные жирные кислоты. При этом предполагается использование фосфорной кислоты, в отличие от традиционного реагента – серной кислоты.

Ключевые слова: soapstock, растительное масло, рафинация, отходы производства.

O.M. Gorelova, L.V. Kurtukova, M.N. Havkunova

FINDING WAYS TO RECYCLE WASTE IN PRODUCTION VEGETABLE OIL

Alternative ways of utilization of one of the main wastes of oil extraction production, namely soapstock, have been studied. The sources of waste formation and its composition, existing methods of processing are considered. The technology of processing soapstocks into commercial fatty acids is proposed. This involves the use of phosphoric acid, in contrast to the traditional reagent-sulfuric acid.

Keyword: soap stock, vegetable oil, refining, production waste.

Масложировая промышленность является ведущей отраслью пищевой индустрии Российской Федерации, определяет продовольственную безопасность страны, для нее объемы экспорта превышают объемы импорта. Тенденция к приросту показателей в условиях увеличения спроса на продукты переработки подсолнечника наблюдается на протяжении ряда лет [1].

Растительные масла, как используемые непосредственно в пищу, так и направляемые на переработку, необходимо подвергать полному циклу рафинации с целью выведения из их состава вредных для организма веществ, улучшения товарного вида, повышения органолептических характеристик, а также обеспечения стойкости к окислению. Рафинация является последовательностью тех-

нологических процессов с использованием таких ресурсов как горячая вода, пар, растворы кислот и щелочей, адсорбенты, фильтрующие материалы. Такая обработка масла сопровождается образованием значительного количества отходов [2, 3].

Жиросодержащие отходы – мыла, образуются в процессе щелочной рафинации масел на стадии удаления свободных жирных кислот. Состав мыла зависит от состава исходного сырья, продолжительности его хранения, технологии щелочной обработки. В среднем в отходе содержится до 40 мас. % влаги, до 45 мас. % общего жира, в том числе до 17 % нейтральных липидов, до 10 % неомыляемых воскоподобных веществ, до 15 % свободных жирных кислот (их натриевых солей). Несмотря на обилие ценных компонентов, прежде всего липидов, мыла не всегда становятся вторичными материальными ресурсами [4]. Это объясняется высоким содержанием влаги и образованием стойкой эмульсии «масло в воде», стабилизированной собственными ионогенными поверхностно-активными веществами (мылами). Также эмульгаторами мыла являются фосфолипиды (лецитин), глицериды, воски.

В мыле содержатся натриевые соли таких жирных кислот (ЖК), как стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, пальмитиновая и др. Выделение смеси жирных кислот из мыла является целесообразным, так как существуют пути их применения в различных отраслях промышленности. ЖК являются сырьем в мыловарении, производстве фармацевтических препаратов, косметики, смазочных материалов и т.д.

В данной работе проводились экспериментальные исследования по выделению жирных кислот из подсолнечного мыла. Наиболее популярным реагентом для этих целей является концентрированная серная кислота. Целью работы был поиск альтернативного реагента, в качестве которого была предложена концентрированная (85 мас. %) фосфорная кислота. Исследования проводились параллельно с обеими кислотами для сравнения эффективности их действия.

В лабораторных условиях выделение жирных кислот происходило путем добавления к 100 г мыла концентрированной фосфорной или серной кислоты в количестве, при котором рН-показатель образующегося водного слоя имел значения 1; 2; 3; 4; 5; 6. Затем смесь помещали в делительную воронку, где происходило отделение жирных кислот от кислой воды. Оценивался выход жир-

ных кислот, а также показатели их качества – кислотное число, йодное число, влажность.

Исследования показали, что серная кислота является более эффективным реагентом для выделения жирных кислот, чем фосфорная: ее требуется меньше для создания необходимого значения рН, при одних и тех же показателях рН водного слоя, серная кислота дает больший выход ЖК. Показатели качества ЖК, полученных при рН = 2, в обоих случаях соответствуют ТУ 9145-012-00333693–99 «Кислоты жирные масла подсолнечного». Тем не менее фосфорная кислота имеет некоторые преимущества: она не входит в список веществ, являющихся прекурсорами, и веществ, оборот которых ограничен в РФ, также в водном слое образуется соль фосфат натрия, выделение и использование которой может быть целесообразным.

Изучение качественного состава жирных кислот методом хроматомасс-спектрометрии показало наличие стеариновой, олеиновой, миристиновой, пальмитиновой, линолевой кислот, ситостерола и в малом количестве эфиров жирных кислот.

При переработке соапстока в ЖК образуется отход – кислая вода, содержащая натриевые соли соответствующих кислот. Ее частично можно возвращать на стадию обработки соапстока, а большая часть должна подлежать нейтрализации и быть направлена на очистку промышленных стоков.

Рассмотренный способ переработки и утилизации жировых отходов маслоэкстракционных производств может быть реализован на предприятиях, где отсутствуют подобные технологии.

Список литературы

1. Справочник ИТС НДТ 44-2017. Производство продуктов питания. – 436 с.
2. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей. – М.: ДеЛиПринт, 2006. – 759 с.
3. Паронян В.Х., Скрыбина Н.М. Научно-теоретические аспекты инноваций пищевой технологии: монография. – М.: Полиграф, 2012. – 180 с.
4. Горелова О.М., Кравченко Н.И. Исследование возможности переработки жиросодержащих отходов производства растительных масел // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4. – С. 68–72.

Об авторах

Горелова Ольга Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: osgor777@mail.ru.

Куртукова Любовь Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: kurtukova.lv@yandex.ru.

Хавкунова Мария Николаевна – магистрант кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: mariya-poslova-5@mail.ru.

И.А. Гузев, А.В. Елькин, И.С. Глушанкова, А.А. Сурков

УТИЛИЗАЦИЯ БУРОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ РЕКУЛЬТИВАЦИОННОГО ГРУНТА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложена технология утилизации отходов бурения с получением строительных и рекультивационных материалов с максимальным использованием оборудования и ресурсов буровых площадок. Определена физико-химическая характеристика водных вытяжек из образцов бурового шлама. Предложен состав композиционных материалов с использованием бурового шлама для биологической рекультивации. Изучена возможность получения строительных материалов – минерального порошка для асфальтобетона и цемента грунта.

Ключевые слова: буровые отходы, техногрунт, рекультивация, строительные материалы.

I.A. Guzev, A.V. Elkin, I.S. Glushankova

RECYCLING OF DRILLING WASTE WITH RECEIVING RECOVERY SOIL AND BUILDING MATERIALS

A technology for the disposal of drilling waste to produce building and reclamation materials with the maximum use of equipment and resources of drilling sites is proposed. The physicochemical characteristics of water extracts from drill cuttings were determined. The composition of composite materials using drill cuttings for biological reclamation is proposed. The possibility of obtaining building materials – mineral powder for asphalt concrete and cement soil was studied.

Keywords: drill waste, industrial soil, reclamation, building materials.

Нефтегазовая промышленность является одной из ведущих отраслей РФ. Рост добычи углеводородного сырья обеспечивается интенсивным развитием и увеличением объемов бурения. В результате этого образуется значительное количество буровых отходов [1].

Проблема состоит в том, что нет единого способа утилизации отходов в силу разнообразного химического состава.

Целью исследования является разработка способов утилизации отходов бурения с получением строительных и рекультиваци-

онных материалов с максимальным использованием оборудования и ресурсов буровых площадок.

Для проведения экспериментальных лабораторных исследований по использованию различных по составу буровых шламов во вторичное сырье были отобраны 4 образца буровых шламов с месторождений Западной и Восточной Сибири, а также образцы низинного и верхового торфа, золы, образующейся от сжигания отходов потребления, песок, местный грунт.

Для получения из шламов вторичных материалов – техногенных грунтов, рекультивационных грунтов – необходимо создание на их основе композиционных материалов с внесением добавок [2].

При использовании сырья для получения строительных материалов одним из основных показателей является гранулометрический состав. Он определяет направление использования сырья в строительстве [3].

Также проведены исследования по получению цементогрунта на основе образца № 1.

Физико-химическая характеристика водных вытяжек из образцов бурового шлама представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика водных вытяжек
из образцов бурового шлама

Показатели БШ	Обр. №1	Обр. №2	Обр. №3	Обр. №4
Цвет	темно-серый	светло-серый	темно-коричневый	бледно-серый
Запах	2	1	5	3
Влажность, %	5,2*	25,8	16,9	23,9
pH	7	7,1	7,5	7,2
Жесткость, ммоль-экв/дм ³	11,5	3,5	50	35
Хлориды, мг/ дм ³	452,6	257,37	1615,25	896,375
Сухой остаток, мг/дм ³	620	1110	2000	4090
ХПК, мгО ₂ / дм ³	580	278	1550	510,4
БПК ₅ , мгО/ дм ³	42,3	11,48	42	30,35
Нефтепродукты, мг/ дм ³	1,5±0,4	2,0±0,6	5,8±1,7	2,2±0,7
Нефтепродукты, мг/кг (водораств.)	7,5±1,8	10,0±3,0	29±8,2	11,0±3,5

Показано, что все исследуемые образцы по тем или иным показателям не отвечают требованиям экологической безопасно-

сти (высокое содержание нефтепродуктов, ХПК, солей в водных вытяжках).

Получение рекультивационных материалов на основе бурового шлама. По разработанной методике были получены образцы композиции различного состава, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Состав полученных образцов (г)

№ п/п	БШ	торф	CaO	зола	вода
1	60	25	5	10	100
2	50	30	10	10	100
3	60	30	8	2	100
4	50	40	10	5	105

Остаточное содержание нефтепродуктов и рН в водной вытяжке полученных композиционных материалов представлено в табл. 3.

Таблица 3

Остаточное содержание нефтепродуктов

Образец	1	2	3	4
Нефтепродукты, мг/дм ³	1,1±0,3	0,6±0,2	0,5±0,2	0,9±0,2
рН	8,0	8,2	7,6	8,0

Как видно из представленных данных, в образцах композиционных материалов 2 и 3 содержание нефтепродуктов снизилось на 70–75 %.

Оптимальный состав композиции:

БШ – 30–35 %, торф – 15–20 %, CaO – 4–5 %, зола – 2–5, вода – 60 %.

С целью определения эффективности использования полученного материала для биологической рекультивации на отобранных смешанных пробах полученного грунта (слой 4–6 см) был произведен посев травосмеси: овсяница луговая, овсяница красная, тимофеевка луговая, мятлик луговой. Плотность внесения семян – 50 г/м². Через 10–12 дней наблюдали всхожесть семян и задержание исследуемого слоя грунта на всех образцах, самую высокую всхожесть показал образец № 3 – 65 %.

Получение образцов строительных материалов на основе буровых шламов. Испытания проб на соответствие гранулометрическому составу минерального порошка представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний проб

Размер отв. сит, мм	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Образец 1								
Прошло через сито, %	100	100	99,9	99,7	99,4	98,8	93,0	85,8
Образец 2								
Прошло через сито, %	99,5	98,8	96,4	92,9	83,7	76,0	64,6	54,9
Образец 3								
Прошло через сито, %	100	100	99,9	99,8	99,3	98,6	96,7	94,8
Образец 4								
Прошло через сито, %	100	99,2	97,5	96,1	92,1	88,4	82,4	66,8
Требования ГОСТ Р 52129–2003 МП-1 неактивированный				не менее 100		не менее 90		70–80
Требования ГОСТ Р 52129–2003 МП-2 неактивированный				не менее 95		80–95		не менее 60

Из табл. 4 видно, что минеральный порошок образцов 1 и 3 по зерновому составу соответствует требованиям ГОСТ Р 52129–2003 к МП-2 неактивированному.

Также были приготовлены образцы цементогрунта. Оптимальный компонентный состав смеси: БШ сухой – 76 %; цемент ПЦ-400 – 24 %; жидкое стекло натриевое, разбавленное 1:5 – 2 % сверх 100 % смеси; вода – 52 % сверх 100 % смеси. В соответствии с ГОСТ 10180–2012 было проведено определение значения прочности на сжатие образцов цементогрунта, выдержанных 7 сут: $R_{сж} = 2,29$ МПа. Значение предела прочности на сжатие образцов выдержанных 28 сут $R_{сж} = 3,99$ МПа. Выявлено, что исследуемый цементогрунт имеет достаточную прочность и относится к марке М20.

Список литературы

1. Шевцов М.Н., Левашева Т.С. Обеспечение промышленной и экологической безопасности при перспективном освоении нефтегазового месторождения Окружное (о. Сахалин) // Вестник ТОГУ. – 2015. – № 1. – С. 45–50.

2. Красногорская Н.Н., Магид А.Б., Трифонова Н.А. Утилизация нефтяных шламов // Нефтегазовое дело. – 2004. – № 2. – С. 217–222.

3. Ягафарова Г.Г., Баряхнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. – 2006. – № 2. – С. 48–61.

Об авторах

Гузев Игорь Александрович – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: guzevigor96@mail.ru.

Елькин Александр Васильевич – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alexandr.elkin.96@mail.ru.

Глушанкова Ирина Самуиловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: irina_chem@mail.ru.

Сурков Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: surkov-a@mail.ru.

М.В. Ермакова, Л.В. Рудакова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЛЯ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

Для оценки воздействия отходов на объекты природной среды используют метод оценки жизненного цикла отходов производства. В статье приведены основные этапы жизненного цикла отходов производства. Представлены результаты сравнительного анализа традиционного и альтернативного жизненного цикла отходов на примере отходов нефтедобычи.

Ключевые слова: нефть, отходы нефтедобычи, жизненный цикл отхода, нефтешлам, сравнительный анализ.

M.V. Ermakova, L.V. Rudakova

USING A LIFE CYCLE EVALUATION METHOD FOR OIL PRODUCTION WASTE

The life cycle evaluation method is used for assessing of production waste impact on environmental objects. The main stages of the life cycle of production waste are presented in the article. In addition, the results of comparative analysis of traditional and alternative life cycle by oil production waste example are presented in this article.

Keywords: oil, oil production waste, life cycle, oil waste sludge, comparative analysis.

В технологическом процессе любого производства образуются отходы. Для оценки воздействия отходов производства, с момента их образования и до окончания их существования, используют метод оценки жизненного цикла отхода производства.

В ГОСТ 30773–2001 установлено девять этапов жизненного цикла отходов – это последовательность процессов обращения с конкретными отходами в период их появления (на стадиях жизненного цикла продукта), паспортизации, сбора, сортировки, транспортирования, хранения (складирования), включая утилизацию и/или захоронение (уничтожение) отхода, до окончания их существования [1]. На рис. 1 показана принципиальная схема жизненного цикла отхода производства.



Рис. 1. Принципиальная схема жизненного цикла отходов

Концепция методологии анализа жизненного цикла заключается в оценке всех этапов обращения с отходами с точки зрения их воздействия на окружающую природную среду, а также включает оценку их влияния на здоровье человека и ресурсосберегающую составляющую. Данный метод оценки необходим для сохранения окружающей природной среды для будущих поколений [2].

К числу многотоннажных и токсичных для окружающей среды относятся отходы нефтедобычи и нефтепереработки. Добыча нефти в России составляет около 348–367 млн т в год, при этом объем образования отходов может составлять 10 млн т в год, поэтому нефтедобывающая промышленность является крупным загрязнителем окружающей природной среды [3]. Вещества, которые присутствуют в отходах нефтедобычи, воздействуют на атмосферу, гидросферу, литосферу, так как для них характерна высокая растворимость в воде и летучесть. К основным отходам нефтедобычи относятся: буровой шлам, буровые растворы, буровые сточные воды, нефтешлам и др.

Существуют различные способы переработки отходов нефтедобычи: термический, химический, физический, биологический, а также использование отходов нефтедобычи в качестве сырья. Для обоснования способа обезвреживания или утилизации отхода нефтедобычи нужно знать качественный состав, количественное соотношение компонентов, фазовое состояние отхода, класс опасности для окружающей среды, ресурсный потенциал.

Проведем сравнительный анализ традиционного жизненного цикла нефтешлама с альтернативным, при котором нефтешлам используют для получения твердого топлива, что позволяет снизить воздействие на окружающую природную среду и более рационально использовать длительно возобновляемые природные ресурсы (рис. 2, 3).

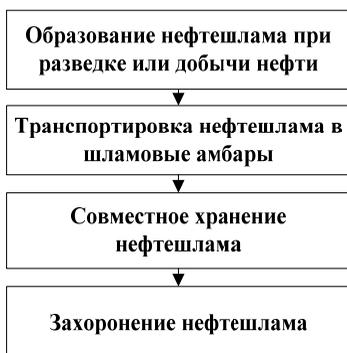


Рис. 2. Блок-схема традиционного жизненного цикла нефтешлама

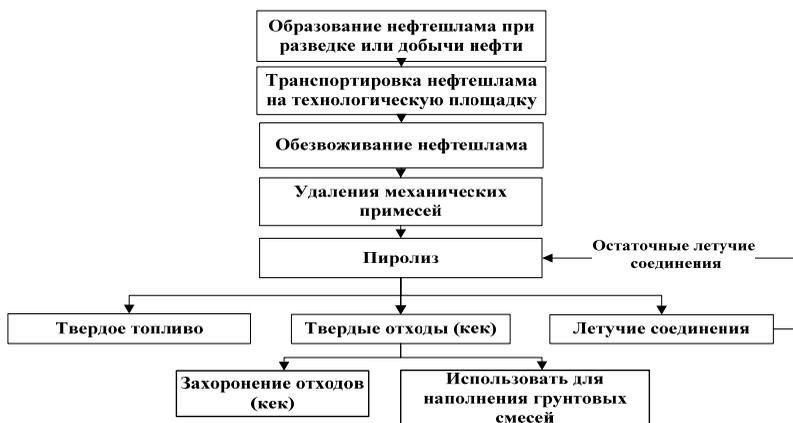


Рис. 3. Блок-схема жизненного цикла нефтешлама, используемого в качестве сырья для получения твердого топлива

Как представлено на рис. 2, захоронение нефтешламов в шламовых амбарах приводит к пролонгированному негативному воздей-

ствию компонентов отходов на все природные среды, а процессы ассимиляции отхода с природными экосистемами крайне замедлены.

Способ утилизации нефтешлама, который представлен на рис. 3, позволяет не только снизить воздействие на окружающую природную среду, но и уменьшить количество образовавшегося нефтешлама и изменить его состав и физико-химические свойства, а также получить новый продукт в виде твердого топлива.

Следовательно, продление жизненного цикла любого отхода или продукта позволяет снизить негативное воздействие на окружающую природную среду и здоровье человека, а также сохранить природные ресурсы для будущих поколений.

Список литературы

1. ГОСТ 30773–2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения. – Введ. 2002-07-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов.
2. Уланова О.В., Тулохонова А.В. Оценка жизненного цикла интегрированных систем управления отходами: монография. – М.: Изд. дом Акад. естествознания, 2013. – 203 с.
3. Жилинская Я.А., Устенко С.В. Классификация отходов нефтегазодобычи и обоснование выбора технологий обращения с отходами // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 4. – С. 80–96.

Об авторах

Ермакова Мария Витальевна – бакалавр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mashaermakova23@mail.ru.

Рудакова Лариса Васильевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: larisa@eco.pstu.ac.ru.

С.Б. Ефимова, Е.В. Калинина

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТКОВ ПОСЛЕ ПИРОЛИЗА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Представлены характеристики нефтесодержащих отходов нефтеперерабатывающих предприятий, способы их обезвреживания и утилизации. Определено, что перспективным является применение низкотемпературного пиролиза. Приведены результаты предварительных исследований, показывающих возможность использования остатков после пиролиза нефтесодержащих отходов в количестве до 20 % по массе исходного сырья в производстве керамических изделий.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, остатки после пиролиза нефтесодержащих отходов, термодесорбер, керамические изделия.

S.B. Efimova, E.V. Kalinina

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF USING RESIDUE AFTER PYROLYSIS OF OIL-CONTAINING WASTE IN THE PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS

The characteristics of oil-containing waste of oil refineries, methods of their neutralization and disposal are presented. It is determined that the use of low-temperature pyrolysis is promising. The paper presents the results of preliminary studies showing the possibility of using residues after pyrolysis of oil-containing waste in an amount of up to 20% in the production of ceramic products.

Keywords: oil-containing waste, residues after pyrolysis of oil-containing waste, thermal desorber, ceramic products.

Одной из основных экологических проблем промышленных предприятий является обращение с отходами. Ежегодно в результате хозяйственной деятельности нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) образуется около 450 тыс. т нефтесодержащих отходов (НСО) [1]. К ним относятся отходы, образующиеся при зачистке технологического оборудования, нефтезагрязненный грунт, флотопена и избыточный активный ил биологических очистных сооружений [2]. Объем образования НСО составляет 1,5–5 тыс. т на 1 млн т переработанной нефти.

Длительное складирование НСО в шламонакопителях, в прудах-отстойниках, аварийных амбарах привело к необходимости разработки и внедрения современных технологий обезвреживания и утилизации НСО. Состав НСО зависит от условий образования, от качества и состава исходного сырья. В табл. 1 представлена характеристика нефтесодержащих отходов.

Таблица 1

Характеристика нефтесодержащих отходов [2]

Вид нефтесодержащего отхода	Содержание, мас. %			Плотность, кг/дм ³	Соотношение в составе НСО предприятия, %	Температура выкипания 95 % нефтепродуктов, °С
	нефтяные углеводороды	влага	механические примеси			
Кек	10–25	10–20	70–80	1,1–1,6	80	500–520
Флотопена	2–10	15–20	70–75	1,0–1,08	20	500–520
Избыточный активный ил (ИАИ)	8–12	83–86	3–7	1,0	1	350–450

Выделяют несколько методов обезвреживания нефтесодержащих отходов [3]:

- физические методы (гравитационное отстаивание, фильтрование, экстракция);
- физико-химические методы (разделение нефтяного шлама с применением специально подобранных ПАВ);
- биологические методы (биологическое разложение);
- химические методы;
- термические методы (сжигание, сушки, пиролиз, газификация).

Термическое обезвреживание (пиролиз, сжигание, газификация) является наиболее эффективным способом переработки НСО [4, 5]. При низкотемпературном пиролизе НСО образуется мелкодисперсный высокоуглеродистый остаток (12–30 мас. %), обращение с которым является нерешенной задачей. Основными компонентами остатка являются оксиды кремния, алюминия и железа [1].

В данной работе провели оценку возможности использования остатка после низкотемпературного пиролиза НСО в составе для получения керамических изделий. Для исследований были изготовлены образцы керамических изделий с различным содержанием ос-

татков в образцах (рисунок). В глину вводили от 0 до 60 мас. % остатков пиролиза, полученные образцы формовали под давлением и подвергали термообработке при 950 °С. Полученные образцы испытывали на прочность, в результате чего установлено, что при введении в состав керамической массы остатков пиролиза в количестве 60 % прочность образцов снижается на 35 %. В табл. 2 представлены результаты определения прочности образцов керамики.



Рис. Образцы керамических изделий с использованием ОПТ НСО

В результате данного этапа эксперимента определено, что сплошная керамическая матрица образуется при содержании 80–85 % глины и остатков пиролиза 15–20 мас. %.

На основании выполненных исследований показана принципиальная возможность использования остатков после пиролиза в составе керамических изделий.

Таблица 2

**Прочность образцов керамики с использованием
остатков пиролиза в составе**

№ п/п	Содержание глины, %	Содержание остатков, %	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа
1	100	0	1810	4,4
2	95	5	1711	3,1
3	90	10	1695	2,4
4	85	15	1643	1,7
5	80	20	1596	2,2
6	75	25	1572	2,0
7	70	30	1500	2,5
8	65	35	1486	1,7
9	60	40	1466	1,5
10	50	50	1288	0,7
11	40	60	1167	0,6

Список литературы

1. Якунин В.И., Ходяшев М.Б., Калинин Н.Ф. Комплекс по переработке нефтесодержащих отходов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2008. – № 8. – С. 37–42.
2. Термодесорбция и термодеструкция отходов нефтеперерабатывающих предприятий с брекетируванием образующихся твердых остатков / Е.В. Калинина, И.С. Глушанкова, Л.В. Рудакова, Я.И. Вайсман // Экология промышленного производства. – 2015. – № 1. – С. 11–16.
3. Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 98–101.
4. Ташлыкова А.Н., Бузырева Н.В., Васина М.В. Обезвреживание нефтесодержащих отходов термическим методом // Экология и науки о Земле. – 2017. – С. 133–138.
5. Шпербер Д.Р. Разработка ресурсосберегающих технологий переработки нефтешлама: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2014. – С. 114–121.

Об авторах

Ефимова Светлана – студентка кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: swetl.efimova2018@yandex.ru.

Калинина Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kalininaelena1@rambler.ru.

М.Е. Ефимова, И.С. Глушанкова

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БУРОВОГО ШЛАМА

Предложена технология переработки бурового шлама в грунт с использованием его для рекультивации техногенно нарушенных земель. Определены физико-химические характеристики бурового шлама. Установлено влияние содержания золы, полученной от сжигания нефтезагрязненных почв, на свойства техногрунтов. Исследована возможность использования полученных образцов для биологической рекультивации.

Ключевые слова: буровой шлам, управление отходам, рекультивация.

M.E. Efimova, I.S. Glushankova

THE METHOD OF OBTAINING A REMEDIATION MATERIAL BASED ON DRILLING SLUDGE

The technology of processing drilling sludge into technogenic soil using it for the recultivation of industrial deteriorated lands was proposed. The physico-chemical characteristics of drilling sludge were determined. The influence of the ash content obtained from the burning of oil-contaminated soils on the properties of industrial soils was established. The possibility of using the obtained samples for biological recultivation was investigated.

Keywords: drilling sludge, waste management, recultivation.

РФ является одной из ведущих стран по добыче нефти и газа. Процесс добычи сопровождается образованием большого количества отходов бурения – буровых шламов [4].

Основным способом их утилизации в настоящее время остается складирование в шламовых амбарах, что оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду. Актуальным является переход на безамбарное бурение, который требует создания технологий переработки буровых шламов во вторичное сырье [1].

Анализ научно-технической информации показал, что есть способы переработки бурового шлама с получением различных продуктов: дорожного композиционного материала, строительного материала, грунта для строительства насыпей площадок скважин, смеси для рекультивации нарушенных земель и др. [2, 3].

Целесообразной является разработка способа получения рекультивационного материала с максимальным использованием имеющихся местных ресурсов.

В качестве объекта исследования были выбраны образцы бурового шлама, отобранного в Ханты-Мансийском автономном округе. Был проведен анализ химического состава (содержание тяжелых металлов в подвижной форме) и физико-химических показателей бурового шлама по стандартным методикам, разработанным для химического анализа почвенных образцов:

Влажность, %	45,8
pH	7,8
Жесткость, моль-экв/дм ³	23
Хлориды, мг/дм ³	1651
Сухой остаток, мг/дм ³	1800
ХПК, мгО ₂ /дм ³	444
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	78,25
Нефтепродукты, г/дм ³	4,7
Никель, мг/кг	2,3
Свинец, мг/кг	1,8
Медь, мг/кг	0,62
Марганец, мг/кг	112
Кобальт, мг/кг	0,96

Основными токсичными компонентами бурового шлама являются нефтепродукты, хлориды и тяжелые металлы, которые могут мигрировать в сопредельные среды и негативно воздействовать на почвы и природные воды.

Результаты исследований и оценка потенциального воздействия образцов на объекты окружающей среды показали, что образцы не отвечают требованиям экологической безопасности. Для получения из них рекультивационных грунтов необходимо создание на их основе композиционных материалов с внесением добавок, снижающих влажность, содержащих биогенные элементы и обладающих структурирующими свойствами.

В настоящее время на технологических площадках широко используются термические методы утилизации нефтезагрязненных почв и нефтешламов. При этом образуется зола, которая не находит источников применения. Одной из главных задач данной работы было максимальное использование местных ресурсов, в том числе золы.

С учетом этого факта и в результате анализа научно-технической информации по применению реагентов для получения техногенного грунта на основе бурового шлама, нами были выбраны такие компоненты, как песок, зола от сжигания нефтезагрязненных почв, низинный торф и негашеная известь.

Внесение в состав продукта негашеной извести регулирует рН среды, связывает избыточную влагу, способствует экстракции из торфа гуминовых соединений, способных взаимодействовать с ионами тяжелых металлов с образованием труднорастворимых гуматов свинца, кадмия и др., что приводит к снижению содержания подвижных форм тяжелых металлов в получаемом продукте. Песок используется для повышения качества смеси и внесения биогенных элементов. Зола поглощает влагу, структурирует буровой шлам. Торф повышает качество грунта, способствует сорбции и деструкции нефтепродуктов, детоксикации бурового шлама.

Исследовалось влияние доли золы в образцах на свойства получаемых композиционных материалов.

Было приготовлено 4 образца с разным соотношением компонентов (табл. 1).

Таблица 1

Состав композиций (мас. %)

Номер образца	Буровой шлам	Песок	Зола	Торф	СаО
1	33,0	8,2	8,3	49,5	1,0
2	33,0	8,3	13,2	44,6	0,9
3	33,0	8,3	24,8	33,1	0,7
4	36,0	9,0	0	54,0	1,1

Контроль процесса осуществляли по остаточному содержанию нефтепродуктов в водной вытяжке и рН. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результат контрольного исследования

Показатель	Образец				
	буровой шлам	1	2	3	4
Нефтепродукты, г/дм ³	4,7	0,8	1,2	1,6	0,5
рН	7,8	8,3	7,6	7,6	7,6
Снижение содержания нефтепродуктов, %	–	82,9	68,0	66,0	89,3

Как видно из представленных данных, в образцах композиционных материалов 1 и 4 содержание нефтепродуктов снизилось на 83–89 %.

Определен оптимальный состав композиции: БШ – 30–35 %, торф – 45–50 %, СаО – 1 %, зола – 5–10 %, песок – 8–10 %. Примерный состав композиции представлен на рисунке.

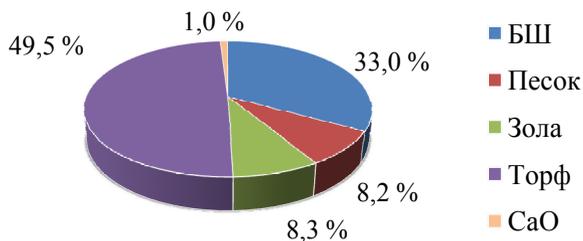


Рис. Оптимальный состав грунта

В лабораторных условиях проведены работы по определению эффективности использования полученных образцов для биологической рекультивации техногенно нарушенных земель. С этой целью на образцах полученного грунта был произведен посев травосмеси, включающей соле- и засухоустойчивые виды растений, а также растения, устойчивые к загрязнению почв нефтепродуктами. Состав смеси: райграс многолетний – 50 %, овсяница красная – 15 %, овсяница луговая – 20 %, тимофеевка луговая – 15 %. Количество семян рассчитано исходя из соотношения: 50 г семян на 1 м² почвы. В качестве контроля использовалась подзолистая почва.

Через 12 дней со дня посадки наблюдали всхожесть семян на контрольном образце и на образце 4. Через 16–20 дней наблюдали всхожесть на образце 1, затем 2 и 3. К концу рассматриваемого периода на контрольном образце и образцах 1 и 4 количество взшедших семян оказалось одинаковым. Таким образом, можно сделать вывод, что присутствие золы в грунте влияет только на длительность всхожести семян.

Проведенные исследования показали возможность использования полученного грунта (образец 1) для технической и биологической рекультивации техногенно нарушенных земель.

Данная технология использования бурового шлама является экологически безопасной, поскольку основными компонентами полу-

чаемого продукта являются природные материалы – торф и песок. Доля золы, полученной при термическом обезвреживании нефтезагрязненных почв, в материале должна составлять не более 10 мас. %.

Получение техногенного грунта по разработанной технологии не будет оказывать негативного воздействия на объекты окружающей среды.

Список литературы

1. Бухгалтер Э.Б. Экология нефтегазового комплекса: учеб. пособие / под общ. ред. А.И. Владимирова и В.В. Ремизова. – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2003. – 416 с.
2. Минигазимов Н.С. Техника и технология утилизации нефтяных отходов. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. – 316 с.
3. Способ утилизации бурового шлама с получением экологически чистого грунта: пат. 2017146952 Рос. Федерация: МПК В09С1/08 / Гаевая Е.В., Богайчук Я.Э., Тарасова С.С. [и др.]. – № 2017146952; заявл. 28.12.2017; опубл. 19.07.2018. – Бюл. № 20.
4. Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. – М.: Дело, 2006. – 552 с.

Об авторах

Ефимова Мария Евгеньевна – студентка кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.e.efimova@yandex.ru.

Глушанкова Ирина Самуиловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: irina_chem@mail.ru.

А.Е. Жуланова, И.С. Глушанкова, А.М. Михайлова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В целлюлозно-бумажной промышленности при производстве целлюлозы образуются лигносульфонаты, которые являются крупнотоннажным отходом, но в то же время представляют собой ценный продукт, при использовании которого можно получать строительные материалы. Таким образом, решаются две задачи – утилизация отхода и получение товарного продукта.

В работе рассмотрены существующие способы применения технических лигносульфонатов и предложены возможные методы усовершенствования этих способов.

Ключевые слова: лигносульфонаты, использование лигносульфонатов, строительные материалы, карбамидные смолы, полимеры, природные смолы, фенолформальдегидные смолы.

A.E. Zhulanova, I.S. Glushankova, A.M. Mikhailova

USE OF LIGNOSULFONATES IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

In the pulp and paper industry, lignosulfonates are formed in the pulp production process, which are large-scale waste, but at the same time they are a valuable product that can be used to produce building materials. Thus, two tasks are solved: waste disposal and obtaining a marketable product.

The paper considers the existing methods of using technical lignosulfonates and suggests possible methods for improving these methods.

Keywords: lignosulfonates, the use of lignosulfonates, building materials, urea resins, polymers, natural resins, phenolpharmaldehyde resins.

Актуальной задачей рационального природопользования является комплексное использование сырья и отходов, связанное с созданием безотходных и экологически чистых промышленных технологий.

Одной из наиболее загрязняющих окружающую среду отраслей народного хозяйства является целлюлозно-бумажная промышленность. Основной ее составляющей является получение волокни-

стых полуфабрикатов из древесины и их дальнейшая переработка в многочисленные товарные продукты. В процессе производства волокнистого полуфабриката (целлюлозы) образуются лигносульфонаты, спрос на которые меньше, чем их образуется.

Технические лигносульфонаты являются природными водорастворимыми сульфопроизводными лигнина. Это смесь различных солей (в основном натриевых) лигносульфоновых кислот с большим количеством редуцирующих и минеральных веществ.

Лигносульфонаты получают из лигнина, обработкой древесины растворами гидросульфитов щелочных металлов при температуре 140 °С, с последующим упариванием щелока [1].

Утилизация этих отходов – одна из наиболее острых проблем целлюлозно-бумажной промышленности. В то же время лигносульфонаты являются ценным продуктом, пригодным для дальнейшего использования с получением востребованной товарной продукции. Особенно это актуально с переходом на экономику замкнутого цикла производства.

Технические лигносульфонаты находят свое применение во многих отраслях промышленности – от строительства до пищевой [2].

Основным «потребителем» технических лигносульфонатов по праву можно назвать производство строительных материалов. Лигносульфонаты применяют при производстве бетона и сухих строительных смесей, что позволяет снизить расход составляющих (цемент) на 10–14 %, а также уменьшить расслоение бетонной смеси, повысить ее плотность и замедлить скорость отверждения [3].

Использование лигносульфонатов возможно в качестве упорочняющей добавки в производстве теплоизоляционных (минераловатных) материалов и в качестве связующего при производстве отделочных плит (древесно-стружечных, древесноволокнистых) благодаря их клеящим, вяжущим и поверхностно-активным свойствам.

Древесно-композиционные материалы – это материалы, где в качестве наполнителя используют измельченную древесину (отход лесопиления) и связующее вещество (различные смолы и термопластичные полимеры). К термопластичным полимерам, используемым в производстве древесно-композитного материала, относят полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид. Их широкое применение объясняется тем, что они легко сшиваются с органическими наполнителями и имеют низкую температуру плавления, благодаря чему не происходит разрушение древесины.

Наиболее распространенные смолы, применяемые при изготовлении древесных плит – карбамидные и фенолформальдегидные. Широкое применение эти смолы получили благодаря хорошим эксплуатационным свойствам. В отвержденном состоянии они бесцветны, стойки к действию окружающей среды, не имеют запаха, обладают хорошей биологической стойкостью. Недостатком таких полимеров является их токсичность. Токсичность смолы объясняется содержанием в ней свободных фенола и формальдегида не только в готовой продукции – в процессе производства происходит эмиссия фенола и формальдегида, что значительно снижает их широкое применение.

В связи с тем что карбамидные и фенолформальдегидные смолы токсичны и огнеопасны, процесс их получения сопровождается выбросами вредных веществ в окружающую среду, поэтому целесообразно заменить их новым, менее токсичным или вообще экологически чистым связующим.

Подобной альтернативой могут стать лигносульфонаты [4]. Преимущества использования лигносульфонатов в том, что это экологически чистый, относительно недорогой и постоянно возобновляемый сырьевой ресурс. Известно, что лигносульфонаты обладают клеящими свойствами, но их применение ограничено низкой связующей способностью и нестабильностью свойств. Главной задачей является придание лигносульфонатам водостойкости, существующие способы модификации лигносульфонатов не дают длительной водостойкости.

Обзор научно-технической информации оказал, что лигносульфонаты используют в качестве модификатора фенолформальдегидной смолы, благодаря чему уменьшается ее токсичность, улучшаются технологические свойства клея (ускоряется процесс отверждения клея). Также в настоящее время ведутся активные разработки по приданию лигносульфонатам водостойкости.

В этой связи лигносульфонаты необходимо рассматривать как сырье для производства нового связующего с высокими связующими и стабильными свойствами [5]. Существует огромное количество методик, направленных на улучшение, изменение и модификацию функциональных характеристик лигносульфонатов.

Нами проведены лабораторные исследования, направленные на изучение клеевых свойств лигносульфонатов и поиск нового связующего для производства древесно-композиционных материалов [6].

Полученные результаты позволяют предположить возможность получения на основе лигносульфонатов строительных материалов.

Таким образом, лигносульфонаты являются и отходами целлюлозно-бумажного производства, и в то же время возобновляемым сырьем для различных отраслей промышленности, поэтому уделяется все больше внимания их применению. Это позволяет решить проблемы, связанные с нехваткой сырья, а также улучшить экологическую обстановку. Важнейшей задачей является разработка биоразлагаемых материалов, в том числе на основе лигносульфонатов [7]. В первую очередь это относится к востребованным древесно-композиционным материалам. При их производстве в качестве связующего используются лигносульфонаты. Древесно-композитные материалы объединяют в себе лучшие качества – экологичность и экономичность.

Список литературы

1. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков: учебник для вузов / Б.Д. Богомолов, С.А. Сапотницкий, О.М. Соколов [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 360 с.
2. Сапотницкий С.А. Использование сульфитных щелоков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 224 с.
3. Шорыгина Н.Н., Резников В.С. Реакционная способность лигнина. – М.: Наука, 1976. – 368 с.
4. Симонова В.В., Шендрика Т.Г., Кузнецов Б.Н. Методы утилизации технических лигнинов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. – 2010. – Т. 3, № 4. – С. 340–354.
5. Дайнеко И.П. Утилизация лигнинов: достижения, проблемы и перспективы // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 5–20.
6. Свинороев Ю.А., Гутько Ю.И., Семенов К.Г. Методологические подходы при разработке новых связующих материалов на основе технических лигносульфонатов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2017. – № 1 (19). – С. 322–327.
7. Новые исследования и разработки в области получения древесно-композиционных материалов на основе древесных отходов / Р.Г. Сафин, В.В. Степанов, Т.Д. Исхаков, А.А. Гайнуллина,

Т.О. Степанов // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 6. – С. 139–142.

Об авторах

Жуланова Алена Евгеньевна – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 79194776224@yandex.ru.

Глушанкова Ирина Самуиловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: irina_chem@mail.ru.

Михайлова Анна Михайловна – аспирант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: anna95mix@yandex.ru.

Р.Р. Ильясова, Г.Р. Зайнуллина

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ПУТЕЙ ИХ РЕШЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Рассмотрены положительные стороны внедрения экологического воспитания учащихся на уроках химии с целью развития кругозора, личностного развития учащихся, формирования интереса к химической науке и межпредметных подходов к ее изучению.

Ключевые слова: экологическое воспитание.

R.R. Ilyasova, G.R. Yarullina

STUDYING ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND WAYS TO SOLVE THEM IN THE EDUCATIONAL PROCESS AT SECONDARY SCHOOL

The positive aspects of the introduction of environmental education of students in chemistry classes with the aim of developing horizons and personal development of students are considered.

Keywords: environmental education.

Современное школьное образование характеризуется модернизацией: возрастают требования к работе учителя, издаются новые учебные пособия, современными учителями используются новые педагогические методы и технологии предметного обучения, постоянно корректируются образовательные программы с учетом происходящих изменений в современном обществе. Традиционные методики обучения химии быстро устаревают. Тем не менее учебный процесс продолжается. Каждый год в российские школы приходит новое поколение учащихся, учителям химии необходимо искать и внедрять новые методы, технологии, методики организации учебной деятельности, чтобы реализовать познавательную деятельность учеников на уроке, научить самостоятельному поиску информации, привить интерес к предмету.

Известно, что хозяйственная деятельность человека в современном обществе – обществе потребления – часто негативно влияет на окружающую среду. Из-за этого человечество уже вступило в

эпоху необратимых изменений в экосистеме, что непосредственно влияет на жизнедеятельность самого человека. В связи с этим экологическое воспитание и просвещение, цель которого – внедрение идей бережного отношения к окружающей среде, приобретает огромное значение для будущего поколения.

В области образования экологическое воспитание является важнейшим направлением предметного обучения. Экологическое воспитание на уроках химии предполагает рассмотрение ряда теоретических вопросов, связанных с внедрением экологического компонента в содержание учебных, программных материалов по химии.

При отборе содержания экологического материала на уроках химии необходимо руководствоваться рядом положений: «Экологично связанное с биосистемой». Также важным является изучение химических процессов, с помощью которых можно оценить воздействие негативных факторов на биоту; рассмотреть круговорот химических веществ в природе, изучить причины деградации биосистем в результате воздействия на нее деятельности человека и способы защиты природной среды.

Необходимо учитывать и тот факт, что неживая природа тесно связана с живыми организмами, так как химический состав биосистем отражает химический состав неживой внешней среды. Важно доносить до учащихся, что знание экологических проблем и путей их решения связано с практической деятельностью человека, не всегда положительной для живых систем.

Химия имеет много возможностей на примерах показать результат негативного или положительного влияния деятельности человека на природную среду, а также предложить способы решения экологических проблем современности.

Известно, что в настоящее время социуме бытует негативное мнение о влиянии химии на биосистемы, развилось целое направление, называемое «хемофобия». Подобный подход формирует у учащихся негативное отношение к предмету химии в целом как к науке, снижая познавательный интерес к ее изучению. При этом отсутствует критическая ответственность самого человека, своего поведения и отношения к окружающей среде.

Во многих школах нет предмета «Экология», поэтому рассмотрение экологических вопросов и путей их решения с включением личностного отношения каждого учащегося вполне возможно на уроках химии. Многие темы общей, неорганической и органиче-

ской химии непосредственно связаны с экологией: «Нитраты», «Оксиды азота» и т.д.

В связи с вышеуказанным был проведен педагогический эксперимент, цель которого заключалась в следующем: разработать активные формы и методы обучения химии с включением экологической компоненты. Уроки по химии с элементами экологии проводились среди учащихся 8 классов СШ № 35 г. Уфы.

При изучении химии с активным включением экологических вопросов необходимо рассмотреть следующие моменты:

- природа находится в равновесном состоянии;
- человек своей деятельностью изменяет качественно химический состав окружающей среды, часто приводя к нарушению этого равновесия;
- химия позволяет получить информацию о состоянии окружающей среды благодаря развитию современных методов анализа и аналитического оборудования, что важно в дальнейшем для устранения негативного влияния токсичных веществ на объекты биоты, разработке способов очистки природных и искусственных объектов, способах их защиты и т.д.

При этом важно донести идеи взаимосвязи химических и экологических знаний, двойственную роль химических веществ в биосистемах в зависимости от их содержания, показать единство мира.

Экологический компонент на уроках химии должен включать не только теоретический материал, но и проведение химических экспериментов, решение расчетных задач, экскурсии.

Как показали исследования, при подготовке школьников по химии важно рассмотреть особенности регионов с точки зрения экологии, способствовать приобщению обучающихся к изучению родного края, экологическому воспитанию.

Для реализации поставленных задач необходимо активизировать деятельность учащихся, используя современные методы и технологии обучения, такие как групповая работа, решение проблемных заданий, компьютерные технологии.

В ходе педагогического исследования было установлено, что оптимальным объемом учебного времени, уделяемым на рассмотрение экологических вопросов, является 10–15 % от общего времени урока, что учитывает индивидуальные психологические особенности учащихся, возрастные характеристики, отражает основные особенности экологических условий региона.

Процесс обучения должен базироваться на учете особенностей региона, народа и его культуры. Любовь к родным местам, флоре и фауне конкретного региона является основой экологического воспитания. Проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов приводит учащихся к мыслям о возможных последствиях активного вмешательства человека в природные процессы.

При этом происходит:

- овладение умениями применять информацию о достижениях в области химии и экологии, о факторах здоровья и риска в том или ином районе региона;
- воспитание бережного отношения к природе своего края, культуры бережного отношения к природе;
- применение приобретенных знаний в повседневной жизни для оценки последствий собственной жизнедеятельности по отношению к окружающей среде, своему здоровью и других людей.

Например, на уроках химии можно рассмотреть следующие вопросы: роль химической науки в практической деятельности людей, вклад в развитие химии работников научных химических центров в различных городах того или иного региона. А также на уроках химии можно рассмотреть вопросы рационального природопользования, грамотного использования сырья и отходов производства; экологически безопасные технологии; использование вторичного сырья; производство экологически безопасных продуктов и материалов и т.д.

Как показал эксперимент, с активным внедрением экологического компонента на уроках учащиеся начали проявлять повышенный интерес к природе своего региона, с удовольствием начали участвовать в различных конкурсах, вести научно-исследовательскую работу по изучению местной флоры, фауны, промышленности и т.д. Увеличилось число желающих сдавать ЕГЭ по химии, повысился интерес к урокам и ответственность. Систематическое использование данной методики привело к повышению уровня знаний и, соответственно, оценки. Эффективность уроков возросла.

Химический эксперимент – важная часть обучения химии. В условиях внедрения экологической составляющей роль химического эксперимента становится еще более значимой. Химический эксперимент способствует формированию и развитию умений и навыков в области химической экологии и охраны окружающей

среды. Под руководством учителя, школьники на примерах учатся анализировать экологические ситуации, находить решения, направленные на защиту природной среды. Химический эксперимент экологической направленности предполагает анализ состояния природной среды, способов переработки образующихся продуктов – отходов производства, включает выполнение исследовательских проектов. Исследования можно посвятить моделированию экологических ситуаций, определению и качественному анализу биогенных элементов в природных объектах, анализу качества сельскохозяйственной продукции и продуктов питания.

В ходе проведения эксперимента было установлено, что групповая работа способствовала повышению познавательной активности учащихся, положительному эмоциональному настрою на процесс обучения, в целом отношению к химической науке.

По результатам тестирования было установлено, что успеваемость достигла 100 %, а качество успеваемости по химии – 76,92 %.

Таким образом, включение экологической составляющей на уроках химии позволяет достичь не только образовательных целей обучения, но и воспитательных и развивающих, способствуя развитию личности учащегося, расширению его кругозора и творческих способностей.

Список литературы

1. Общая методика обучения химии в школе / Р.Г. Иванова, Н.А. Городилова, Д.Ю. Добротин, А.А. Журин, М.В. Зуева, А.А. Каверина, А.С. Корощенко, В.Н. Лаврова, Е.Е. Минченков, П.А. Оржековский. – М.: Дрофа, 2008.
2. Васильева П.Д., Кузнецова Н.Е. Обучение химии. – СПб.: Каро, 2003.
3. Дендебер С.В., Ключникова О.В. Современные технологии в процессе преподавания химии. – М.: 5 за знания, 2008.
4. Журин А.А., Заграничная Н.А. Химия. Метапредметные результаты обучения. – М.: Вако, 2014.
5. Пичугина Г.В. Ситуационные задания по химии. – М.: Вако, 2014.

Об авторах

Ильясова Римма Рашитовна – доцент кафедры «Физическая химия и химическая экология», Башкирский государственный университет, e-mail: Ilyasova_R@mail.ru.

Зайнуллина Гузель Римовна – студентка, Институт непрерывного образования, Башкирский государственный университет, e-mail: Ilyasova_R@mail.ru.

В.Г. Исаков, А.М. Непогодин, Г.В. Свалов, М.Ю. Дягелев

ЛАБОРАТОРНАЯ ФЛОТАЦИОННАЯ УСТАНОВКА

Приведено описание лабораторной флотационной установки, предназначенной для технологической отработки процесса очистки промышленных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами и СПАВ, и результаты технологических экспериментов.

Ключевые слова: нефтепродукты, очистка сточных вод, флотация, режимы и технология очистки.

V.G. Isakov, A.M. Nepogodin, G.V. Svalov, M.Yu. Dyagelev

LABORATORY FLOTATION PLANT

A description of a laboratory flotation unit designed for processing the process of cleaning industrial waste water contaminated with petroleum products and spav and the results of technological experiments are given.

Keywords: petroleum products, wastewater treatment, flotation, treatment modes and technology.

Стремительный рост городов и развитие промышленности приводит к интенсивному загрязнению рек и озер необработанными сливами, при этом стоки часто загрязнены поверхностно-активными веществам, нефтепродуктами и органическими веществами, что приводит к постепенному ухудшению экологической ситуации. Физико-химические особенности СПАВ и разделение этих веществ на группы по способности к биохимическому разложению существенно затрудняют подбор наиболее оптимального метода очистки.

Основным способом очистки от подобных примесей является метод физико-химической очистки сточных вод, который состоит из процессов коагуляции, флотации и сорбции. Как правило, при очистке эти процессы применяются в комплексе.

Важнейшим этапом данного процесса является флотационная очистка, в основу которой положен метод напорной флотации. Этот вид очистки сточных вод выполняется в две стадии: насыщение воды воздухом под давлением; выделение пузырьков воздуха соответствующего диаметра и всплытие взвешенных и эмульгиро-

ванных частиц примесей вместе с пузырьками воздуха. Если флотация проводится с добавлением реагентов, то это – физико-химический способ.

Однако, несмотря на большое число публикаций [1–3], посвященных этому методу, слабо проработанным остается вопрос получения газовых эмульсий, характеризующихся большей степенью газосодержания при малом диаметре пузырьков.

В 2018 году силами ИжГТУ имени М.Т. Калашникова была разработана и изготовлена лабораторная флотационная установка ЛФМ-001 (рис. 1) для технологических исследований процесса очистки сточных вод предприятия от загрязнений. В настоящее время установка эксплуатируется в исследовательской лаборатории промышленного предприятия.

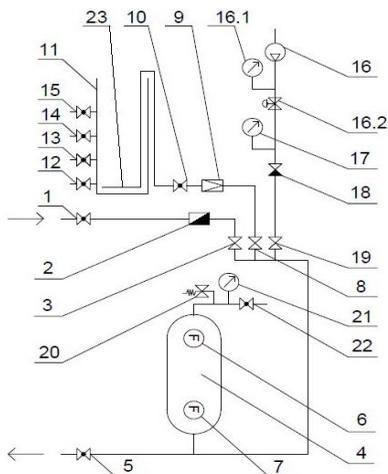


Рис. 1. Общий вид лабораторной флотационной установки ЛФМ-001: 1, 5, 10, 12, 22 – кран шаровый запорный; 2 – счетчик крыльчатый СВУ-15; 3, 8, 19 – клапан запорный; 4 – камера аэрации; 6, 7 – термометры; 9 – регулятор давления (редуктор); 11 – камера флотации; 13, 14, 15 – пробоотборник; 16 – компрессор; 16.1 – манометр; 16.2 – регулятор давления; 17, 21 – манометр; 18 – клапан обратный; 20 – клапан предохранительный; 23 – рассеиватель

Установка предназначена для получения рабочей жидкости (воды, насыщенной мелкодисперсными пузырьками воздуха диаметром 60–100 мкм) для экспериментальных исследований

режимов и технологии флотационного метода очистки промышленных сточных вод.

В ее состав входят: компрессор Patriot euro 24-240 в напольном исполнении, устройства для регулирования давления (редукторы), подачи, расхода воздуха и рабочей жидкости, контрольно-измерительная аппаратура, обратный и предохранительный клапаны (настроен на 7 бар), камера аэрации объемом 50 л из нержавеющей стали толщиной 1 мм, рассчитанная на давление до 7 бар (максимальное), настольная камера флотации объемом 38 л и высотой 700 мм из прозрачного органического стекла, соединительные трубопроводы и шланги высокого давления (до 8 бар), рассеиватель для ввода подготовленной жидкости в нижнюю центральную часть камеры флотации, устройства пробоотбора очищенной сточной воды, заправочные и сливные краны и вентили.

В конструкции максимально использованы серийно выпускаемые узлы и элементы, что обеспечивает возможность замены вышедшего из строя оборудования на исправное. Трубопроводы собраны на разъёмных соединениях (компрессионных фитингах).

Рабочая жидкость: в камере аэрации – водопроводная вода (объем 35–40 дм³ в зависимости от задач испытания), в камере флотации – смесь сточной и насыщенной воздухом водопроводной воды. Расход воздуха: до 3–5 % от расхода воды.

Размер образующихся пузырьков определяется установленным в эксперименте давлением в камере аэрации и расходом водовоздушной смеси в камеру флотации.

Контролируемые и регулируемые показатели: расход воды (расходомером и/или указателем уровня в камере флотации), устройства управления – редуктор 9 (см. рис. 1) и кран 10; расход воздуха – давлением насыщения (г воздуха/литр воды при данной температуре) и количеством водовоздушной смеси на 1 л сточной воды), температуры воздуха и воды в камере насыщения. Доступ к узлам управления и регулировки обеспечивается с поверхности рабочего стола.

Отбор проб очищаемой жидкости или водовоздушной смеси производится в 3 сечениях, соответствующих количеству жидкости в камере флотации 5; 10; 15 л.

Режим работы: периодический, в камере аэрации 5–30 мин, в камере флотации 15–30 мин.

Некоторые результаты технологических экспериментов представлены на рис. 2.

В результате проведенных отладочных экспериментов установлено, что для получения заданных ТЗ характеристик водовоздушной смеси необходимо время насыщения воды воздухом не менее 10 мин, давление – не менее 0,5 МПа.

Количество растворенного воздуха оказалось меньше теоретического.

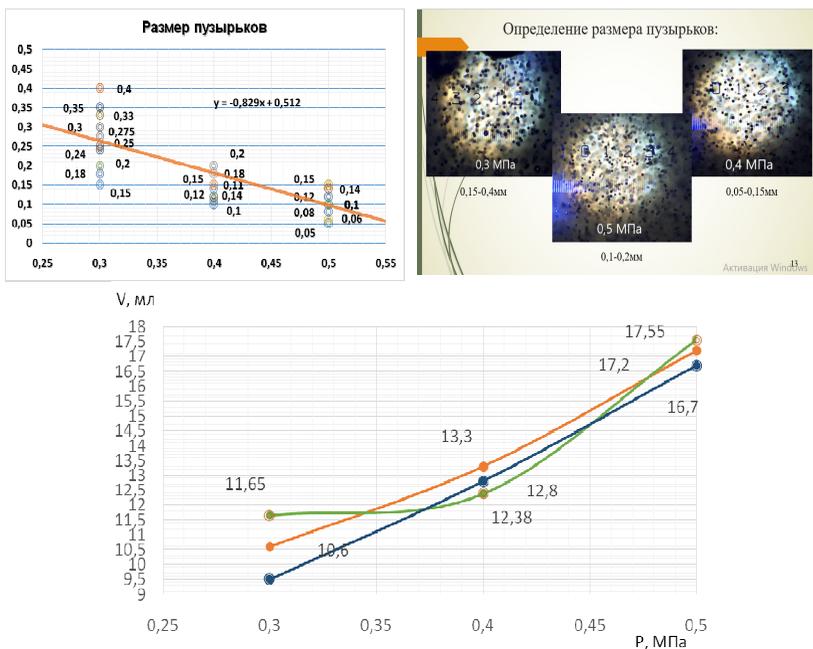


Рис. 2. Экспериментальные зависимости размеров всплывающего пузырька (фотокамера DigitalMicroscope 10×–300×) и количества растворенного воздуха в камере аэрации от давления

Установлена зависимость размера и скорости всплытия пузырьков от давления. Получены размеры при давлении 0,3 МПа = 0,5...1,1 мм, $v = 1,2$ мм/с; при 0,4 МПа = 0,3...0,7 мм, $v = 1,8$ мм/с и при 0,5 МПа = 0,1...0,5 мм, $v = 2,2$ мм/с.

Список литературы

1. Применение напорной флотации при очистке стоков / Л.М. Кочетов, Б.С. Сажин, В.Б. Сажин, И.А. Попов, Г.И. Хазанов, А.С. Буток // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – Т. XXIV, № 3 (108). – С. 113–116.

2. Ксенофонтов Б.С. Сазонов Д.В. Карелин А.Н. Определение интенсивности барботирования в лабораторной флотационной установке // Электронный журнал Молодежный научно-технический вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Эл. № ФС77-51038.

3. Ксенофонтов Б.С., Сазонов Д.В. Флотационная установка для очистки сточных вод: патент РФ на полезную модель № 123001. Приоритет. от 24.07.2012.

Об авторах

Исаков Виталий Германович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: isakovvg@istu.ru.

Непогодин Александр Михайлович – старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: sa-nepogodin@rambler.ru.

Свалов Герман Валерьевич – заведующий лабораторией кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: vodosnab@istu.ru.

Дягелев Михаил Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоподготовка», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, e-mail: vodosnab@istu.ru.

Е.Н. Карманова, И.А. Шестаков, Е.В. Калинина

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАЩЕНИЯ С НЕФТЕСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

На сегодняшний день изменение структуры нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) направлено на развитие безотходных технологий, использование которых минимизирует количество нефтесодержащих отходов (НСО), или на повторное вовлечение продуктов в производственные процессы.

Проблема, связанная с обращением отходов нефтеперерабатывающего комплекса в первую очередь связана с тем, что объемы производства постоянно возрастают. Обезвреживание и утилизация нефтесодержащих отходов НПЗ представляет собой сложную технологическую и экологическую задачу, прежде всего из-за различного состава первичного сырья и использования реагентов на различных технологических этапах.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающие заводы, нефтесодержащие отходы.

E.N. Karmanova, I.A. Shestakov, E.V. Kalinina

ANALYSIS OF METHODS FOR HANDLING OIL-CONTAINING WASTE REFINERY

The change in the structure of oil refineries (refineries) is aimed at developing waste-free technologies, the use of which minimizes the amount of oil-containing waste (NW) or they will be re-used in the production process.

The problem associated with the treatment of refinery waste is primarily due to the fact that production volumes are constantly increasing. Most of the methods for disposal and disposal of refinery waste do not give acceptable results due to inappropriate equipment. Neutralization and disposal of oily waste from oil refineries is a difficult task, primarily due to the different composition of primary raw materials.

Keywords: oil refineries, oil-containing waste.

НСО НПЗ представляют собой сложную систему, состоящую из воды, нефтепродуктов и минеральных примесей (песок, глина, продукты коррозии резервуаров). Содержание различных компонентов в отходах колеблется в широких диапазонах из-за различного состава сырой нефти и условий образования отходов. НСО представлены смесью воды, минеральных примесей и углеводородов (табл. 1) [1]. В НСО входят следующие компоненты: железо (8–10 %),

сера (0,1–1 %), карбены и карбоиды (3–25 %), асфальтены (0,1–2,5 %), асфальтегеновые кислоты (0,1–2 %), нейтральные смолы (0,4–14 %), свинец (0,7–11,5 %), масла (5–13,5 %) и др. [2].

Таблица 1

Состав нефтесодержащих отходов, %

Наименование НСО	Вода	Углеводороды	Минеральные примеси
Шлам зачистки резервуаров	40–50	10–40	1–10
Шламы накопителей (отстойников)	30–40	15–40	10–40
Избыточные активные илы	65–75	20–25	5–10

Подбор методов обезвреживания и утилизации зависит от состава НСО. На сегодняшний день методы переработки НСО имеют разную экономическую и экологическую эффективность. Наиболее распространенными методами обезвреживания являются: сжигание, фильтрование и отстаивание. Переработка и утилизация НСО заключается в разделении отходов на фракции (легкую и тяжелую). Современные технологии позволяют провести многоступенчатое разделение с высокой степенью очистки НСО. Сравнительный анализ эффективности методов обезвреживания представлен в табл. 2 [3].

Таблица 2

Сравнительный анализ эффективности методов обезвреживания

Параметр	Физический	Физико-химический	Химический	Биологический	Термический
Методы переработки	Отстаивание, гидрообработка, центробежное разделение	Экстракция, флотация, электромагнитные и каталитические методы	Капсулирование и нейтрализация	<i>Внесение специально подобранных штаммов активных веществ</i>	Сжигание, газификация и пиролиз
Принцип метода	Перемешивание и физическое разделение	Обработка реагентами, изменяющими физико-химические свойства, с разделением на составляющие фазы	Добавление к нейтрализуемой массе химических реагентов	Разложение нефтепродуктов микроорганизмами	Обезвреживание нефтешлама при высоких температурах

Окончание табл. 2

Параметр	Физический	Физико-химический	Химический	Биологический	Термический
Вид перерабатываемого нефтешлама	Амбарные, эмульсионные и донные нефтешламы	Грунт, амбарные нефтешламы	Грунт жидкие и твердые нефтесодержащие отходы	Нефтяные загрязнения в почве и воде	Жидкие НСО, донные, пастообразные нефтешламы, твердые нефтеотходы, иловые осадки, грунт
Эффективность обезвреживания	90–95 %	99,8 %	99,5–99,8 %	98 %	90–98 %
Технологические требования к обеспечению протекания процесса	Отсутствие в составе нефтешламов плотных и нелетучих асфальтенов	Применение специальных ПАВ, специального дозирующего оборудования, перемешивающих устройств	Необходимость использования негашеной извести высокого качества, специального оборудования	Требуется значительная подготовка земельных участков и специального оборудования, реализуется в теплое время года	Необходимость обеспечения высоких температур
Образующийся отход	Эмульгированная нефть, содержащая воду и твердые остатки	Неутилизируемые твердые отходы	Порошковый гидрофобный порошок	–	Зола, кокс
Достоинства	Высокая степень надежности метода, не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат	Возможность интенсификации процессов при сравнительно небольших добавках вводимых веществ	Высокая эффективность процесса переработки нефтесодержащих отходов в порошкообразный гидрофобный материал, который может быть использован в дорожном строительстве	Возможность использования сельскохозяйственной техники, возможность интенсификации процесса, сравнительно незначительные капитальные и энергетические затраты	Возможность комбинирования с другими природоохранными процессами, возможность использования продуктов разложения, не требует больших затрат

Из всех перечисленных методов обезвреживания нефтесодержащих отходов наиболее эффективным является физико-химический метод, позволяющий разделить НСО на фракции, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве с получением товарных продуктов (табл. 3).

Таблица 3

Продукты переработки НСО

Вид НСО	Товарные продукты
Шламы зачистки и осадки резервуаров	Получение углеводородов, смазок неотвественных механизмов цепей, форм при изготовлении бетонных плит на домостроительных комбинатах и заводах ЖБК, в качестве профилактических средств для предотвращения смерзания угля и для предохранения от ветровой эрозии при его перевозке, сжигание в качестве печного топлива
Нефтешламы	Получение строительного битума, асфальтобетонной смеси; после отверждения – использование при сооружении дорог, посыпка льда, изготовление облицовочного материала для различных хранилищ; сернистого газа, сернокислого аммония и высокосернистого кокса
Избыточные активные илы	Получение строительных материалов, синтетического топлива, технического углерода, пиролизного газа

Выбор наиболее выгодного экономически и экологически эффективного способа переработки и утилизации НСО зависит от конкретных условий: климатических особенностей региона, наличия технологий переработки и оборудования, состава отходов, экономических предпосылок и возможности последующей утилизации полученных продуктов обезвреживания [4].

Для выбора наиболее оптимальных методов требуется анализ множества экономических и экологических факторов. Для обоснования методов обращения с НСО могут быть использованы метод материальных потоков, анализ жизненного цикла или многокритериальный анализ [5].

Список литературы

1. Чан Тхи Лонг Ан. Исследование особенностей переработки нефтесодержащих отходов различного генезиса: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2019. – 147 с.

2. Технология переработки нефтешламов / К.Л. Чертес [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 6. – С. 35–39.

3. Рустамов Э.С., Бахридинова М.А. Способ переработки нефтяных шламов // Молодой ученый. – 2014. – № 11. – С. 107–109.

4. Соколов Л.И. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов. – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 160 с.

5. Яцало Б.И., Грицюк С.В. Система многокритериального анализа решений decernsMCDA и ее практическое применение // Программные продукты и системы. – 2014. – № 2. – С. 75–85.

Сведения об авторах

Карманова Екатерина Николаевна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ekarmanova33@gmail.com.

Шестаков Иван Анатольевич – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: xzxpetroxzx@gmail.com.

Калинина Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kalininaelena1@rambler.ru.

А.П. Килина, А.В. Цыбина, И.С. Глушанкова

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД РАЗНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ
ПРИ АНАЭРОБНОМ РАЗЛОЖЕНИИ**

Рассматривается проблема выбора технологии утилизации осадков городских сточных вод (ОСВ), размещенных на иловых картах и в илонакопителях. Представлен состав биогаза, выделяющегося при анаэробном разложении ОСВ. Приведены данные о фазах метанового сбраживания ОСВ и о зависимости объема образования биогаза от температуры и продолжительности процесса разложения. Приведены результаты анализа проб ОСВ разного срока хранения на содержание тяжелых металлов. Описана методика проведения эксперимента, целью которого было установление зависимости между сроком хранения ОСВ и объемом и составом эмиссий, образующихся при анаэробном разложении осадков.

Ключевые слова: осадки сточных вод, иловая карта, илонакопитель, биогаз, утилизация биогаза, эмиссии, парниковый газ.

A.P. Kilina, A.V. Tsybina, I.S. Glushankova

**DETERMINATION OF THE EMISSION POTENTIAL
OF SEWAGE SLUDGE OF DIFFERENT STORAGE PERIODS
DURING ANAEROBIC DECOMPOSITION**

In the article the problem of choosing a technology for utilization of urban sewage sludge, disposed off in sludge lagoons and sludge collectors, is discussed. The composition of biogas released during anaerobic decomposition of sewage sludge is presented. Data are presented on the phases of methane decomposition of sewage sludge and on the dependence of the volume of biogas production on temperature and the duration of the decomposition process. The results of the analysis of sewage sludge samples of different storage periods for the content of heavy metals are presented. The experimental procedure is described, the purpose of which was to establish a dependence between the storage period of sewage sludge and the volume and composition of emissions formed during anaerobic decomposition of sewage sludge.

Keywords: sewage sludge, sludge lagoon, sludge collector, biogas, biogas utilization, emissions, greenhouse gas.

Одной из проблем урбанизированных территорий является утилизация многотоннажных отходов, образующихся в процессе

очистки городских сточных вод – осадков сточных вод (ОСВ). ОСВ состоят из органических и минеральных веществ, выделенных в процессе механической очистки, и избыточного активного ила, используемого при биологической очистке сточных вод и выведенного из технологического процесса [1]. ОСВ содержат в себе разнообразные загрязнители, включая тяжелые металлы, остатки фармацевтических препаратов, патогенную микрофлору и личинки/яйца гельминтов. Концентрации вредных и дурнопахнущих газов, которые выделяются при разложении размещенных в окружающей среде ОСВ, по органолептическим показателям могут до 5 раз превышать нормы [2].

Размещение ОСВ на иловых картах и складирование в илонакопителях является основным методом обращения с ОСВ в России. В поверхностном слое ОСВ толщиной до 0,5 м протекают процессы аэробного разложения, в более глубоких слоях иловых карт и илонакопителей происходит анаэробное разложение ОСВ, сопровождающееся выделением биогаза.

Биогаз является продуктом метанового брожения ОСВ и состоит из метана, углекислого газа и небольшого количества других газов: закиси азота, сероводорода, аммиака. В исследовании [3] при анализе состава биогаза, образующегося в верхней части метантенка, получили следующие результаты: среднее содержание метана (CH_4) составило 58–64 %, углекислого газа (CO_2) – 30–40 %, прочих газов – 0–3 %. Метан и закись азота относятся в парниковым газам; их коэффициенты глобального потепления на 100-летнем временном интервале составляют 28 и 265 соответственно [4]. Утилизация метана обоснована и с целью рекуперации энергии.

Метановое брожение ОСВ представляет собой двухэтапный процесс. На первом этапе брожения из кислотообразующих бактерий и воды образуются кислоты и спирты. На втором этапе происходит дальнейшее разложение промежуточных соединений кислотопродуцирующих бактерий посредством метанообразующих микроорганизмов с выделением биогаза [5].

На скорость выделения и состав газовых эмиссий, выделяемых при брожении ОСВ, влияет ряд факторов, включая температуру, состав и качество сброживаемого ОСВ.

Анализируя процессы сброживания ОСВ, рассматривают следующие группы микроорганизмов в соответствии с температурными интервалами [5]:

- до 20 °С – психрофильные;
- 20–40 °С – мезофильные;
- 50–70 °С – термофильные.

Графики зависимости объема образующегося биогаза от температуры окружающей среды и продолжительности процесса разложения представлены на рис. 1.

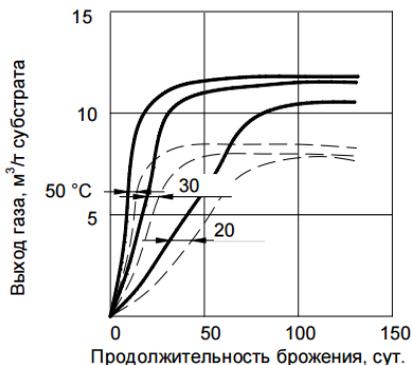


Рис. 1. Влияние температуры брожения и продолжительности брожения ОСВ на выход биогаза и метана: — – общий выход газа; - - - - выход метана [5]

Для интенсификации процесса образования биогаза необходимо обеспечить скорейшее наступление термофильной фазы разложения посредством уменьшения продолжительности психрофильной и мезофильной фаз.

Целью настоящего исследования было установление зависимости между «возрастом» ОСВ и объемом и составом газообразных и жидких эмиссий, выделяющихся при анаэробной стабилизации (под «возрастом» здесь подразумевается продолжительность хранения на иловых картах и в илонакопителях, предшествовавшая анаэробной стабилизации ОСВ). Для достижения данной цели был спланирован и поставлен эксперимент, задачами которого были:

- 1) установление динамики образования и определение характеристик газообразных эмиссий, образующихся при анаэробной стабилизации ОСВ различного «возраста»;
- 2) установление динамики образования и определение характеристик фильтрата, образующегося при анаэробной стабилизации ОСВ различного «возраста».

Для исследования были отобраны три образца ОСВ: свежие ОСВ, ОСВ после хранения на иловых картах 1–2 года, ОСВ после хранения в илонакопителе 15–20 лет. Отбор проб производили в осенний период. Пробы хранили в проветриваемых целлофановых пакетах при положительной температуре окружающей среды.

Перед проведением эксперимента пробы ОСВ проанализировали на содержание тяжелых металлов. Анализ проводили в сертифицированной лаборатории по стандартным методикам. Результаты анализа представлены в таблице.

Результаты лабораторного анализа проб ОСВ
на содержание тяжелых металлов

Показатель	ОСВ свежие	ОСВ 1–2 года	ОСВ 15–20 лет
Cd, мг/кг	0,38	3,82	17,05
Mn, мг/кг	117,08	201,90	917,39
Cu, мг/кг	0,56	3,49	34
Ni, мг/кг	19,29	27,33	87,68
Pb, мг/кг	0,7	< 0,5	1,67
Zn, мг/кг	12651	1013	902

Для проведения эксперимента была разработана модельная лабораторная установка, состоящая из трех емкостей, соединенных между собой силиконовыми трубками. Схема модельной установки представлена на рис. 2.

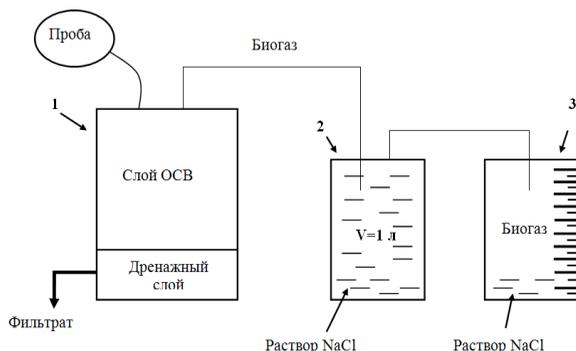


Рис. 2. Модельная установка: 1 – дренажный слой, ОСВ, слой воды; 2 – раствор NaCl; 3 – емкость для отбора проб, частично заполненная раствором NaCl

В 1 емкости предусмотрен пробоотборник забора проб фильтрата и биогаза. Биогаз, выделяемый в процессе разложения ОСВ, вытесняет раствор NaCl из 2 емкости в 3. По объему вытесненного раствора NaCl определяли объем образовавшегося биогаза.

В ходе эксперимента установлена зависимость объема и состава биогаза и фильтрата, образующихся в процессе анаэробного разложения ОСВ, от срока хранения ОСВ на иловых картах. Результаты эксперимента можно использовать при обосновании выбора технологии утилизации ОСВ, размещенных на иловых картах и илонакопителях.

Список литературы

1. ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. «Охрана природы (ССОП). Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений». Дата введения 2001-10-01.

2. Дрегуло А.М., Панова Н.Е. Оценка негативного воздействия на окружающую среду полигонов складирования осадков биологических очистных сооружений // Экология и промышленность России. – 2012. – С. 43–45.

3. Зайнуллин Р.Р., Галяутдинов А.А. Применение технологии анаэробного сбраживания в утилизации осадков сточных вод // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 6. – С. 76–77.

4. IPCC, 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midg. – URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.

5. Седнин В.А., Прокопеня И.Н. Анализ факторов, влияющих на производство биогаза при сбраживании осадка сточных вод // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – № 5. – С. 49–58.

Сведения об авторах

Килина Анастасия Павловна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, kilinanastya97@mail.ru.

Цыбина Анна Валерьевна – старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, anna.tsybina@gmail.com.

Глушанкова Ирина Самуиловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, irina_chem@mail.ru.

Л.А. Кормина, О.О. Сукач

ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Рассмотрены проблемы теплоснабжения г. Горно-Алтайска. Показано, что приоритетным направлением развития системы теплоснабжения является газификация. Проведен сравнительный анализ воздействия на атмосферу котельных при переводе с твердого топлива на природный газ.

Ключевые слова: газификация, воздушная среда, рассеивание выбросов.

L.A. Kormina, O.O. Sukach

INTRODUCTION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR

The problems of heat supply in Gorno-Altai are considered. It is shown that the priority direction of the development of the heat supply system is gasification. The comparative analysis of the impact of the transition of the boiler with solid fuel to natural gas is made.

Keywords: gasification, air environment, the dispersion of emissions.

Загрязнение атмосферного воздуха объектами теплоэнергетики обусловлено прежде всего выбросами загрязняющих веществ, которые образуются при сжигании топлива в котлах.

Объектом наших исследований является система теплоснабжения муниципального образования г. Горно-Алтайска.

Выработка тепловой энергии в г. Горно-Алтайске осуществляется на производственных и коммунальных котельных, которые используют различные виды топлива: природный и сжиженный газ, угли различных марок, дрова, топочный мазут, керосин, солярку.

Республика Алтай не располагает собственными энергоресурсами и завозит уголь, мазут и сжиженный газ из других регионов. Одним из приоритетных направлений социально-экономического развития республики является газификация. Природный газ – наиболее экологически чистый и универсальный источник энергии, использование которого может обеспечить более надежное теплоснабжение террито-

рии региона, снизить затраты потребителей на приобретение топлива, повысить комфортность условий жизни населения, позволит ускорить развитие инфраструктуры Горного Алтая как курортной зоны.

В 2017 г. в Республике Алтай разработана региональная программа газификации, основными задачами которой являются строительство на территории республики газотранспортной инфраструктуры, объектов капитального строительства для обеспечения надежного газоснабжения потребителей и повышение уровня газификации жилищно-коммунального хозяйства Республики Алтай.

Целью программы является разработка оптимальных вариантов развития системы теплоснабжения муниципального образования по критериям качества, надежности теплоснабжения и экономической эффективности.

Эксплуатация объектов системы распределения газа осуществляется филиалом ООО «Газпром газораспределение Томск» в Республике Алтай. Газоснабжение потребителей Республики Алтай осуществляется от одного магистрального газопровода (МГ «Бийск – Горно-Алтайск») путем строительства газопровода – отвода к газораспределительной станции «ГРС Горно-Алтайск». «ГРС Горно-Алтайск» имеет значительные резервы по поставкам газа потребителям. Современное состояние газотранспортной системы обеспечивает газоснабжение существующих потребителей.

Единственным поставщиком природного газа для населения, нужд организаций и коммунально-бытовых нужд является ООО «Газпром межрегионГаз Новосибирск». Потребление природного газа Республики Алтай в 2016 г. составило 46 863 тыс. м³.

Существующие проблемы централизованной системы теплоснабжения г. Горно-Алтайска связаны с рядом факторов:

- отсутствие резервных источников теплоснабжения у котельных;
- полное или частичное отсутствие закольцованности систем теплоснабжения;
- недоотапливаемость потребителей ввиду больших гидравлических потерь и недостаточного располагаемого напора;
- низкий КПД устаревшего оборудования;
- недостаточная резервная мощность котельных.

С целью оценки воздействия существующих систем теплоснабжения г. Горно-Алтайска на воздушный бассейн нами использованы материалы инвентаризации и разработанные нормативы

предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ для ОАО «Горно-Алтайское ЖКХ», на балансе которого находится большинство источников теплоснабжения города. Проект нормативов ПДВ разработан в 2018 г. ООО «Алтайпроект» (г. Барнаул) и согласован в установленном порядке Управлением Росприроднадзора по Алтайскому краю и Республике Алтай.

Как следует из данных проекта ПДВ, наибольший уровень загрязнений создается выбросами котельных № 8, 18, 21 и 23, работающих на твердом топливе и не оснащенных золоуловителями. Концентрация выбросов золы превышает санитарно-гигиенические нормативы ПДК в жилой зоне в 1,9 раз, а на границе санитарно-защитной зоны – в 2,1 раза.

С целью снижения загрязнения воздушной среды города нами предложен перевод котлоагрегатов вышеперечисленных котельных на природный газ.

Для сравнительной оценки воздействия на атмосферу газовой котельной по сравнению с угольной нами проведены расчеты выбросов загрязняющих веществ и их рассеивание в атмосфере по обоим вариантам.

Выбросы загрязняющих веществ определены расчетным методом [1].

При использовании в качестве топлива природного газа в атмосферу поступают оксиды азота и оксид углерода. При сжигании угля, кроме перечисленных загрязняющих веществ, в атмосферу поступают диоксид серы, угольная зола и сажа.

Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ при работе котельных № 8 и 18 на твердом топливе и природном газе приведены в табл. 1, 2 [2].

С целью определения приземных концентраций и зоны воздействия котельных произведен расчет рассеивания загрязняющих веществ с использованием программного комплекса «ЭРА», разработанного фирмой «ЛОГОС-плюс», г. Новосибирск, реализующего основные положения МРР-2017 [3].

Полученные расчетом рассеивания значения приземных концентраций в жилой зоне при переводе угольных котельных на газ уменьшились более чем на 60 %, в том числе:

- по диоксиду азота – с 0,15 ПДК до 0,05 ПДК;
- по оксиду углерода – 0,11 ПДК до 0,04 ПДК.

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ от угольных котельных

Загрязняющее вещество	Котельная № 8		Котельная № 18	
	г/с	т/год	г/с	т/год
Азота диоксид	0,3380	6,5421	0,0806	1,5592
Сажа	0,5237	10,1346	0,0417	0,8068
Серы диоксид	0,4340	8,4000	0,1034	2,0020
Углерода оксид	4,9286	95,3856	1,1746	22,7336
Зола углей	1,6741	32,4000	0,1333	2,5792

Таблица 2

Выбросы загрязняющих веществ
от газифицируемых котельных

Загрязняющее вещество	Котельная № 8		Котельная № 18	
	г/с	т/год	г/с	т/год
Азота диоксид	0,1067	1,5081	0,0201	0,2892
Углерода оксид	0,2045	3,9586	0,0488	0,9438

Кроме того, выбросы летучей золы, сажи и диоксида серы при газификации котельных исключаются.

Список литературы

1. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 т пара в час или менее 20 Гкал в час. – М., 1999. – 56 с.
2. Медведев А.И., Кормина Л.А. Ресурсосберегающие технологии при газификации систем теплоснабжения г. Горно-Алтайска // Наука и молодежь: Материалы XVI Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. – С. 789–792.
3. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 06.06.2017 № 273.

Об авторах

Кормина Людмила Аркадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: kormina_la@mail.ru.

Сукач Ольга Олеговна – магистрант, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: htie@mail.ru.

Д.А. Красков, Т.П. Луцко

СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ФИНСКОГО ЗАЛИВА В РАЙОНЕ ГОРОДА ЛОМОНОСОВ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Проведено сравнение вод Финского залива в районе города Ломоносов в осенне-зимний период 2018 и 2019 г. Сравнение происходило по семи показателям: содержание нитритов, нитратов, фторидов, силикатов, иона хлора, растворенного кислорода и рН. Все эти показатели по результатам исследования не превышают ПДК.

Ключевые слова: химический состав, измерения, вода, Финский залив.

D.A. Kraskov, T.P. Lutsko

COMPARISON OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE WATERS OF THE GULF OF FINLAND NEAR THE CITY OF LOMONOSOV IN THE AUTUMN-WINTER PERIOD

A comparison of the waters of the Gulf of Finland near the city of Lomonosov in the autumn-winter period of 2018 and 2019 was made. The comparison was based on seven indicators: the content of nitrites, nitrates, fluorides, silicates, chlorine ion, dissolved oxygen, and pH. All these indicators do not exceed the MPC as a result of the study.

Keywords: Chemical composition, measurements, water, Gulf of Finland.

Введение

Для жителей города Санкт-Петербурга и Ленинградской области важное значение имеют воды Финского залива, так как они используются во всех сферах человеческой жизни: в хозяйственной, промышленной и бытовой. На берегах Финского залива находятся крупные районы Санкт-Петербурга – Ломоносов, Петергоф, Кронштадт, Сестрорецк, Зеленогорск. В перечисленных районах расположены крупные санатории. Здесь также находятся зоны активного отдыха жителей Северной столицы и Ленинградской области. В районе Зеленогорска расположены рыбоводческие хозяйства. В них выращивают форель. Для разведения рыбы необходима достаточная концентрация растворенного в воде кислорода и низкое содержание хлора в ней, а также значение водородного показателя

теля в пределах нормы (рН от 6,5 до 8,5). Нельзя допускать превышения ПДК органических веществ, например фенолов [1]. Для развития туризма и отдыха нельзя также допускать зарастания берегов Финского залива камышом, осокой и кустарниками. Нахождение в природных водах ионов аммония связано с процессами разложения белков. Повышенное содержание ионов аммония в природной воде может сигнализировать о недавнем загрязнении воды органическими веществами белковой природы [2]. Поэтому необходимо контролировать в природной воде содержание нитратов, нитритов, фосфатов, силикатов, которые могут ускорить рост растений на побережье Финского залива. Для того чтобы в дальнейшем можно было безопасно использовать воду Финского залива для отдыха, водного туризма, рыбоводства, бытовых нужд, необходимо контролировать химический состав природных вод.

Цель данной работы заключалась в исследовании химического состава вод Финского залива в районе города Ломоносов, и их сравнение в осенне-зимний период, для того чтобы понять, насколько изменилась вода в Финском заливе за один год.

Материалы и методы

Пробы природной воды отбирали в течение шести месяцев: октябрь, ноябрь, декабрь 2018 г. и октябрь, ноябрь, декабрь 2019 г.

Для определения нитритов, нитратов, фосфатов, силикатов, хлора использовались JBL-тесты, для определения концентрации кислорода использовали – кислородомер «АНИОН 4141», для определения водородного показателя – иономер И-510.

Результаты

Данные измерений представлены в таблице. В результате исследования проб воды было установлено, что в период с октября по декабрь 2018 г. содержание нитрат-ионов не изменялось и составило 10 мг/л, однако с октября по декабрь 2019 г. содержание нитратов существенно снизилось: до 1,0 мг/л. Возможно, это связано с тем, что в 2019 г. садоводы, у которых рядом расположены садовые участки, стали меньше использовать азотные удобрения. Кроме того, снижение нитратов могло произойти из-за появления новых растений, которые потребляют ионы аммония. Нитрит-ионы в 2018 г. не были обнаружены, а в 2019 г. появилось несущественное коли-

чество: 0,1 мг/л. По-видимому, это связано с уменьшением количества бактерий, которые преобразовывали нитриты в нитраты. Концентрация фосфатов с октября по декабрь 2018 г. уменьшилась – с 0,6 до 0,4 мг/л, а с октября по декабрь 2019 г. стала еще меньше: 0,05 мг/л и в обоих сезонах не превышала предельно допустимых концентраций. С октября по декабрь 2018 г. уменьшалась концентрация хлора – с 1,5 до 0,8 мг/л, а в осенне-зимнем периоде 2019 г. оставалась неизменной – 1,5 мг/л – и не превышала предельно допустимых концентраций. Концентрация растворенного кислорода с октября по декабрь 2018 г. увеличилась с 6 до 10 мг/л, это объясняется понижением температуры: в октябре – 7,1, в ноябре – 3,3, в декабре – 0,8 °С.

Химические показатели вод Финского залива

Периоды	Осенне-зимний (2018 год)			Осенне-зимний (2019 год)		
	октябрь	ноябрь	декабрь	октябрь	ноябрь	декабрь
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,0	0,0	0,0	0,01	0,01	0,01
NO ₃ ⁻ , мг/л	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0	1,0
Cl ₂ , мг/л	1,5	0,8	0,8	1,5	1,5	1,5
O ₂ , мг/л	6,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,6	0,4	0,4	0,05	0,05	0,05
SiO ₂ , мг/л	0,2	1,2	0,8	6,0	0,8	0,4
pH	7,26	7,72	7,87	8,0	8,36	8,16

С уменьшением температуры воды растворимость в ней кислорода увеличивается. Именно поэтому с октября по декабрь 2019 г. концентрация кислорода не изменялась – 10,0 мг/л, так как сильного изменения температурного режима в данные месяцы не произошло. Содержание силикатов с октября по декабрь 2018 г. увеличилось с 0,2 до 0,8 мг/л, а в осенне-зимний период 2019 г. содержание силикатов уменьшилось с 6,0 до 0,4. Силикаты поступают в воду из песчаного грунта, характерного для данного района. По карбонатной жесткости в обоих периодах воду можно отнести к группе очень мягких вод. Все эти показатели не превышают предельно допустимых концентраций.

В осенне-зимний период 2018 г. показатель pH также не превышал предельно допустимые нормы: в октябре – 7,26, в ноябре – 7,72, в декабре – 7,87. Однако в осенне-зимний период 2019 г. зна-

чение рН незначительно сдвинулось в щелочную сторону, но осталось в пределах нормы: в октябре – 8,0, в ноябре – 8,36, в декабре – 8,16. Сдвиг рН в щелочную сторону мог быть связан с цветением водоема. Результатом цветения является увеличение рН выше нормы [3]. Но поскольку в осенне-зимний период цветение водоема не происходило, то это может быть связано с тем, что в настоящее время Финский залив используется как крупная транспортная артерия, в том числе для транспортировки нефтепродуктов. Недавно недалеко от города Ломоносов в Большом порту Санкт-Петербурга построен многофункциональный морской перегрузочный комплекс «Бронка».

Заключение

Таким образом, в результате исследований было установлено, что содержание в пробах природной воды исследуемых ионов – нитратов, нитритов, силикатов, фосфатов, растворенных хлора и кислорода в осенне-зимний период 2018 и 2019 г. не превышает предельно допустимых концентраций, предусмотренных гигиеническими нормами ГП 2.1.5.1315–03 для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Поэтому нет причин для опасения зарастания берегов Финского залива камышом, осокой и кустарниками. По карбонатной жесткости вода в районе города Ломоносов входит в группу очень мягких вод, поэтому водопроводные трубы не будут накапливать на внутренних стенках соли жесткости. В осенне-зимний период в 2018 и 2019 г. водородный показатель природной воды не превышал предельно допустимых норм (от 6,5 до 8,5). Такую воду можно использовать для хозяйственной и промышленной деятельности, а также для бытовых нужд. Однако также необходимо выяснить причины смещения водородного показателя в щелочную область и по возможности устранить их.

Список литературы

1. Тютюнник В.В., Резниченко О.П., Каурова З.Г. Исследование концентраций фенола в воде в прибрежной части Невской губы // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – №2. – С. 87–90.
2. Каурова З.Г., Тютюнник В.В. Влияние рыбозаводного хозяйства на гидрохимический состав воды озера Велье // Вопросы

нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 4. – С. 216–219.

3. Каурова З.Г., Полистовская П.А. Оценка соответствия вод малых озер Васильково и Бабеха нормативам качества вод водоемов рыбохозяйственного назначения // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 1. – С. 124–128.

Об авторах

Красков Дмитрий Андреевич – студент, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, e-mail: kraskov-00@bk.ru.

Луцко Татьяна Павловна – кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой «Неорганическая химия и биофизика», Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, e-mail: tplutsko@yandex.ru.

А.В. Куликова, В.А. Сомин

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Приведены основные параметры, влияющие на установку грунтовых тепловых насосов. Охарактеризованы некоторые объекты Алтайского края, в которых смонтированы системы комбинированного отопления, и представлен их технико-экономический анализ.

Ключевые слова: тепловые насосы, альтернативные источники энергии.

A.V. Kulikova, V.A. Somin

EVALUATION OF USE OF SOIL HEAT PUMPS IN ALTAI REGION

The paper presents the main parameters that affect the installation of heat soil pumps. Some objects of the Altai Territory are characterized in which combined heating systems are mounted and their technical and economic analysis is given.

Keywords: heat pumps, alternative energy sources

В настоящее время довольно остро встает проблема нарастающего дефицита невозобновляемых природных энергоресурсов. В этой связи внедрение энергосберегающих технологий генерации теплоты и использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии вместо сжигания углеводородного топлива становится не столько популярным, сколько жизненно необходимым.

Тепловые насосы в системах теплоснабжения различных объектов применяется как в отечественной, так и в зарубежной практике. Формально тепловой насос осуществляет передачу теплоты с низкого теплового уровня к более нагретому (рис. 1), т.е. позволяет полезно использовать тепловую низкопотенциальную энергию грунта, воздуха, воды, хозяйственно-бытовых стоков, промышленных отводов и др. Грунтовые насосы различаются по мощности, поэтому могут использоваться как для частных домов, так и для крупных промышленных помещений [1].

Эффективность современных тепловых насосов находится в диапазоне от 3 до 5 кВт/ч генерируемой мощности с использованием

энергии земли, воды, или воздуха при 1 кВт/ч затраченной [2]. Тем не менее, несмотря на высокую эффективность, необычайно простое обслуживание и быструю окупаемость, внедряется этот способ отопления крайне медленно. Это связано с неосведомленностью населения, высокой стоимостью установки оборудования, низким предложением, отсутствия опыта применения в Алтайском крае.

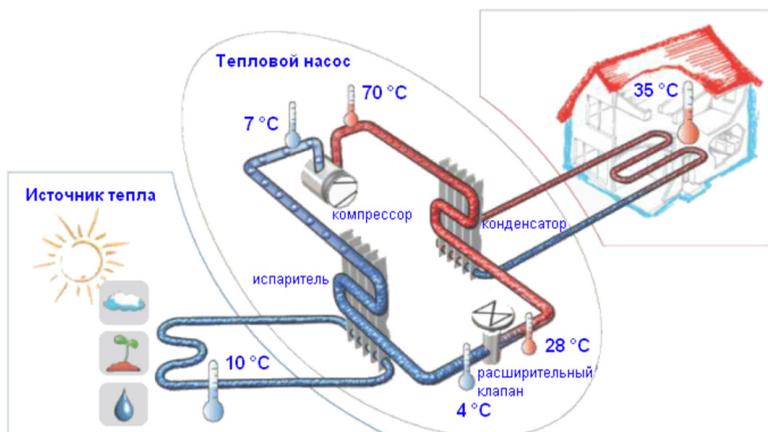


Рис. 1. Принцип работы теплового насоса

В основном поставкой оборудования для тепловых насосов занимаются российские дилеры ведущих мировых производителей: США, Германии, Швеции и др. В ценовом диапазоне стоимость зарубежного и отечественного оборудования сопоставима. Вместе с тем к цене оборудования добавляются работы на проектирование, строительство геотермальных скважин, монтажные и пуско-наладочные работы. Поэтому в среднем цена дома площадью 200 м² с полностью монтированной автономной системой отопления с использованием грунтовых тепловых насосов (рис. 2) составляет порядка 1 500 000 руб. – безусловно, является очень значительной.

Экономия при установке можно получить за счет прямых поставок оборудования, применения местных материалов и комплектующих изделий, бурения малогабаритной бурильной установки. Наиболее эффективным является внедрение теплового насоса на стадии проектирования объекта в целом. В этом случае речь идет о проектировании системы отопления и горячего водоснабже-

ния, включая весь комплекс: отопительный узел, способа циркуляции и выбор отопительных приборов [3].



Рис. 2. Фотография зоны в доме с установленным
грунтовым тепловым насосом

В Барнауле корпус начальной школы № 93 в селе Лебяжье перевели на геотермальное отопление с использованием тепла земли. В Алтайском крае это первый опыт применения такого источника возобновляемой энергии для отопления бюджетного учреждения [3]. Мощный насос для забора тепла из земли был специально разработан для Лебяжинской школы одним из отечественных производителей. Геотермальная система на 70–80 % экономичнее, поскольку на 100 кВт тепла оборудование потребляет 20–30 кВт электроэнергии, а электродотел – 100 кВт.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в Алтайском крае широкое внедрение тепловых насосов сдерживается высокой стоимостью подготовительных работ и оборудования, а также отсутствием мер экономического стимулирования. Между тем примеры применения таких технологий только в зарубежной практике показывают целесообразность их внедрения для гарантированной энергетической независимости объектов.

Список литературы

1. Сергеев Т. Тепловые насосы в России // Аква-Терм. – 2005. – № 2(24).
2. Абдулхаев Р.Ф. К вопросу об экономической эффективности использования тепловых насосов в России // Материалы докладов 14 аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного «Дню энергетика», Казань, 1–4 дек. 2010. Т. 1. – Казань, 2011.
3. Официальный сайт Алтайского края [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.altairegion22.ru>.

Об авторах

Куликова Арина Витальевна – студентка кафедры «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: git-arina@mail.ru@mail.com.

Сомин Владимир Александрович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Химическая техника и инженерная экология», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: vladimir_somin@mail.ru.

И.Е. Курочкина, Э.Х. Сакаева

САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫЕ ЗОНЫ КАК ОБЪЕКТ ПРОТИВОРЕЧИЙ ДВУХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Описаны противоречия законодательных документов РФ, касающихся санитарно-защитных зон, а именно – Постановления Правительства РФ № 222 от 3 марта 2018 г. и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Проанализирован вопрос об обязательности установления санитарно-защитных зон и создания проекта СЗЗ.

Ключевые слова: санитарно-защитные зоны, Постановление № 222, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, платность и сокращение СЗЗ.

I.E. Kurochkina, E.H.Sakaeva

SANITARY PROTECTION ZONES AS AN OBJECT OF CONTRADICTIONS BETWEEN TWO LEGISLATIVE DOCUMENTS

This paper describes the contradictions of the legislative documents of the Russian Federation regarding sanitary protection zones, namely, Decree of the Government of the Russian Federation No. 222 of March 3, 2018 and SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1200-03. The issue of the mandatory establishment of sanitary protection zones and the creation of a SPZ project is analyzed.

Keywords: Sanitary Protection Zones, Decree №222, SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03, payment and reduction SPZ.

Качество атмосферного воздуха в городах Российской Федерации является волнующей проблемой для населения. Вопросы, связанные с неудовлетворительным качеством воздуха, возникают вследствие увеличения количества транспортных средств на дорогах, размещения различных промышленных предприятий, которые оказывают непосредственное воздействие на атмосферный воздух. В целях обеспечения безопасности населения устанавливается специальная территория с особым режимом использования – санитарно-защитная зона. Размер данной зоны должен уменьшить воздействие загрязнения на атмосферный воздух и обеспечить на своей границе соблюдение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Также санитарно-защитная зона выполняет функцию за-

щитного барьера, который обеспечивает безопасность населения при эксплуатации промышленного объекта в рабочем режиме.

Санитарно-защитная зона – неотъемлемая часть любого объекта или производства, которые являются источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека [1].

Законодательно о санитарно-защитных зонах упоминается в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» и в Постановлении Правительства РФ № 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон» от 3 марта 2018 г. Оба этих документа имеют различия и противоречия, которые путают многих предпринимателей.

Детально изучив два данных документа, можно обнаружить следующие различия:

1. Согласно СанПиНу, источником воздействия на окружающую нас среду является промышленный или любой другой объект, для которого характерно превышение значений 0,1 ПДК или ПДУ за пределами промышленной площадки [2]. А из Постановления № 222 следует, что источником воздействия является тот объект, значение которого за объектами промышленной площадки составляет 1 ПДУ или ПДУ.

2. Изменен подход и к определению границ СЗЗ. Согласно СанПиНу санитарно-защитная зона промышленного предприятия устанавливается от границ земельного участка, а в Постановлении № 222 учитывается только контур объекта. При этом под контурами объектов следует понимать границы земельного участка промышленного объекта, предназначенного для ведения хозяйственной деятельности. В связи с этим возникает вопрос: А как же все-таки определять уровень загрязнения: за пределами промышленной площадки или по контуру данного объекта? И в настоящее время ответа на этот вопрос нет.

3. Постановление № 222 говорит о том, что действие данных правил распространяется на эксплуатируемые, планируемые к строительству объекты только капитального строительства (п. 1). Со своей стороны положения СанПиНа дают понять, что проектирование СЗЗ осуществляется этапах реконструкции и эксплуатации отдельного промышленного объекта и производства и/или группы промышленных объектов, тем самым стараясь уйти от объектов

капитального строительства в сторону более обобщающих понятий, таких как «объекты или группы объектов».

4. Еще одно противоречие касается времени подачи заявления об установлении санитарно-защитной зоны в уполномоченный орган. В Постановлении № 222 говорится о том, что данное заявление подается при планировании строительства или реконструкции не позднее, чем за 30 дней до подачи заявления о выдаче разрешения на строительство (п. 6). А в СанПиНе говорится только о том, что данное заявление должно быть подано на всех этапах разработки градостроительной документации, проектов строительства и пр., но никаких конкретных сроков не прописано.

В связи с большим количеством противоречий между двумя данными документами полагается, что Постановление № 222, отсылаясь к санитарно-эпидемиологическим нормам, нуждается в принятии новых СанПиНов, проект которых разработан, но еще не утвержден.

За несоблюдение предписаний данных документов и отсутствие проекта СЗЗ, согласно КоАП ст. 6.3. «Нарушение законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения» и ст. 8.1. «Несоблюдение экологических требований при осуществлении градостроительной деятельности и эксплуатации предприятий, сооружений или иных объектов», на индивидуальных предпринимателей или юридических лиц налагается штраф размером от 10 до 100 тыс. руб. или же административное приостановление деятельности [5].

Что касается установления СЗЗ и создания проекта СЗЗ предприятия, то это обязательное условие природопользования в настоящее время. Каждое предприятие должно иметь свою санитарно-защитную зону, и установление санитарно-защитной зоны должно производиться в соответствии с требованиями документов, которые указаны выше.

Список литературы

1. Тищенко С.М. Проект санитарно-защитной зоны предприятия – от А до Я // Экология производства. – № 12. – 2017. – С. 52–58.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

3. Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон: Постановление Правительства РФ № 222 от 3 марта 2018 года.

4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 27.12.2019).

5. Налоговый кодекс РФ от 31.06.1998 ст. 388.

Об авторах

Курочкина Ирина Евгеньевна – бакалавр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kurochkinairma@yandex.ru.

Сакаева Эльвира Хабировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elya2182@mail.ru.

Л.Ю. Лопухина, Т.Н. Патрушева, С.К. Петров, А.Н. Пименов

МИНИМИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Статья посвящена рассмотрению одного из методов минимизации отходов лакокрасочной промышленности, а именно – уменьшение отходов очистки оборудования. Представлена технологическая схема очистки оборудования от красок на основе растворителя и дано краткое ее описание. Приведены перспективы минимизации отходов непосредственно для предприятий.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы (ЛКМ), отходы лакокрасочной промышленности, минимизация отходов, отходы очистки оборудования.

L.Y. Lopukhina, T.N. Patrusheva, S.K. Petrov, A.N. Pimenov

MINIMIZATION OF PAINT INDUSTRY WASTE

The article is devoted to the consideration of one of the methods of minimization of paint industry waste, namely, reduction of equipment cleaning waste. The technological scheme of equipment cleaning from solvent-based paints is presented and its brief description is given. The prospects of waste minimization directly for enterprises are given.

Keywords: paintwork materials, paint industry waste, waste minimization, equipment cleaning waste.

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) широко используются в промышленных и бытовых сферах жизнедеятельности, оказывая воздействие на окружающую среду и человека на всех этапах своего жизненного цикла, включая: производство сырья, используемого для изготовления ЛКМ, непосредственно само производство ЛКМ, нанесение и удаление ЛКМ.

Отходы ЛКМ относятся к токсичным промышленным отходам III класса опасности. При этом являются технологичными, что позволяет их большую часть перерабатывать и повторно использовать.

Отходы, образующиеся при производстве ЛКМ: результаты очистки оборудования; испарения растворителей; пигментной пыли, пустых упаковок с сырьем; мешки и картриджи от оборудования, продукция с истекшим сроком годности и т.д. Важное значение для дос-

тижения приемлемого готового продукта имеет правильная подготовка покрываемой поверхности: удаление твердых частиц, масел и шламов необходимо для обеспечения надлежащей и полной адгезии покрытия. При этом гидроабразивная обработка или использование растворителей приводит также к образованию отходов. Для улавливания этих отходов используется специальное оборудование, снабженное устройствами для контроля загрязнения.

Невозможно оставить без внимания газовые выбросы от лакокрасочных производств, они представляют собой смесь различного качественного и количественного состава в зависимости от марки и назначения выпускаемой продукции. В состав выбросов входят летучие органические соединения (ЛОС) и тяжелые металлы из пигментов. Для сокращения выбросов ЛОС можно использовать воду или щелочные промывки, вместо органических растворителей. Для очистки отходящих газовых выбросов используются различные методы: окисление кислородом атмосферы в катализаторах, сжигание вредных примесей, сорбционные методы извлечения веществ для повторного использования в производстве. Сточные воды могут также содержать органические растворители, тяжелые металлы и другие токсичные материалы.

Все образовавшиеся отходы необходимо собирать для дальнейшей переработки, т.е. утилизировать. На сегодняшний день применяются такие способы утилизации отходов ЛКМ, как: рекуперация, захоронение, регенерация, сжигание и плазменное уничтожение.

Поскольку отходы очистки оборудования являются самыми крупными, более 80 % их необходимо подвергать регенерации. Простая технологическая схема регенерации растворителя представлена на рисунке.

Промывочная жидкость на основе растворителя используется для очистки оборудования после использования красок, а, как известно, производство краски – это операция смешивания, а не химическая, т.е., соединения, присутствующие в отходах, представляют те же соединения, что и входные материалы. Следовательно, образовавшиеся отходы состоят из смеси растворителя и краски. После декантации, фильтрации или центрифугирования раствора над осадком отработанную промывочную жидкость можно будет использовать повторно. Также отходы от очистки оборудования могут быть переработаны, а затем либо стать частью рецептуры, например включение в строительный материалы (бетон), либо же

использованы вместо дорогостоящих органических растворителей при оптимизации состава до оптимальной производительности. Сбор, повторное использование и переработка растворителей могут значительно снизить образование отходов растворителей.

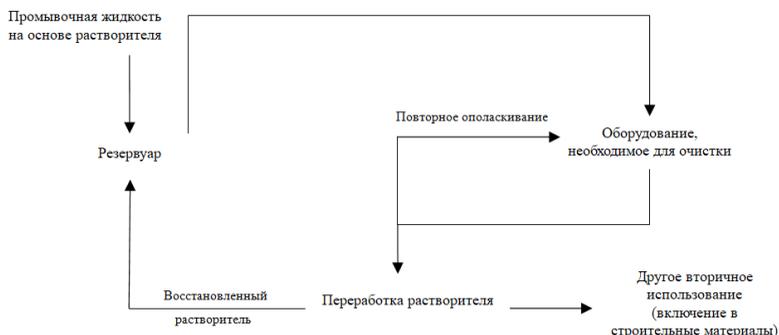


Рис. Технологическая схема регенерации растворителя

Традиционные методы удаления краски, такие как пескоструйная обработка и удаление растворителем, также приводят к образованию опасных отходов. При использовании растворителя для удаления краски его следует восстанавливать и повторно использовать. Для удаления краски были разработаны абразивные материалы, отличные от песка. Пластиковые носители, стальные шлаки, гранулы бикарбоната натрия, скорлупа грецкого ореха, рисовая шелуха и сухой лед успешно используются для этой цели, но каждый из них имеет свои ограничения. Зачистка с помощью фотовспышки, струйная очистка под высоким давлением и криогенные процессы – технологии очистки ЛКМ, которые сейчас находятся в изучении.

Сократить отходы от нанесения краски можно одним из следующих способов: использованием водорастворимых красок; высокодисперсных твердых или порошковых покрытий, которые обычно изготавливаются из менее токсичных материалов, что снижает опасность и количество отходов. Но применение этих покрытий может потребовать покупки нового оборудования.

На данный момент в отрасли наблюдается значительное давление со стороны природоохранных органов и потребителей относительно необходимости изменения состава лакокрасочной продукции. В частности, лакокрасочная промышленность должна зна-

чительно сократить использование токсичных пигментов, тяжелых металлов и постепенно переходить от покрытий на основе растворителей к покрытиям на водной основе, порошковым покрытиям и покрытиям, отверждаемым излучением.

В связи с растущими затратами на обработку и удаление отходов, а также с грядущими запретами на захоронение предприятия видят существенные плюсы в минимизации отходов: прежде всего, снижение расходов на материалы и растворители путем переработки и повторного использования отходов; снижение экологической ответственности за безопасность на рабочем месте; улучшение соответствия нормативным требованиям.

Минимизация отходов вносит существенный вклад, поскольку операции по очистке оборудования являются крупнейшим источником отходов в отрасли, методы сокращения источников и переработки будут важны в отрасли по дальнейшему сокращению отходов. Разработка исследовательских программ для выявления и оценки методов сокращения отходов краски, а также образовательных программ, направленных на пропаганду надежных методов предотвращения загрязнения, имеют важное значение для разработки надлежащей практики обращения с отходами со стороны как производителей, так и пользователей.

Список литературы

1. Walter Baumann, Udo Dinglreiter Method for reprocessing and recycling of aqueous rinsing liquids from car painting with water-based paints in automobile industry // Heat Mass Transfer. – 2011. – Vol. 47. – P. 1043–1049.

2. Кузнецова О.П. Экологическое развитие в лакокрасочной промышленности // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 14. – С. 66–70.

3. Rauch Associates, inc. The Rauch Guide to the U.S. Paint Industry – Data for 1989, 1990 and Projections to 1995. Rauch Associates, Inc. Bridgewater, NJ. 1990.

4. Gary Miller, Jacqueline Peden, Tim Lindsey Paint wastes and identified reduction options // Illinois Department of Energy and Natural Resources, Hazardous Waste Research and Information Center. – 2017. – P. 1–4.

5. Проблема обращения с отходами в лакокрасочной промышленности / Л.Ю. Лопухина, А.Н. Пименов, С.К. Петров, Т.Н. Патрушева // Физическая химия – основа новых технологий и материалов: VIII Междунар. конкурс-конф. науч. работ студентов имени А.А. Яковкина, 20 ноября 2019 года. – СПб.: НОВБЫТХИМ, 2019. – 126 с.

Об авторах

Лопухина Лариса Юрьевна – магистрант кафедры «Экология и производственной безопасности», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ», e-mail: larisa.lopukhina@yandex.ru.

Патрушева Тамара Николаевна – доктор технических наук, доцент кафедры «Экология и производственная безопасность», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ».

Петров Сергей Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и производственная безопасность», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ».

Пименов Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и производственная безопасность», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ».

О.Д. Лукашевич, Е.А. Фролова, В.Н. Лукашевич

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ ДОРОЖНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА В КОНТЕКСТЕ РЕШЕНИЯ
ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

Рассмотрены взаимосвязи последствий современных экологических проблем с необходимостью их преодоления при строительстве автомобильных дорог. Проанализированы тренды повышения экологической безопасности дорожно-транспортной отрасли.

Ключевые слова: утилизация отходов, материалосберегающие технологии, дорожно-транспортное строительство.

O.D. Lukashevich, E.A. Frolova, V.N. Lukashevich

**ROAD CONSTRUCTION ECOLOGICAL INNOVATIONS
IN CONTEXT OF SOLVING GLOBAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS**

The relationships of modern environmental problems' consequences with the need to overcome them in the road construction are considered. The trends of improving the road transport industry's environmental safety are analyzed.

Keywords: waste recycling, material-saving technologies, road transport construction.

Ухудшение качества окружающей среды, в том числе климатические изменения, становятся все более серьезной составляющей социально-экономических проблем. Так, большая доля загрязнения воздуха приходится на дорожно-транспортный комплекс. Негативные последствия глобального загрязнения проявляют себя прежде всего в городах с большим скоплением транспорта, где ситуация усугубляется из-за пробок и неудовлетворительного состояния дорожной сети. Для жителей существует угроза здоровью вследствие загрязнения окружающей среды из-за газовых выбросов, последствий аварий, значительного шумового воздействия транспортных потоков.

Проведенный анализ проявления последствий экологических проблем глобального масштаба в дорожно-транспортной отрасли и путей их преодоления (см. таблицу) показывает, что современные

экологические вызовы во многом определяют основные тренды повышения экологической безопасности дорог [1–3]:

- строительство и развитие экотехнопарков;
- обучение будущих специалистов с учетом экологизации общепрофессиональных дисциплин (с использованием инновационных технологий, например эколого-ориентированных международных и отечественных кейсов, круглых столов при участии лидеров бизнес-сообщества по вопросам переработки отходов и т.д.);
- ресурсосбережение;
- утилизация отходов в качестве добавок к сырью для получения композитных строительных материалов с заданными свойствами;
- снижение количества ДТП, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией автомобильных дорог;
- совершенствование системы экологического законодательства.

Озабоченность важностью безотлагательного решения экологических проблем на государственном уровне продемонстрирована принятием национальных программ и проектов «Экология», «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и др. Вариантом одновременной реализации таких задач, важных для обоих указанных проектов, является вовлечение отходов в переработку при производстве дорожно-строительных материалов.

В Канаде, США, Индии, Финляндии активно развиваются теория и практика строительства автомобильных дорог с применением переработанного пластика и резиновой крошки, главным образом – из отходов шин [3, 4]. Отходы пластмассы предварительно обрабатываются, смешиваются с модификаторами и битумом, что позволяет получать дорожные покрытия, характеризующиеся регулируемой водопроницаемостью, высокой прочностью и сдвигоустойчивостью, долговечностью и надежностью в сравнении с асфальтобетоном, созданным по традиционной технологии. К достоинствам «пластикового» и «резинового» асфальта следует отнести также значительное снижение энергозатрат при его получении, поскольку его производство позволяет уменьшить температуру до более низких значений. Кроме того, пластик по уровню токсичности идентичен битумным вяжущим. Стоимость строительства «пластиковой» дороги незначительно (в среднем на 3 %) выше по сравнению с асфальтобетонной [3]. Однако это нивелируется в случае учета увеличения долговечности, упрощения ремонта и содержания, снижения выбросов парниковых газов. Перспективным направлением является получение битумно-плас-

тиковых композитов. Отходы термопластов в расплавленном виде вводятся в асфальтобетонную смесь. При смешении отходов с битумом, минеральным маслом и наполнителями получают дорожные покрытия с высокими прочностными характеристиками [5].

Проявление последствий глобальных экологических проблем в дорожно-транспортном секторе

Глобальная экологическая проблема	Проявление проблемы, значимой для дорожного строительства	Пути снижения негативного воздействия
Глобальное изменение климата	Большая частота и интенсивность осадков, снижение уровня вечной мерзлоты, наводнения, ураганы	Сокращение выбросов парниковых газов; ресурсосбережение
Истощение природных ресурсов	Нехватка важнейших полезных ископаемых проявится в ближайшие 30–40 лет	Экономия/отказ от ископаемого топлива, ресурсосбережение, утилизация отходов
Демографическая проблема (рост населения, его концентрация на урбанизированных территориях, усиление миграции)	Увеличение общего количества поездок, численности автомобилей, усиление износа дорожного покрытия, рост потребности в качественных дорогах	Новые подходы к строительству скоростных магистралей, развязок, объездов и межпоселковых дорог. Разработка новых стройматериалов с заданными свойствами
Разрушение озонового слоя	Рост агрессивности ультрафиолетового излучения, разрушающего органические вещества	Создание строительных материалов, устойчивых к жесткому ультрафиолету
Обезлесивание	Изменение ландшафтов, микроклимата, почвенная эрозия, оврагообразование	Высадка деревьев и кустарников
Опустынивание, деградация почв	Нарушение баланса влаги между атмосферой и литосферой. Почвенная эрозия, оврагообразование	Фитомелиорация, рекультивация почв
Водный кризис (в подземной гидросфере происходит нарушение, истощение)	Изменения несущей способности грунтов, залегающих в основании конструкций и сооружений, коммуникаций	Создание технологий предотвращения негативных техногенных геологических процессов (карста, суффозии, образования оврагов)
Рост количества отходов производства и потребления	Нараствание потребности создания замкнутых циклов, утилизации отходов	Разработка новых путей переработки и утилизации отходов

К сожалению, в России рынок инновационных дорог развит слабо. Лишь 5 % против 15 (США, Китай) и 20 % (ЕС) составляет в нашей стране доля дорожных одежд с использованием полимерных отходов.

Каждый день на планете увеличивается количество отходов, и при этом мы неэффективно тратим большое количество природных ресурсов для строительства, в то время как сырье дорожает. Поэтому необходимо найти новые и совершенствовать известные пути переработки отходов в компоненты вторсырья, чтобы сохранить окружающую среду и экологическое состояние планеты, при этом сократится стоимость строительства, уменьшатся газовые выбросы (в том числе парниковые) в атмосферу, сократятся площади свалок.

Список литературы

1. Сайт передовых зеленых технологий в России и за рубежом [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenevolution.ru/blogs/tri-glavnye-probl> (дата обращения: 25.12.2019).

2. Recycling of plastic solid waste: a state of art review and future applications / N. Singh, R. Singh, D. Hui, I.P.S. Ahuja, L. Feo, F. Fraternali // Composites Part B: Engineering. – 2017. – Vol. 115. – P. 409–422.

3. Переработка отходов и промышленных материалов [Электронный ресурс]. – URL: <http://promplace.ru/obrabatyvauschaya-promyshlennost-i-pererabotka-materialov-staty/pererabotka-plastika-1469.htm> (дата обращения: 25.12.2019).

4. Лысянников А.В., Третьякова Е.А., Лысянникова Н.Н. Переработанный пластик в дорожном строительстве // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Вып. 7. – С. 105–115.

5. Лукашевич В.Н., Погорелый А.В. Увеличение срока службы дорожных покрытий за счет дисперсного армирования и двухстадийной технологии приготовления асфальтобетонных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2001. – № 2. – С. 45–51.

Об авторах

Лукашевич Ольга Дмитриевна – профессор кафедры «Охрана труда и окружающей среды», Томский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: odluk@yandex.ru.

Фролова Елена Алексеевна – магистрант кафедры «Экономика, организация и управление строительством и ЖКХ», Томский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: helena@list.ru.

Лукашевич Виктор Николаевич – профессор кафедры «Экономика, организация и управление строительством и ЖКХ», Томский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: vnluc@yandex.ru.

М.С. Мехоношина

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИНДИКАТОРОВ
ПО ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ «ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ И СОДЕЙСТВИЕ БЛАГОПОЛУЧИЮ
ДЛЯ ВСЕХ В ЛЮБОМ ВОЗРАСТЕ»**

Приведены результаты сравнительного анализа динамики ключевых индикаторов устойчивого развития. Установлено, что международные меры в области устойчивого развития обеспечили положительный результат по большинству индикаторов.

Ключевые слова: индикаторы, цели устойчивого развития, динамика ключевых индикаторов.

M.S. Mekhonoshina

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF INDICATORS
FOR THE PURPOSE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
"ENSURING A HEALTHY LIFESTYLE AND PROMOTING
WELL-BEING FOR EVERYONE ANYWHERE"**

This article presents the results of a comparative analysis of the dynamics of key indicators of sustainable development. It has been established that international measures in the field of sustainable development have provided a positive result for most indicators.

Keywords: indicators, sustainable development goals, dynamics of key indicators.

Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте имеет большое значение для создания процветающего общества. За последние годы, несмотря на достигнутые значительные успехи в улучшении здоровья и благосостояния людей, остро ощущается неравенство в сфере здравоохранения.

В 2015 г. в рамках Доклада ООН был принят документ «Повестка дня XXI века». В него было включено 17 целей устойчивого развития. Одной из них является цель «Обеспечение здорового об-

раза жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте». До 2030 года было поставлено 13 задач, которые направлены на улучшение ситуации в сфере здравоохранения.

В данной работе рассмотрена динамика ключевых индикаторов и акцент сделан был на развитии в сфере здравоохранения таких стран, как Германия, США, Китая и РФ. Проведен анализ данной динамики и с использованием графического метода.

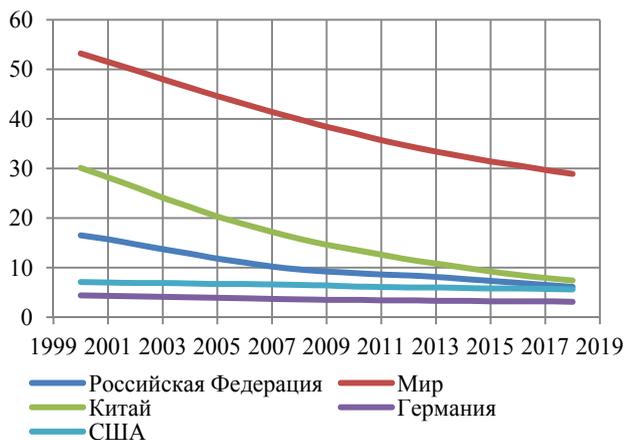


Рис. 1. Динамика коэффициента младенческой смертности (число смертей на 1000 живорождений)

Из графика (рис. 1) видно, что коэффициент младенческой смертности (число смертей на 1000 живорождений) в течение 18 лет постепенно снижается. Ситуация в России обстоит позитивнее, чем в Китае и в мире в целом. Коэффициент в РФ примерно в 5 раз ниже, чем в мире (за 2018 г.). В Германии и США коэффициент за 18 лет снизился примерно на 30 % и на 20 % соответственно. Коэффициент к 2018 г. практически стал равен значению коэффициента в США (в России – 6,1, а в США – 5,6). За 18 лет коэффициент младенческой смертности: в России снизился на 63 %, в Китае – на 75 %, в мире – на 46 %.

За 17 лет значения показателя заболеваемости туберкулезом на 100 000 человек снижаются, что видно из графика (рис. 2).

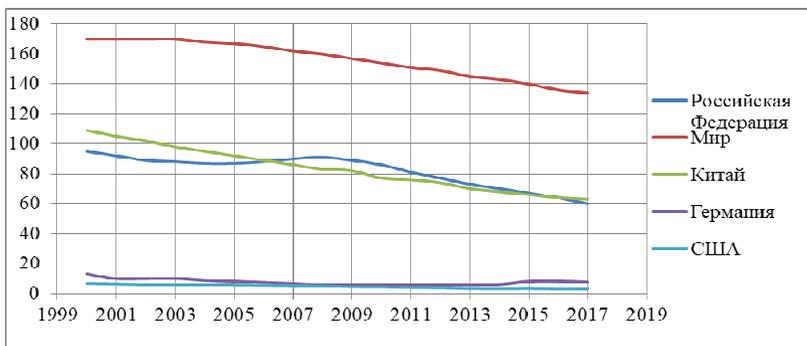


Рис. 2. Динамика заболеваемости туберкулезом на 100 000 человек

Позитивнее всего ситуация обстоит в США: значения показателя снизились практически на 50 %. В России ситуация схожа с ситуацией в Китае и она позитивнее, чем в мире в целом. Однако уровень заболеваемости в России и в Китае значительно выше, чем в Германии и в США. За 17 лет значения заболеваемости туберкулезом: в России снизились на 37 %, в Китае и в Германии – на 42 %, в мире – на 21 %.

Из графика (рис. 3) видно, что ситуация со смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета, хронических респираторных заболеваний в РФ обстоит негативнее всех (по сравнению с миром в целом уровень смертности от этих заболеваний в России почти в 1,5 раза выше).

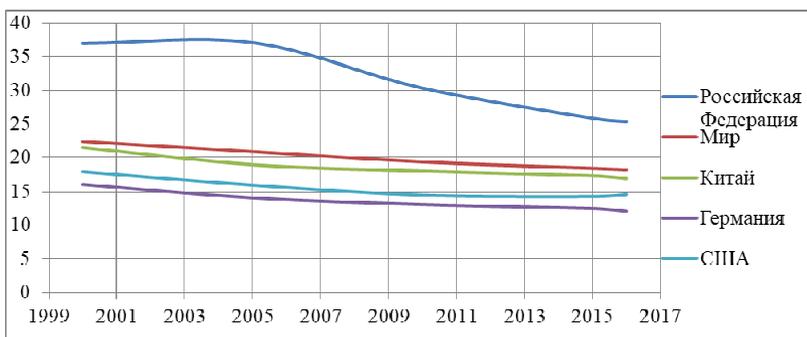


Рис. 3. Динамика смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета, хронических респираторных заболеваний

По сравнению с Россией и миром в целом намного позитивнее обстоит ситуация в Германии, США и Китае. За 16 лет показатель смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета, хронических респираторных заболеваний: в России снизился на 31 %, в Китае – на 20 %, в Германии – на 25 %, в США – на 19 %, в мире – на 18 %. Хотя ситуация в РФ негативнее, за 16 лет уровень смертности снизился гораздо больше, чем в других странах и в мире в целом.

Уровень смертности от самоубийств, как и предыдущий показатель, в России намного выше, чем в других странах (рис. 4). По сравнению со значениями в мире в целом почти в 3 раза выше в РФ. Значения данного показателя в мире, а также в Германии, США, Китае находятся практически на одном уровне: в пределах от 10 до 15 на 100 000 человек населения. За 16 лет этот показатель в России снизился на 41 %, в Китае – на 27 %, в Германии – на 7,5 %, в мире – на 16 %, а в США увеличился на 35 %. Хотя ситуация в РФ обстоит негативнее, за 16 лет значения снизились больше, чем в других странах и в мире в целом.

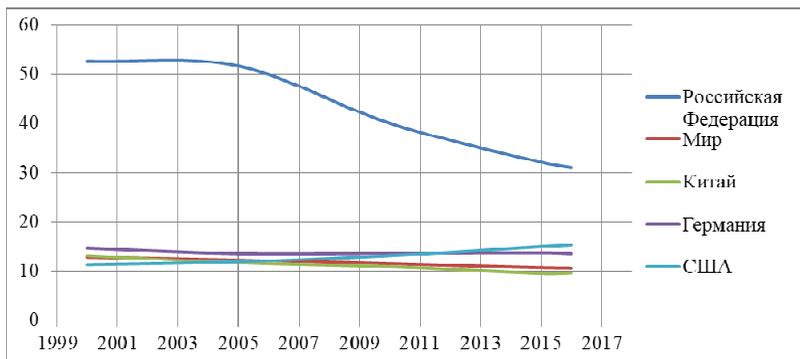


Рис. 4. Динамика уровня смертности от самоубийств (число смертей на 100 000 человек населения)

В процессе сравнительного анализа исследуемых ключевых индикаторов положительная динамика наблюдается у всех четырех показателей. Таким образом, можно утверждать, что мероприятия по улучшению ситуации в сфере здравоохранения выполняются с положительным эффектом. Исходя из вышесказанного, заключим,

что мониторинг динамики ключевых индикаторов устойчивого развития играет большую роль в управлении процессом достижения целей устойчивого развития.

Список литературы

1. База данных ООН [Электронный ресурс]. – URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/?area=MDG_WORLD (дата обращения: 06.02.2020).

2. Цель 3: Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/health/> (дата обращения: 06.02.2020).

Об авторах

Мехоношина Маргарита Сергеевна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mehonoshina.margarita@yandex.ru.

М.С. Мехоношина

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ: ИНДИКАТОРЫ

Рассматриваются индикаторы устойчивого развития города и методы оценки устойчивости. Установлено, что разработка системы индикаторов устойчивого развития необходима для достижения целей устойчивого развития и корректировки направления развития.

Ключевые слова: устойчивое развитие города, индикаторы.

M.S. Mekhonoshina

SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT: INDICATORS

This article discusses indicators of sustainable development of the city and methods for assessing sustainability. It was established that the development of a system of indicators of sustainable development is necessary to achieve the goals of sustainable development and adjust the direction of development.

Keywords: sustainable development of the city, indicators.

В настоящее время большое внимание уделяется благосостоянию жизни людей в городах. Социальные и экономические проблемы в городах усугубляются ухудшением экологической обстановки. Для оценки качества жизни горожан требуется разработка индикаторов устойчивого развития городов. Данные индикаторы связывают три фактора, которые определяют качество жизнедеятельности: экономический, экологический и социальный.

В мире имеется много исследований по разработке системы индикаторов, которые характеризуют устойчивое развитие городов. Однако интерес к этой проблеме не утихает, а только возрастает. Данное обстоятельство объясняется тем, что необходимо постоянно совершенствовать качество анализа показателей устойчивого развития города. Индикаторы играют особую роль в достижении целей устойчивого развития (ЦУР). Во-первых, они количественно характеризуют результат достижения целей. Во-вторых, они используются для конкретизации основных аспектов устойчивости.

Однако чтобы охарактеризовать устойчивое развитие наиболее полно, необходимо пересмотреть используемые на практике индикаторы. Это объясняется тем, что предшествующие методы и подходы были нацелены на повышение общего объема производства и потребления с использованием все большего количества ресурса. При этом инвестиции в охрану окружающей среды приближались к минимуму или совсем отсутствовали [1].

Для достижения целей и выполнения задач устойчивого развития используется набор показателей. Анализ каждого из них может рассказать нам о степени развития каждой из сфер деятельности. К индикаторам устойчивого развития предъявляется некоторое количество обязательных требований. Они должны [2]:

- 1) соответствовать задачам, которые были поставлены;
- 2) быть понятными для всех групп общества;
- 3) быть обоснованными и легкими для интерпретации;
- 4) показывать взаимосвязь между сферами деятельности;
- 5) позволять оценивать глобальные явления;
- 6) быть объективными и достоверными;
- 7) не быть слишком затратными в использовании.

Каждую сферу деятельности можно охарактеризовать конкретным набором показателей, изменения которых подскажут, в каком направлении нам двигаться и что для этого предпринять. К социальным индикаторам можно отнести такие показатели, как:

- численность населения;
- естественная убыль/прибыль населения, миграция;
- средняя продолжительность жизни;
- рождаемость/смертность;
- развитие инфраструктуры;
- водо-, тепло-, электроснабжение и потребление;
- число мест в дошкольных образовательных учреждениях;
- численность врачей на 10 000 человек населения;
- число больничных коек на 10 000 человек населения;
- число зарегистрированных преступлений;
- общая площадь жилья на душу населения и др.

Экономические индикаторы:

- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций;
- занятость населения;

- объем ВВП;
 - общий объем инвестиций и их удельный вес и др.
- Экологические индикаторы:
- природоемкость;
 - количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
 - количество сбросов загрязняющих веществ со сточными водами;

- объем образования отходов производства и потребления и др.

Данные показатели выделяют в своих работах такие авторы, как О.К. Цапиева, Д.А. Деневизюк, М.М. Агарагимов [3], А.Ю. Скриган и др.

Автором данной работы для своего исследования в систему индикаторов, кроме вышеперечисленных, были включены также следующие показатели:

- численность населения моложе/старше трудоспособного возраста;
- среднегодовая численность работников организаций;
- численность безработных;
- численность пенсионеров;
- средний размер пенсий;
- мощность поликлиник;
- наличие основных фондов и их степень износа;
- объем отгруженных товаров собственного производства;
- оборот розничной торговли и индекс его физического объема;
- затраты на охрану окружающей среды;
- количество объектов, имеющих стационарные источники загрязнения;
- уловленные и обезвреженные загрязняющие атмосферу вещества из общего объема поступивших на очистку.

Источником данных по используемым показателям является платформа Федеральной службы государственной статистики РФ. Таким образом, первичные данные размещены в открытом доступе.

Чаще всего для анализа ученые используют методику построения интегральных индексов устойчивости развития города. Выбранные показатели участвуют в формировании групповых индексов по каждой подсистеме (сфере) и интегрального индекса устойчивого развития города. После получения интегрального индекса

можно отследить динамику развития и выявить «слабые» места в каждой из сфер. Рост значений данного индекса показывает, что развитие рассматриваемого города приближается к устойчивому типу, а уменьшение значений, что развитие имеет деструктивный характер.

Органы власти крупных городов для принятия оптимальных решений по устойчивому развитию должны осуществлять постоянный мониторинг сложившейся ситуации и разрабатывать адекватные меры управленческого корректирующего воздействия.

Таким образом, оценка качества жизнедеятельности города и его горожан требует исследования экономических, экологических и социальных факторов. Для этого необходима разработка системы индикаторов устойчивого развития, с помощью которых можно определить степень устойчивости развития города, а также результаты мероприятий по достижению устойчивого развития.

Предложенная система индикаторов устойчивого развития направлена на выявление ступени социально-экономического развития российских городов-миллионников. Данная система включает 50 показателей, которые условно разделены на три основных сферы деятельности: социальная, экологическая и экономическая.

Список литературы

1. Данилов-Данильян В.И., Пискулова Н.А. Устойчивое развитие: Новые вызовы: Учебник для вузов. – М.: АспектПресс, 2015. – 336 с.
2. Скриган А.Ю. Опыт формирования системы индикаторов устойчивого развития города // Псковский региональный журнал. – 2010. – № 9. – С. 100–109.
3. Цапиева О.К., Деневилюк Д.А., Агарагимов М.М. Интегральная оценка устойчивого развития города // Экономический анализ: теория и практика. – 2007. – № 20 (101). – С. 15–21.
4. Tretyakova E.A. Russian Federation and the Czech Republic: A dynamic view of sustainable development // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2016. – № 1. – С. 104–114.
5. Tretyakova E.A. Assessing Sustainability of Development of Ecological and Economic Systems: A Dynamic Method [Электронный ресурс] // Studies on Russian Economic Development. – 2014. – Vol. 25, no. 4. – P. 423–430. – URL: <http://link.springer.com/article/10>

1134/S1075700714040133?sa_campaign=email/event/articleAuthor/online First (дата обращения: 07.02.2020).

Об авторе

Мехоношина Маргарита Сергеевна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mehonoshina.margarita@yandex.ru.

Э.М. Миннибаева, Э.Р. Каримова, С.С. Егоркин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОощРИТЕЛЬНЫХ БАЛЛОВ В РАМКАХ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОТИВАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Рассмотрены основные проблемы формирования экологического мышления и поведения у студентов высших учебных заведений. Описаны мероприятия, проводимые в целях повышения уровня экологической культуры студентов, обучающихся на инженерном факультете Башкирского государственного университета. Представлено использование сертификатов поощрительных баллов в рамках модульно-рейтинговой системы для мотивации экологической деятельности студентов.

Ключевые слова: экологическое мышление, экологическое мировоззрение, экологические мероприятия, экологическое поведение, модульно-рейтинговая система обучения, поощрительные баллы, экологическая мотивация.

E.M. Minnibaeva, E.R. Karimova, S.S. Egorkin

USE OF INCENTIVE POINTS WITHIN THE MODULAR RATING SYSTEM TO MOTIVATE STUDENTS ' ENVIRONMENTAL ACTIVITIES

The main problems of formation of ecological thinking and behavior among students of higher educational institutions are considered. The article describes the activities carried out in order to improve the level of environmental culture of students studying at the engineering faculty of the Bashkir state University. The use of certificates of incentive points in the framework of a modular rating system for motivating students ' environmental activities is presented.

Keywords: environmental thinking, environmental Outlook, environmental activities, environmental behavior, module-rating system of training, incentive points, environmental motivation.

Стремительное развитие промышленности, индустриализация, истощение природных ресурсов, потребительское отношение человека к природе, ее загрязнение и разрушение за последние десятилетия привели к ухудшению экологической обстановки. Проблема сохранения благоприятной окружающей среды приобрела глобальное значение. Все более актуальными становятся действия, направленные на предотвращение отрицательных последствий ан-

тропогенного воздействия на природу. Правительства разных стран принимают определенные меры по защите окружающей среды. Разрабатываются технологии с использованием возобновляемых источников энергии, ископаемые виды топлива заменяются на альтернативные. Многие европейские страны отказались от использования полиэтиленовых пакетов. Наблюдается тенденция по сокращению числа вредных производств, разработке безотходных технологий, отдельному сбору мусора с целью вторичной переработки или рациональной утилизации. В магазинах становятся популярными акции по обмену старой техники или другой продукции на скидку на новый товар. Однако, чтобы сохранить наш мир и сделать его лучше, необходимо, чтобы каждый из нас был активным в отношении экологического поведения. Именно поэтому формирование экологического мышления и образа жизни у каждого человека представляется актуальной задачей.

В формирование экологического мышления огромный вклад вносит образовательная система, формируя у молодого поколения экологическое мировоззрение. Если первоначальные основы экологического мышления закладываются еще в дошкольном и школьном образовании, то высшие учебные заведения должны развивать этот процесс. Обучение студентов на инженерных и технических специальностях предполагает их дальнейшее трудоустройство в производственной отрасли. В связи с этим формирование экологического мировоззрения и соответствующего поведения студентов требует повышенного внимания.

В основные образовательные программы бакалавриата инженерных специальностей включено формирование компетенций, предусматривающих владение навыками использования базовых знаний в области естественных наук в анализе экологических ситуаций и решении экологических проблем. Во время изучения дисциплины «Экология» студенты усваивают взаимосвязь человека и природы, приобретают знания об источниках и веществах, загрязняющих окружающую среду, о предельно допустимых концентрациях вредных веществ, о способах снижения загрязнения окружающей среды отходами химических производств, знакомятся с современными технологиями производства, позволяющими снижать уровень вредного воздействия на окружающую среду, изучают зависимости здоровья человека от качества окружающей среды, знакомятся с проблемами безотходного производства. Можно ска-

зять, что теоретический материал, запланированный к изучению по дисциплине, вызывает интерес у обучающихся и они на хорошем уровне готовятся к семинарским занятиям. Но во время дискуссий по разбору решений экологических проблем нередко встречаются скептически настроенные студенты, которые знают теоретические основы и правила экологического поведения, в то же время они не верят переходу к экологически осознанному обществу, оценивая низкий уровень экологической культуры основной массы людей. На данный момент правительство начинает предпринимать действия по экологизации человеческого мышления, имеющего отражение в поведении всего населения. Введены выплаты за сбор и переработку вторсырья, пропагандируется раздельный сбор мусора и т.п. Хотя нужно отметить, что в регионах пункты раздельного сбора мусора не распространены в необходимом количестве, что не дает возможность даже тем, кто раздельно собирает мусор в своих домах, утилизировать его в соответствующие контейнеры. Несмотря на эти удручающие факты, высшие учебные заведения направлены должны работать с целью формирования экологического мышления. Для достижения этой цели недостаточно изучения отдельных дисциплин, необходимо также проводить мероприятия, направленные на постоянное практическое использование полученных знаний в обыденной жизни каждого студента, понимающего и желающего внести свой вклад в сохранение экологически благоприятной среды.

Для повышения уровня экологической культуры студентов, обучающихся на инженерном факультете Башкирского государственного университета (БашГУ), разработан план, включающий следующие мероприятия:

- введение в научно-исследовательские работы студентов инженерных специальностей раздела с описанием экологического аспекта изучаемого объекта;
- проведение конференций, олимпиад и конкурсов по экологии (обязательны 2 мероприятия за учебный год);
- ежемесячная организация недели экологии и в рамках этой недели размещение постов и статей на эту тематику в социальных сетях и на информационных стендах;
- конкурсы экологических проектов (по охране окружающей среды, по озеленению территории факультета и пр.);

- проведение субботников, экологических акций, высадка саженцев деревьев;
- установление на территории факультета урн для раздельного сбора мусора;
- установление контейнеров для сбора отработанных батареек и энергосберегающих лампочек;
- сбор макулатуры;
- вывоз отсортированного мусора в соответствующие пункты приема.

В Башкирском государственном университете введена модульно-рейтинговая система обучения и оценки успеваемости студентов, согласно которой все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в процессе изучения дисциплины, оцениваются в рейтинговых баллах. Рейтинговая оценка знаний студентов по каждой учебной дисциплине определяется по 100-балльной шкале в каждом семестре и включает текущий, рубежный и итоговый контроль (Положение о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ: URL: http://2019.bashedu.ru/sites/default/files/polozhenie_ot_30.12.2015_o_modulno-reytingovoy_sisteme_studentov_bashgu.pdf (дата обращения: 10.03.2020)). Преподавателю предоставляется право поощрять активность студентов прибавлением поощрительных 10 баллов, не входящих в эту сумму. Под активностью студентов предполагается их участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, активная работа на аудиторных занятиях, публикации статей, работа со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности и т.д. С целью экологической мотивации и повышения социальной активности студентов на инженерном факультете предлагается проставлять поощрительные баллы студентам, принимающим участие и достигнувшим высоких результатов в мероприятиях, направленных на защиту окружающей среды. Обучающиеся показали свою заинтересованность в этой деятельности и готовы активно принимать участие в экологических мероприятиях.

Для реализации этой цели предлагается введение сертификатов поощрительных баллов, которые студенты могут набирать в течение семестра за различные виды деятельности, в том числе и за активное участие в охране окружающей среды. Набранные баллы предполагается списывать за любую дисциплину в рамках поощри-

тельных баллов в количестве, предусмотренном преподавателем за данный вид деятельности.

Таким образом, изучение экологических вопросов в рамках дисциплин образовательной программы направлено на получение экологических и природоохранных знаний, а проведение перчисленных мероприятий способствует формированию навыков практического применения этих знаний.

Об авторах

Миннибаева Эльза Макмуновна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Техническая химия и материаловедение», Башкирский государственный университет, e-mail: minell@rambler.ru.

Каримова Эльза Рамилевна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Техническая химия и материаловедение», заместитель декана по воспитательной работе, Башкирский государственный университет, e-mail: elza-karimova@mail.ru.

Егоркин Сергей Сергеевич – студент, Башкирский государственный университет, председатель организационно-массовой комиссии профсоюзного комитета БашГУ, Башкирский государственный университет, e-mail: Cergei626@gmail.com.

**Т.А. Мусихина, А.М. Анисимов,
А.А. Сметанин, О.П. Потанина, С.В. Недорезов**

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ТАКСОНОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ГОРОДА КИРОВА

На основе существующей планировки и разделения территории города Кирова на отдельные административные единицы в работе сделаны попытки подготовить основу для экологического районирования города. Для этого выделены таксоны на территории наиболее сложного Первомайского района. В качестве таксонов предложены существующие жилые кварталы с учетом естественных границ в виде автомагистралей, водотоков, границ промплощадок.

Ключевые слова: экологическое районирование, таксономические единицы, микрорайон, квартал.

**T.A. Musikhina, A.M. Anisimov,
A.A. Smetanin, O.P. Potanina, S.V. Nedorezov**

PROPOSALS FOR SELECTION OF TAXA FOR ECOLOGICAL ZONING OF KIROV CITY

Taking as a basis the existing layout and division of the territory of the city of Kirov into separate administrative units, attempts were made to prepare the basis for ecological zoning - taxa were allocated on the example of Pervomaysky district. Existing residential districts are proposed as taxa taking into account natural boundaries in the form of highways, watercourses, boundaries of industrial sites.

Keywords: ecological zonation of the taxonomic unit, district, quarter.

Разделение городской территории на составляющие ее районы производится с целью создания структурной основы, правильной организации процессов жизнедеятельности города. Однако при этом экологическая ситуация зачастую не учитываются. При экологическом районировании города одной из важнейших задач является оценка жилых (селитебных) районов с точки зрения наилучших показателей качества окружающей среды [1]. Конечной целью экологического районирования городской среды должно стать создание кластера микрорайонов (кварталов) города с наилучшими экологическими показателями.

Теоретически селитебная зона (зона расселения населения) – это территориальное пространство, предназначенное для реализации бытовых функций населения. В ней размещаются жилищный фонд, общественные здания и сооружения, а также отдельные коммунальные и промышленные объекты, не требующие устройства санитарно-защитных зон (СЗЗ). Однако на практике в городах с развитой промышленностью отсутствие территорий СЗЗ в селитебных зонах не всегда возможно реализовать.

Основными элементами селитебной территории являются:

- жилые микрорайоны и кварталы;
- участки учреждений и предприятий обслуживания внемикрорайонного значения;
- зеленые насаждения общего пользования внемикрорайонного значения;
- улицы, дороги, проезды, площади внемикрорайонного значения.

Экологическое районирование селитебных зон с выделением в качестве таксономических единиц микрорайонов и кварталов с учетом опыта проведенных ранее работ [2, 3] представляется наиболее целесообразным. Выбор таксономических единиц может быть также обусловлен естественными границами в виде сложных (пересеченных) типов рельефа, береговой линии либо искусственными линейными объектами – автомагистралями, железнодорожными путями, границами промышленных объектов и т.д. Кроме того, неблагоприятные особенности местности также могут стать границами таксонов, однако в отдельных случаях они могут быть устранены инженерными мероприятиями, в результате чего малоприспособленные по своим естественным условиям территории приводятся в приемлемое для освоения состояние.

Для города Кирова выполнено планировочное районирование – это разделение (членение) селитебной территории города на отдельные планировочные районы (городские, жилые районы и микрорайоны). Город Киров разделен на четыре района: Октябрьский, Ленинский, Первомайский и Нововятский (рис. 1). Необходимость такого членения городской территории обусловлена стремлением улучшить систему обслуживания населения путем организации ее центров в каждом отдельном планировочном районе.

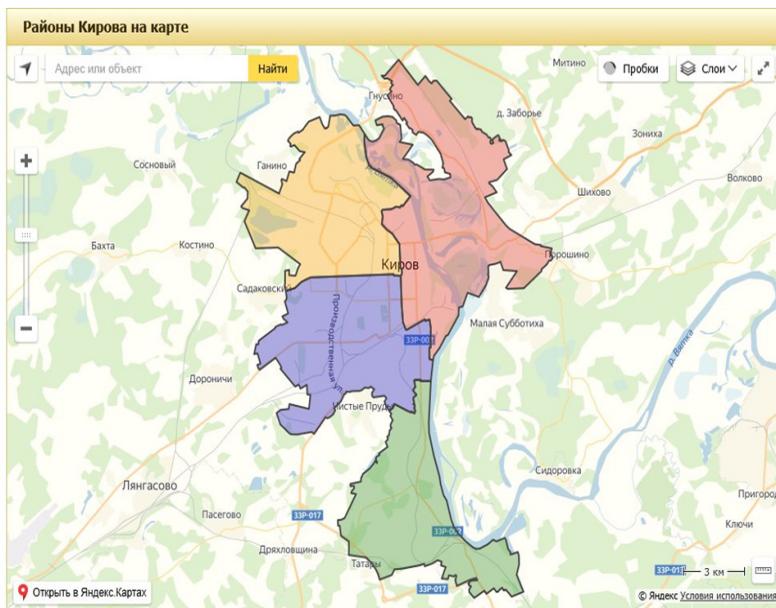


Рис. 1 Деление города Кирова на районы

С учетом наибольшей по площади территории рассмотрим более подробно Первомайский район, который расположен по обоим берегам реки Вятки и включает в себя различные микрорайоны (рис. 2).

Исследуемый Первомайский район разделим на 4 микрорайона: «Исторический», «Вересники», «Большая Субботиха» и «микрорайон поселка Коминтерн». Каждый микрорайон выведен на основе орографических показателей, плотности заселенности, уровня автомобильного движения, что, в свою очередь, влияет на экологическую обстановку в каждом микрорайоне. Так, в микрорайоне «Исторический» выведено 4 квартала. Основу деления составляют как наиболее загруженные автотранспортом улицы, на которых выбрасывается наибольшее количество загрязняющих веществ, так и орографические структуры. Например, овраг на улице Горбачева, когда данная форма рельефа вносит определенное влияние на границы и микроклимат квартала. «Микрорайон поселка Коминтерн» разделен на 2 квартала вдоль реки Плоская, которая отделяет наиболее заселенную часть с плотной застройкой от менее заселенной. Микрорай-

он «Большая Субботиха», был выбран как район, граничащий с одной стороны с нагруженной автотранспортом дорогой, а с другой – с береговой полосой реки Вятки. Микрорайон «Вересники» значительно отличается от других районов, так как не имеет густой застройки, по его территории не осуществляется движение большого количества автомобилей, кроме того, он находится на затопляемой пойме реки Вятки.



Рис. 2. Территория Первомайского района города Кирова

Таким образом, в работе для целей экологического районирования в границах Первомайского района города Кирова в качестве таксонов предложены 4 микрорайона: «Исторический» (4 квартала); «Вересники» (1 квартал); «Большая Субботиха» (1 квартал); «Поселк Коминтерн» (2 квартала).

Список литературы

1. Струман В.И. Экологическое картографирование: учеб. пособие. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
2. Особенности разработки компьютерной модели экологического паспорта микрорайона «Квартал 119» [Электронный ресурс] / Т.А. Мусихина, В.Ю. Мельцов, И.А. Родыгин, О.О. Ходырева // Научный журнал “Advanced science”. – 2019. – № 4.

3. Химические показатели качества почв и снега в микрорайоне «КВАРТАЛ 119» / Т.А. Мусихина, Н.А. Самылов, И.В. Дожди-ков, Т.Н. Шабардина, А.С. Касаткина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ВятГУ, 2019. – С. 65–67.

Об авторах

Мусихина Татьяна Анатольевна – кандидат географических наук, заведующая кафедрой «Промышленная и прикладная экология», Вятский государственный университет, e-mail: usr04011@vyatsu.ru.

Анисимов Алексей Максимович – магистрант кафедры «География», Вятский государственный университет, e-mail: alesha-1234@mail.ru.

Сметанин Александр Александрович – магистрант кафедры «География», Вятский государственный университет, e-mail: smetanin7991@gmail.com.

Потанина Ольга Павловна – магистрант кафедры «География», Вятский государственный университет, e-mail: usr21302@vyatsu.ru.

Недорезов Сергей Викторович – магистрант кафедры «Промышленная и прикладная экология», Вятский государственный университет, e-mail: usr04011@vyatsu.ru.

О.Ю. Первушина, Е.В. Калинина

УДАЛЕНИЕ ФОСФАТ-ИОНОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В МАЛОГАБАРИТНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Эксплуатация малогабаритных очистных сооружений сопровождается рядом технологических особенностей: несоответствие запроектированных требований к качеству очищенных сточных вод современным природоохранным требованиям, существенные изменения объемов и составов поступающих на очистку сточных вод от проектных данных. Все это приводит к несоответствию качества очищенных сточных вод установленным нормативам.

В работе представлены результаты опытно-промышленных испытаний по повышению эффективности удаления фосфат-ионов. Показана эффективность использования коагулянта сульфата алюминия.

Ключевые слова: малогабаритные очистные сооружения, сточная вода, фосфат-ион, дефосфотация, коагулянт, сульфат алюминия.

O.Yu. Pervushina, E.V. Kalinina

THE REMOVAL OF PHOSPHATE-IONS FROM THE WASTEWATER IN COMPACT WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Operation of small-sized treatment facilities is accompanied by a number of technological features: non-compliance of the projected requirements for the quality of treated wastewater with modern environmental requirements, significant changes in the volume and composition of wastewater received for treatment from design data. All this leads to non-compliance of the quality of treated wastewater with the established standards.

This paper presents the results of pilot tests to improve the efficiency of removing phosphate ions. The effectiveness of the use of aluminum sulfate coagulant is shown.

Keywords: small-size treatment facilities, waste water, phosphate ion, dephosphotation, coagulant, aluminum sulfate.

Актуальность темы работы обоснована тем, что малогабаритные очистные сооружения широко распространены для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод производственных объектов, малых населенных пунктов и отдельно стоящих зданий. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях сопровождается рядом проблем: несоответствие проектных решений и

фактических данных по объемам поступающих сточных вод и содержанию загрязняющих веществ, неправильно выбранные технологические решения или плохо выполненная привязка типового проекта к реальным условиям. Ужесточение требований к качеству очищенных сточных вод и сложности в эксплуатации приводят к необходимости повышения эффективности работы малогабаритных очистных сооружений, в том числе по удалению фосфат-ионов.

Целью настоящей работы является экспериментальное обоснование мероприятий по повышению эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях.

Таблица 1

Характеристики малогабаритных очистных сооружений

Объект	Климатические особенности региона	Тип установки	Производительность, м ³ /сут		Состав сооружений
			проект	факт	
№ 1	Красноярский край, условия Крайнего Севера	ЕРШ Е-200БХ	40–250	30–40	Механическая очистка (решетка, усреднитель, смеситель, отстойник); Биологическая очистка (биореактор, аэрационный смеситель, ершовый фильтр); доочистка: фильтр тонкой очистки AZUD Helix 201; обеззараживание (ультрафиолетовое)
№ 2	Север Красноярского края, за полярным кругом	ЛКОУ-400	400	230	Механическая очистка (барабанный сетчатый фильтр, усреднитель); биологическая очистка (денитрификатор, азротенк); блок доочистки (узел мембранной фильтрации, блок мешочных фильтров, блок сорбционных фильтров) Обеззараживание (ультрафиолетовое)
№ 3		КСК-10	10	3–5	Механическая очистка (решетка); биологическая очистка (усреднитель-денитрификатор, азротенк 2 шт., вторичный отстойник); блок доочистки (напорный фильтр); обеззараживание: ультрафиолетовое
№ 4		ЛКОУ К-35	20–35	30–40	Механическая очистка (решетка, резервуар-усреднитель); биологическая очистка (биореактор, вторичный отстойник); блок доочистки (напорный осветлительный фильтр, сорбционный фильтр); обеззараживание (ультрафиолетовое)

Работы были выполнены на четырех малогабаритных установках, эксплуатируемых в сложных климатических условиях (табл. 1). В ходе исследования были проведены: анализ имеющейся проектно-технической документации, анализ эффективности работы очистных сооружений, анализ соответствия условий эксплуатации сооружений требованиям проектно-технической и разрешительной документации. Анализ работы очистных сооружений (табл. 2) показал, что в основном в поступающих на очистку стоках имеются превышения содержания фосфат-ионов, взвешенных веществ (ВВ), ионов аммония, БПКп. Это может быть обусловлено снижением объемов поступающих сточных вод и концентрирования загрязнений. Превышение содержания загрязняющих веществ в поступающих стоках приводит к повышению их содержания в очищенных сточных водах и превышениям нормативов предельно допустимых концентраций в воде водоемов рыбо-хозяйственного назначения (ПДК_{рыб.-хоз.}), в том числе: по фосфат-ионам, ионам аммония, БПК_{полн.}. Отмечено, что проектными решениями предусмотрено содержание фосфат-ионов в очищенной воде выше ПДК_{рыб. хоз.}, что определило необходимость разработки мероприятий по повышению эффективности очистки сточных вод, в том числе по фосфат-ионам.

Таблица 2

Концентрации загрязняющих веществ

Объект	Фосфат-ионы, мг/дм ³			Взвешенные вещества, мг/дм ³		Ион аммония, мг/ дм ³			БПК полн, мг/дм ³		
	до очистки (проект/факт)	после очистки (проект/факт)	ПДК _{рыб.-хоз}	до очистки (проект/факт)	после очистки (проект/факт)	до очистки (проект/факт)	после очистки (проект/факт)	ПДК _{рыб.-хоз}	до очистки (проект/факт)	после очистки (проект/факт)	ПДК _{рыб.-хоз}
№ 1	30/4,5	0,6/0,8	0,05	200/140	3/8	25/74	0,4/0,46	0,5	200/97	3/5	3,0
№ 2	14/17	0,05/0,3		260/360	0,25/1	32/41	0,4/0,14		220/400	3/3	
№ 3	25/38,7	0,2/13,3		220/310	3/46	26/67	0,4/9,1		180/330	3/57	
№ 4	8/37	1,5/13		220/345	3/65	26/80	0,4/17		180/148	3/111	

В результате анализа научно-технической информации [1–3] были предложены биологические и реагентные методы удаления фосфат-ионов и проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания, на основании которых были установлены оптимальные дозы коагулянта и эффективность снижения фосфат-ионов (табл. 3).

Таблица 3

Результаты опытно-промышленных испытаний очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от фосфат-ионов

Объект	Метод очистки от фосфат-ионов	Наименование реагента	Оптимальная доза по Al_2O_3 , мг/л	Концентрация фосфат-ионов в очищенной воде, мг/л	Эффективность удаления фосфат-ионов, %
№ 1	Реагентный (коагулянт)	КемираРах-XL 100 + кальцинированная сода + Гипохлорит натрия	77	0,5	98,5
№ 2	Реагентный (коагулянт)	сульфат алюминия	10	0,27	99,1
№ 3	Биологический (аэторенк-денитрификатор); Реагентный (коагулянт)	Аква-Аурат30	10	0,43	96,9
		сульфат алюминия + 5%-ный раствор гидратной извести ($Ca(OH)_2$)	5	0,2	98,2
№ 4	Биологический (биореактор); Реагентный (коагулянт)	Аква-Аурат30	60	0,6	97,9
		сульфат алюминия	25	0,4	98,6

Для глубокого удаления фосфора используется комбинация биологического и реагентного методов. На стадии биологической очистки фосфор удаляется в результате микробной ассимиляции до 30 % от начального содержания. При введении коагулянта образуются нерастворимые соединения, которые в дальнейшем осаждаются и с избыточным илом, периодически, выводятся из технологического процесса. Более эффективное удаление фосфат-ионов наблюдалось при реагентном методе с использованием коагулянта сульфата алюминия (эффективность удаления 99,1 %) при оптимальной дозе 10 мг/дм³.

На основании выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. При использовании коагулянта сульфата алюминия процесс удаления соединений фосфат-ионов протекает более эффек-

тивно, чем при введении Аква-Аурата30 (эффективность увеличилась на 33–53 %). При этом применение сульфата алюминия предпочтительнее ввиду его более низкой стоимости и отсутствия в его составе хлорид-ионов.

2. Эффективность удаления фосфат-ионов повышается при совместном использовании гидроксида кальция и коагулянта. При этом установлено, что гидроксид кальция необходимо вводить в начале технологического процесса, а коагулянт – после вторичного отстойника.

Список литературы

1. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. – Волгоград: Пано-рама, 2015. – 433 с.

2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВА-РОС, 2003. – 512 с.

3. Хенце М. Очистка сточных вод. – М.: Изд-во Мир, 2004. – 468 с.

Об авторах

Первушина Ольга Юрьевна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: o.fadeeva@alfamos.ru.

Калинина Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kalininaelena1@rambler.ru.

В.Г. Петров, Н.Е. Суксин

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НАНЕСЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Разработан метод утилизации отходов гальванического производства нанесения цинковых покрытий. Была использована гидromеталлургическая схема с использованием растворов серной кислоты. В результате получен концентрат цинка и хрома, который может использоваться для получения различных веществ и материалов. По данному методу может быть разработана технология для объектов по переработке промышленных отходов.

Ключевые слова: отходы гальванических производств, утилизация.

V.G. Petrov, N.E. Suxin

UTILIZATION OF WASTE FROM GALVANIC PRODUCTION OF ZINC COATING

A method for recycling waste from galvanic production of zinc coatings has been developed. A hydrometallurgical scheme using sulfuric acid solutions was used. As a result, a concentrate of zinc and chromium was obtained, which can be used to produce various substances and materials. This method can be used to develop a technology for industrial waste processing facilities.

Keywords: waste of electroplating production, utilization.

Нанесение цинковых покрытий широко применяется в металлообработке, поскольку позволяет получить коррозионно-устойчивую поверхность металлических деталей [1]. Однако в электролитах нанесения цинковых покрытий в ходе работы накапливаются нежелательные примеси, которые влияют на качество получаемых покрытий. Вследствие этого электролиты регенерируются и, если возможности по регенерации исчерпываются, выводятся на утилизацию. Обычно утилизацию осуществляют при нейтрализации кислых или щелочных растворов. Также в гальванических производствах образуется отходы за счет нейтрализации промывных вод обработки деталей [1].

Нам для исследования способов утилизации были предоставлены отходы гальванического производства по нанесению цинковых покрытий. Отходы были получены при нейтрализации гидро-

кислом натрия смешанных кислотнo-щелoчных стоков с последующей сушкой образовавшихся осадков. Содержание цинка в отходах составляло до 30 %, содержание железа – до 10 %, содержание хрома – до 5 % [2].

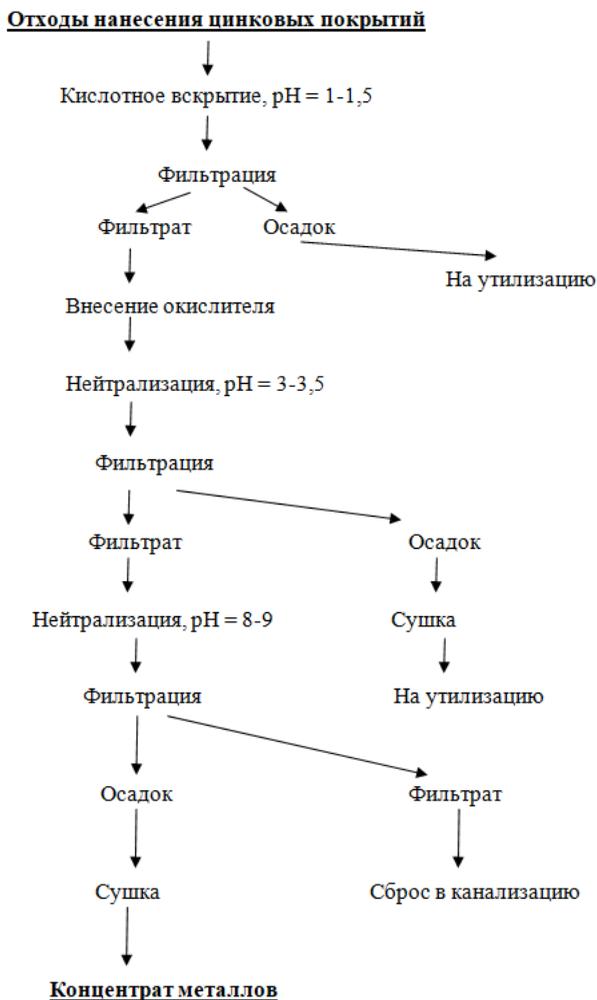


Рис. Схема получения концентрата металлов из отходов гальванического производства по нанесению цинковых покрытий

Для утилизации отхода был применен гидрометаллургический процесс с использованием серной кислоты [3]. Отходы вскрывали в 1-2 М растворе серной кислоты при нагревании. Значение рН после окончания процесса составляло 1–1,5, при этом все растворимые соединения цинка, железа и хрома переходили в раствор. Полученный раствор отделяли от нерастворимых примесей фильтрованием. Осадок представляет собой труднорастворимые соединения и может быть использован в дорожном строительстве и для отсыпки полигонов ТКО [4]. В фильтрат вносили хлорную известь для перевода железа в трехвалентное состояние и осуществляли нейтрализацию гидроксидом кальция до значений рН = 3...3,5. Полученный осадок отфильтровывали и промывали. Осадок содержит сульфат кальция и гидроксид трехвалентного железа. После сушки такой осадок может быть использован для получения строительного материала на основе гипсового связующего. В фильтрате показатель рН доводили с помощью раствора карбоната натрия до значений 8–9. Выпавший осадок фильтровали и сушили. Осадок представляет из себя концентрат цинка и хрома, с содержанием цинка до 50 % и хрома до 10 %. Такой концентрат может рассматриваться как сырье для получения различных материалов для народного хозяйства, например, может быть получена окись цинка и оксид хрома (III). Схема разработанного процесса приведена на рисунке.

Таким образом, разработан метод, который позволяет переработать промышленные отходы, образующиеся при нанесении цинковых покрытий на гальванических производствах, в различные материалы, которые могут использоваться в хозяйственных целях. По данному методу может быть разработана технология для объектов по переработке промышленных отходов на перепрофилированных объектах по уничтожению химического оружия [5], что позволит утилизировать большое количество отходов, образующихся на промышленных предприятиях.

Список литературы

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Глобус, 1998. – 302 с.
2. Паспорт отходов I–IV классов опасности. – Ижевск: ООО «Галс». 2020. – 3 с.

3. Петров В.Г., Семакин В.П., Трубачев А.В. Использование кислотных реагентов при утилизации осадков сточных вод. – Ижевск: Изд. ИПМ УрО РАН, 2005. – 186 с.

4. Технологические решения по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов при проектировании производственно-технических комплексов. – М.: РосРАО, 2019. – 105 с.

5. Петров В.Г., Альес М.Ю., Шумилова М.А. Производственно-технологический комплекс «Камбарка» по переработке промышленных отходов как важный элемент устойчивого развития межрегионального индустриального комплекса // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Киров, 2019. – С. 53–56.

Об авторах

Петров Вадим Генрихович – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, e-mail: petrov@udman.ru.

Суксин Никита Евгеньевич – аспирант, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, e-mail: nutrelun@mail.ru.

И.А. Печенкин, А.А. Сурков

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ГРУНТА НА ОСНОВЕ БУРОВОГО ШЛАМА ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ

В настоящее время в Российской Федерации по уровню образования отходов бурения лидирующие позиции занимают нефтяная и газовая промышленность. Накопление отходов бурения приводит к нарушению равновесия в экосистемах, в связи с этим необходимо утилизировать буровой шлам в ценные товарные продукты. С бурением скважин одновременно происходит образование буровых отходов (шламов) влажностью до 75 %.

Ключевые слова: буровой шлам, шламовый амбар, шламонакопитель, буровые отходы.

I.A. Pechenkin, A.A. Surkov

METHOD OF OBTAINING TECHNOGENIC SOIL ON THE BASIS OF DRILL CUTTINGS FOR REMEDIATION OF SLUDGE PITS

Currently, the oil and gas industry holds the leading positions in terms of drilling waste generation in the Russian Federation. The accumulation of drilling waste leads to an imbalance in ecosystems, and therefore it is necessary to dispose of drilling mud into valuable commodity products. Drilling wells simultaneously generates drilling waste (slime) with a humidity of up to 75%.

Keywords: drilling mud, sludge storage, sludge storage, environmental impact of drilling mud.

Значительное количество отходов бурения размещается в буровых амбарах/шламонакопителях, наличие которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду. В результате воздействия отходов бурения происходит изменение состояния окружающей природной среды, в том числе ухудшение качества атмосферного воздуха, снижение качества подземных вод и изменение структуры почв [1].

Буровой шлам – преимущественно твердый отход бурения, вместе с выбуренной породой включает все химические соединения, которые применяются для приготовления буровых растворов, его потенциальное загрязняющее действие на окружающую среду в основ-

ном вызвано токсичными компонентами бурового раствора, пластовыми флюидами и в меньшей степени выбуренной породой, которая и составляет основную массу отхода. Буровой шлам воздействует на атмосферу, с поверхности амбаров испаряются легкие фракции нефти и нефтепродуктов. Размещение бурового шлама в буровых амбарах / шламонакопителях, вследствие нарушения противодиффузионного экрана, может привести к загрязнению поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами и хлоридами. Под организацию буровых амбаров отчуждается большое количество земельных ресурсов. В результате хранения отходов в амбаре происходит загрязнение почвы нефтепродуктами и другими поллютантами.

Территория Российской Федерации находится в основном в высоких и средних широтах, поэтому климат довольно суровый, с явной сменой времен года и с длительной зимой. В большинстве случаев транспортная доступность до буровых амбаров / шламонакопителей является труднорешаемой проблемой, при этом также большие расстояния между объектами накопления буровых отходов приводят к росту затрат на утилизацию бурового шлама и получение товарных продуктов на его основе [2].

На сегодняшний день можно выделить 5 групп технологий утилизации буровых шламов (термический, физический, химический, физико-химический и биологический). Поскольку значительное количество бурового шлама образуется в северной части Российской Федерации, целесообразно применять физико-химический метод утилизации бурового шлама, так как он не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, его можно проводить круглый год непосредственно в шламонакопителе *in situ* [3].

Для получения товарных продуктов на основе бурового шлама применяют комбинированные методы, например, физико-химический метод утилизации бурового шлама, который основан на процессе солидификации, обеспечивающей обезвреживание отхода. Для этого буровой шлам смешивают в определенных соотношениях с вяжущим, таким как цемент, с добавлением песка и сорбента. В итоге оставшиеся в шламе токсичные вещества связываются сорбентом и в процессе цементирования становятся нерастворимыми при любых воздействиях окружающей среды.

Технологию обезвреживания бурового шлама в материал для рекультивации буровых амбаров/шламонакопителей применяют непосредственно в шламовых амбарах на территории кустовой площадки.

Для получения материала на основе бурового шлама в лабораторных условиях нами была проведена серия экспериментов и подготовлены образцы смеси из бурового шлама, цемента, песка и сорбента с определенными массовыми соотношениями. Исходный буровой шлам представлен на рис. 1.

В составе бурового шлама также присутствовали мелкие инородные включения, которые не были похожи на выбуренную породу, разной геометрической формы. Компоненты в буровой шлам вносили последовательно с тщательным перемешиванием после каждого внесения.



Рис. 1. Внешний вид исходного бурового шлама

Пропорции вносимых компонентов зависят не только от исходной влажности бурового шлама, но и от остаточного содержания нефтепродуктов, хлоридов, солей тяжелых металлов.

Сорбент необходим для снижения обводненности бурового шлама и дополнительного связывания нефтепродуктов и тяжелых металлов, которые могут присутствовать в буровом шламе (таблица).

Внешний вид полученного продукта представлен на рис. 2.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение свойств полученного продукта, таких как морозостойкость, прочность и экологичность.

Параметры и характеристики исходного БШ

Наименование параметров и характеристик	Значения параметров и характеристик БШ	ПДК в почве, мг/кг
Влажность	40–70 %	–
Нефть и нефтепродукты	от 5 до 30 г/кг	20
Растворимые соли, в %:		
– хлориды,	2,4–6,0	360
– сульфаты	1,7–3,0	
рН-метрия	6,5–10,5	–
Свинец	до 40 мг/кг	32 (валовая форма)
Хром	до 10 мг/кг	0,05 (валовая форма)
Кадмий	до 15 мг/кг	33 (валовая форма)
Марганец	до 600 мг/кг	1500 (валовая форма)
Удельная эффективная активность, Аэфф	90–750 Бк/кг	1500



Рис. 2. Материал на основе бурового шлама

Возможные направления применения полученного материала на основе бурового шлама:

- для укрепления откосов дорог;
- для обваловок и отсыпок оснований кустовых площадок;
- для рекультивации шламонакопителей/шламовых амбаров.

Список литературы

1. Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду / Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С. 122–123.

2. Геолого-географическое обозрение [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.geoglobus.ru/info/review30/rus-geo-04.php>.

3. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов / Научный журнал нефтегазовое дело. – 2006. – № 1. – С. 1–17.

Об авторах

Печенкин Иван Алексеевич – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ivan.pechyonkin.97@mail.ru.

Сурков Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: surkov-a@mail.ru.

П.А. Попцова, Г.С. Арзамасова

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассмотрена проблема формирования понятия «экологическая информация». Определены источники экологической информации и рассмотрены основные проблемы предоставления экологической информации широкому кругу заинтересованных сторон. Подчеркнута необходимость создания единой информационной системы для предоставления населению достоверной и полной экологической информации.

Ключевые слова: экологическая информация, источники экологической информации, единая информационная система.

P.A. Poptsova, G.S. Arzamasova

THE PROBLEM OF FORMATION AND DISSEMINATION OF ENVIRONMENTAL INFORMATION

The article discusses the problem of formation a definition of «environmental information». Sources of environmental information are identified. Main problems of giving environmental information to a wide range of stakeholders were reviewed. The need to create a unified information system in order to provide population with reliable and complete environmental information is emphasized.

Keywords: environmental information, sources of environmental information, unified information system.

Возрастающий интерес населения и общественности к экологическим вопросам является причиной увеличивающейся потребности в получении достоверной и полной экологической информации, направленной не только на раскрытие данных о состоянии окружающей среды, но и на механизмы и пути формирования эколого-ориентированного образа жизни. Это обусловлено некоторыми факторами, среди которых можно выделить ухудшение качества окружающей среды; повышение уровня экологической культуры и экологической осознанности общества, а также возрастающие возможности современного информационного общества, которые предоставляют свободный доступ к большому количеству информационных источников.

По данным опроса фонда «Общественное мнение» за 2018 г., информация об экологических проблемах интересует 20 % населения РФ. Наибольший интерес в настоящий момент к экологическим вопросам проявляет как женская, так и мужская часть населения РФ в возрасте 31–45 лет. В то же время замечено увеличение интереса к экологическим вопросам людьми с возрастным интервалом 18–30 лет [4].

При этом стоит отметить двойственность влияния такого фактора, как открытое информационное пространство и свободный доступ к источникам информации. С одной стороны, это дает возможность всесторонне получать актуальную экологическую информацию, а с другой стороны – создает ряд проблем, обусловленных большим объемом непроверенной, а зачастую неверной информации экологического характера. Сегодня информационное пространство характеризуется разрозненностью экологической информации, находящейся в контролируемых источниках, и увеличением числа неконтролируемых источников, а также отсутствием единой системы по регулированию источников экологической информации.

В настоящий момент вопросы сбора, анализа и, что наиболее важно, распространения экологической информации являются обсуждаемой темой как среди специалистов, так и среди населения. К причинам, обуславливающим это, можно отнести: отсутствие единого понимания термина «экологическая информация»; отсутствие единой системы обеспечения широкого круга заинтересованных сторон экологической информацией; использование неконтролируемых источников экологической информации.

Основным элементом информационного взаимодействия между человеком и окружающей его средой является экологическая информация (экоинформация). В настоящее время продолжает оставаться актуальным вопрос о правовом статусе и составе такой информации.

Рассматривая международные нормативно-правовые акты, Орхусская конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, наиболее полно раскрывает понятие «экологическая информация». В соответствии со ст. 2 Орхусской конференции, под экологической информацией понимается информация о состоянии элементов природной среды и влиянии этих элементов друг на друга; о факторах, а также дея-

тельности или мерах, планах и программах, воздействующих или способных воздействовать на элементы окружающей среды; о состоянии здоровья и безопасности людей, условиях их существования; также о состоянии объектов культуры с учетом возможности воздействия на них состояния окружающей природной среды [3].

В РФ понятие «экологическая информация» не закреплено в нормативно-правовых актах, но при этом в нормативных документах отдельных субъектов РФ раскрывается данное определение. Так, например, Экологический кодекс Республики Татарстан экологическую информацию рассматривает как информацию, которая включает любую достоверную информацию о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране [5]. А в законе «Об экологическом мониторинге на территории Республики Крым» под экологической информацией понимаются любые сведения, которые описывают состояние окружающей среды и элементов этой среды, а также изменения в их состоянии [2].

В настоящее время в работах российских авторов, занимающихся данной проблематикой, среди которых О.Л. Дубовик, М.М. Бринчук, С.А. Боголюбов и др., нет единства при определении понятия «экологическая информация». Так, например, в работах О.Л. Дубовика под такой информацией понимается любая информация, отражающая процессы, которые происходят при взаимодействии общества и окружающей его природной среды, а также которая используется в целях охраны окружающей среды (Дубовик О.Л. Экологическая информация: понятие, виды, режим, защита // Зеленый мир. 2003. № 21–22. С. 6).

В то же время реализация права населения РФ иметь доступ к достоверной информации о состоянии окружающей среды зависит от качества поступаемой информации экологической тематики из информационных ресурсов. Источники экоинформации могут быть классифицированы на контролируемые, в число которых входят отчеты, доклады, выступления и другие официальные документы органов власти, а также официальные экологические отчеты организаций и компаний; и неконтролируемые, представленные СМИ, социальными сетями, блогами, интернет-пространством.

В настоящее время существует проблема, связанная с отсутствием единого подхода к сбору, передаче и актуализации информационных ресурсов экологической направленности на уровне всей страны. Так, экологическая информация на уровне субъектов РФ

сосредоточена в разных структурах, не обладающих единой информационной системой, в которой заключалась бы вся актуальная экологическая информация с целью предоставления ее населению. Например, при подготовке ежегодного доклада о состоянии окружающей среды Пермского края используются материалы целого перечня организаций, таких как Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, Главное управление МЧС России по Пермскому краю, Управление по недропользованию по Пермскому краю и др. [1].

В процессе увеличения числа источников и возможных способов передачи экологической информации возникает разброс по частоте использования населением различных информационных ресурсов с целью получения информации по вопросам экологии. Так, согласно результатам опроса фонда «Общественное мнение» в настоящее время источниками экоинформации, к которым чаще всего обращается население, являются телевидение, а также интернет-ресурсы, включающие в себя сайты, блоги, форумы и социальные сети [4]. Результаты опроса представлены в таблице.

Используемые населением РФ источники экологической информации в 2010 и 2018 гг. [4].

Источник	2010	2018
Телевидение	87 %	71%
Новостные сайты, сайты официальных контролирующих органов	13%	41%
Форумы, блоги, социальные сети	5%	21%
Печатные издания (газеты, журналы)	21%	14%
Радио	19%	14%
Другое	1%	1%

Распространение недостоверной и неполной экоинформации также может быть обусловлено отсутствием сформированной системы контроля источников такой информации. Для решения проблемы обеспечения населения информацией о качестве окружающей среды на территории их проживания необходимо создание единых информационных систем, направленных на обеспечение доступа к полному спектру систематизированной экоинформации.

С учетом значимости экоинформации для населения и разрозненность ее источников представляется целесообразной разра-

ботка единой методической базы для создания экоинформационной системы с целью регулирования механизмов сбора, хранения и передачи экологической информации. Формирование данной информационной системы должно начинаться с определения правового статуса и состава экологической информации.

Список литературы

1. Доклад «О состоянии и об охране окружающей природной среды Пермского края в 2018 году» [Электронный ресурс]. – URL: permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад-2018/ (дата обращения 14.02.20).
2. Закон Республики Крым «Об экологическом мониторинге на территории Республики Крым» [Электронный ресурс]. – URL: crimea.gov.ru/law-draft-card/4331 (дата обращения 17.02.20)
3. Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция) (Орхус, 25 июня 1998 г.) [Электронный ресурс]. – URL: base/garant.ru/2570739/ (дата обращения 13.11.19).
4. СМИ: востребованность и оценки работы [Электронный ресурс]. – URL: form.ru/SMI-i-intrnet/14028.html (дата обращения 12.02.20).
5. Экологический кодекс РТ от 15 января 2009 г. № 5-ЗРТ [Электронный ресурс]. – URL: base/garant.ru/8148342/ (дата обращения 15.11.19).

Об авторах

Попцова Полина Андреевна – бакалавр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: polinapo1998@gmail.com.

Арзамасова Галина Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: arzamasova_g@mail.ru.

В.К. Пугина

МИРОВОЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ СОЗДАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Представлен мировой опыт использования технологий создания асфальтобетонной смеси на основе переработанных пластиковых отходов. Рассмотрены этапы создания дорожных покрытий с использованием пластика. Выявлены основные преимущества и недостатки данных покрытий. Впервые технология была применена и запатентована в Индии, а в Европе была проведена масса исследований, которые позволили вывести высокоэффективные добавки на основе пластиковых отходов. В Российской Федерации технология внедрения полимерных отходов в асфальтобетонную смесь находится на стадии разработки в связи с отсутствием в стране реализованных технологий по массовому сбору и сортировке полимерных отходов. Однако внедрение пластика в дорожное покрытие является актуальным для РФ и Пермского края в частности, так как добавление полимеров в асфальтобетонную смесь делает ее устойчивой к низким и высоким температурам, а также значительно увеличивает срок службы автомагистралей.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, пластик, отходы, полимеры, дорожное покрытие, автомагистраль, битум.

V.K. Pugina

WORLD'S EXPERIENCE OF USING PLASTIC WASTES IN ASPHALT-CONCRETE MIX

The world experience of using technologies for creating asphalt concrete mix based on recycled plastic waste is presented. The stages of creating road surfaces using plastic are considered. The main advantages and disadvantages of these coatings are revealed. For the first time, the technology was applied and patented in India, and in Europe, a lot of research was carried out that allowed us to derive highly effective additives based on plastic waste. In the Russian Federation, the technology for introducing polymer waste into asphalt concrete mix is under development due to the lack of implemented technologies for mass collection and sorting of polymer waste in the country. However, the introduction of plastic in the road surface is relevant for the Russian Federation and the Perm region, in particular, since the addition of polymers to the asphalt concrete mix makes it resistant to low and high temperatures, and also significantly increases the service life of highways.

Keywords: asphalt mix, plastic, waste, polymers, road surface, motorway, bitumen.

В современном мире производство изделий из пластика увеличивается с каждым днем. Это различные бутылки, канистры, пакеты, банки, этикетки, сетки, пленки и т.д. Современному человеку трудно представить свою жизнь без применения данных изделий. Но не стоит забывать, что с увеличением производства и потребления этих продуктов возрастает и количество пластиковых отходов, которые загрязняют окружающую среду. Стоит отметить, что пластик относится к тем материалам, которые практически не разлагаются с течением времени, а при его сжигании способен выделять крайне токсичные вещества в атмосферу, которые не выводятся из организма живых существ.

В связи с этим современные ученые все чаще стараются внедрить передовые технологии по применению переработанного пластика. На сегодняшний день переработанный пластик используется во многих сферах нашей жизни, одной из которых является создание дорожных покрытий.

Сегодня на нашей планете проложено около 40 млн км дорог, и ежегодно на расширение дорожных сетей, а также создание новых отводится около 1,6 трлн т асфальта по всему миру. Асфальтобетонная смесь состоит преимущественно из битума, его содержание варьируется примерно от 20 до 60 %. Мировой опыт показывает, что с помощью современных технологий можно произвести частичную замену данного материала переработанным пластиком. Такая манипуляция способна улучшить качество и характеристики дорожного покрытия, а также решить проблему загрязнения окружающей среды. [1]

Сама технология использования пластиковых отходов при создании асфальтобетонной смеси была запатентована индийской компанией KK PlasticWasteManagementLtd в 2002 г. Эта фирма владеет заводом в городе Бангалор, который на сегодняшний день перерабатывает около 30 метрических тон пластика в стуки. Компанией была создана полимерная смесь под названием KK PolyBlend, замещающая примерно 10 % битума в составе асфальтобетонной смеси и улучшающая характеристики дорожного покрытия, благодаря чему срок эксплуатации дорог, построенных на базе данного материала, увеличивается в два раза. В наши дни KK PlasticWasteManagementLtd уже переработала 8000 т пластиковых отходов и построила около 2000 км дорог [2].

Из Индии данная технология перекочевала в Европу, где инженеры шотландской компании MacRebug после 18 исследований вывели высокоэффективные добавки на основе переработанного пластика. Добавки выпускаются в виде гранул, которые добавляются при производстве асфальтобетонного покрытия, в результате чего смесь становится прочнее на 60 %, а дорожное полотно служит в 10 раз дольше обычного.

В странах Северной Америки лидером производства асфальтобетонной смеси на основе пластика является Канада, где компания GreenMantra создала инновационную технологию, которая позволяет использовать при производстве дорожного полотна до 20 % переработанных пластиковых отходов.

В России технология использования переработанных полимерных отходов в дорожном строительстве была разработана компанией ОАО «Роснано». Этой компанией была разработана программа «Инновационная дорога», благодаря которой новые дорожные покрытия с добавлением пластика должны были быть использованы в таких городах, как Москва, Казань и Рязань. Однако программа осталась на стадии разработки в связи с необходимостью корректировки ГОСТов, СНИПов и различных технических регламентов. На сегодняшний день в РФ улучшают качество асфальтобетонного покрытия с помощью пластиковых добавок, разрабатываемых компанией «Сибур Холдинг», где полимербитумные вяжущие выпускаются из нефтепродуктов. В «Сибур Холдинг» рециклинг пластика пока не внедряется ввиду высоких затрат и отсутствия в стране реализованных и современных технологий по массовому сбору полимерных отходов. В наши дни в Новосибирске и Ярославле разрабатываются технологии, аналогичные канадским и индийским. Планируется применение смесей асфальтобетона с добавлением переработанного пластика сначала для ремонта дорог, а на следующем этапе – для прокладки автомагистралей. [3]

Рассмотрим процесс создания асфальтобетонной смеси с добавлением пластиковых отходов. Процесс проходит в несколько этапов, первым из которых является сбор, сортировка и последующая очистка пластиковых отходов. На втором этапе происходит измельчение полимерных материалов. [4] Затем измельченный и расплавленный пластик добавляется в битум. Полученная смесь нагревается и наносится на заполнитель при температуре 160 °С. После этого происходит обработка битумом и добавление смеси с пластиком для

улучшения сцепления. В результате данных манипуляций получается асфальтобетонная смесь, укладываемая на подготовленное основание классическим способом. Для уплотнения и создания идеально ровного полотна используются асфальтоукладчики.

Существует и другая технология создания асфальтобетонной смеси на основе пластика, которая разрабатывается голландской компанией VolkerWessels. Данная технология представляет собой литье из переработанного пластика пустотелых плит для дорожного полотна. В этих пустотах планируется прокладывать различные коммуникации, такие как водоснабжение, канализация и т.д. Основным преимуществом данной технологии является использование большого количества отходов и быстрый монтаж. Однако в климатических условиях нашей страны применение этой системы возможно исключительно для строительства тротуаров, а также парковых дорожек [5].

Рассмотрим основные преимущества и недостатки асфальтобетонного покрытия с добавлением пластиковых отходов. К достоинствам можно отнести: высокую прочность и водостойкость, снижение затрат на эксплуатацию, низкое количество трещин на покрытии в связи с пластичностью пластика, продолжительный срок эксплуатации, а также способность покрытия выдерживать как низкие, так и высокие температуры – от -40 до $+80$ °С. Среди недостатков покрытия можно выделить: стоимость выше стандартного асфальтобетонного покрытия примерно на 3 % и отсутствие нормативной базы для внедрения данного покрытия.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод, что на сегодняшний день дорожные покрытия, созданные на основе переработанных пластиковых отходов, – это одно из наиболее перспективных направлений для развития строительства дорог и автомагистралей. Применение инновационных материалов и технологий способно значительно улучшить экологию, снизить эксплуатационные затраты на прокладку дорожных сетей, а также избавить города от многочисленных масс пластикового мусора. Многие технологии уже давно применяются в Европе и странах Северной Америки, так как там значительно большее внимание уделяется вопросам охраны окружающей среды и здоровья человека, чем в России. Но несмотря на все трудности внедрения технологии использования переработанного пластика в асфальтобетонной смеси, она является актуальной для многих городов Российской Федера-

ции, в том числе для Пермского края. В 2018 г. Пермский край признан одним из лидеров по числу предприятий, занимающихся переработкой пластиковых отходов, а на сегодняшний день объем переработки полимеров по краю составляет примерно 3500 т в год. Значительное количество из всего объема переработанного пластика, может быть расходувано на создание нового дорожного покрытия, что может решить актуальные в наши дни проблемы, такие как загрязненность окружающей среды и низкое качество дорожного покрытия.

Список литературы

1. Литвиненко Н.А., Козырева Е.А. Современные технологии строительства автомобильных дорог // Научная мысль. – 2017. – № 2. – С. 117–120.
2. Поезжаева Е.В., Иванов Н.К., Шаякбаров И.Э. Диагностирование дороги из пластика // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 1. – С. 47–49.
3. Оценка негативного воздействия на окружающую среду строительных материалов содержащих отходы черной металлургии / К.Г. Пугин, Я.И. Вайсман, Г.Н. Волков, А.В. Мальцев // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 257.
4. Пугин К.Г. Использование отходов металлургии в асфальтобетонах // Строительные материалы. – 2011. – № 10. – С. 26–30.
5. Пугин К.Г. Снижение экологической нагрузки сталеплавильного производства за счет использования мелкодисперсных железосодержащих отходов в металлургии // Научные исследования и инновации. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 64–71.

Об авторе

Пугина Вероника Константиновна – магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Veronika815@inbox.ru.

С.Р. Сахибгареев, М.А. Цадкин, А.Д. Бадикова, Е.В. Осипенко

**ДВОЙНЫЕ СОЛИ НА ОСНОВЕ РЯДА НЕОРГАНИЧЕСКИХ
ХЛОРИДОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ
ДЕСТРУКЦИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

Рассмотрены смешанные металлохлоридные катализаторы процесса термокаталитической деструкции углеводородного сырья, представляющие собой электрофильные комплексы двойных солей на основе хлоридов алюминия и висмута. Представлены выходы газообразных продуктов деструкции прямогонного бензина на этих катализаторах в сравнении с некоторыми индивидуальными хлоридами.

Ключевые слова: катализаторы пиролиза, аквакомплексы двойных солей, прямогонный бензин, карбоний-ионный механизм.

S.R. Sakhibgareev, M.A. Tsadkin, A.D. Badikova, E.V. Osipenko

**DOUBLE SALTS BASED ON A NUMBER OF INORGANIC
CHLORIDES AS EFFECTIVE CATALYSTS FOR DESTRUCTION
OF HYDROCARBON RAW MATERIALS**

Mixed metal-chloride catalysts for the process of thermocatalytic destruction of hydrocarbon feedstocks, which are electrophilic complexes of double salts based on aluminum and bismuth chlorides, are considered. Yields of gaseous products of straight-run gasoline destruction on these catalysts in comparison with some individual chlorides are presented.

Keywords: pyrolysis catalysts, aquatic complexes of double salts, straight-run gasoline, carbon-ion mechanism.

В настоящее время одним из перспективных направлений термокаталитической деструкции углеводородов является применение катализаторов, которые существенно увеличивающих глубину превращения сырья при повышенных температурах. Высокую эффективность в процессе разложения углеводородов различной молекулярной массы показали комплексные хлориды некоторых металлов (Na, Li, K, Mg, Ba, Al, и др.) [1], при использовании которых превращения углеводородов начинаются уже с 250–450 °С.

Общее количество газообразных продуктов на разложенное сырье составляет от 60 до 90 мас. %.

Термокаталитическую деструкцию углеводородов проводили в присутствии электрофильных аквакомплексов двойных солей типа MeAlCl_4 , MeAlCl_5 , MeBiCl_4 , MeBiCl_5 (где М – Na, Li, K, Mg, Ca) в сравнении с некоторыми индивидуальными хлоридами – BiCl_3 и InCl_3 . Для вышепредставленных катализаторов процесс деструкции с заметной скоростью протекает уже при температурах 250–350 °С, состав газообразных продуктов преобладающе представлен C_4 углеводородами, особенно изостроения, а содержание низших олефинов (этилен, пропилен) сравнительно невелико [2, 3]. В таблице приведен состав газообразных продуктов каталитической деструкции бензиновой фракции на различных катализаторах.

Состав и выход газообразных продуктов каталитической деструкции бензиновой фракции

Катализатор	Т, °С	Выход газа	Состав газа, мас. %			
			C_4H_8	н- C_4H_{10}	і- C_4H_{10}	Другие газы, $\text{C}_1\text{--C}_5$
NaAlCl_4	250	80,6	36,80	4,87	41,01	17,35
NaBiCl_4	275	90,1	54,68	–	4,89	40,41
BiCl_3	300	72,8	46,28	–	30,34	23,37
InCl_3	300	60,2	48,21	0,12	16,93	34,71

Из таблицы видно, что в присутствии электрофильных катализаторов аквакомплексов двойных солей процесс деструкции углеводородов наиболее вероятно протекает по карбоний-ионному механизму. Умеренное снижение кислотности катализаторов $\text{H}[\text{MeAlCl}_4]\text{OH}$ и $\text{H}[\text{MeAlCl}_5]\text{OH}$, по сравнению с кислотностью индивидуальных хлоридов AlCl_3 и BiCl_3 , благоприятно сказывается на селективности процесса по углеводородам C_4 , особенно их изомерам.

Список литературы

1. Цадкин М.А., Бадикова А.Д. Пиролиз бензина в присутствии хлоридов металлов // Вестник Башкирского университета. – 2015. – Т. 20, № 4. – С. 1198–1200.
2. Сахибгареев С.Р., Бадикова А.Д., Цадкин М.А. Каталитическая деструкция высоко- и низкомолекулярных углеводородов с использованием в качестве катализаторов аквакомплексов двойных

солей // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: материалы XXXII междунар. науч.-техн. конф. – Уфа, 2019. – С. 86–87.

3. Минскер К.С., Иванова С.Р., Биглова Р.З. Комплексы хлоридов металлов с протонодонорными соединениями – перспективные катализаторы полифункционального действия для электрофильных процессов // Успехи химии. – 1995. – Т. 64, № 5. – С. 462–478.

Об авторах

Сахибгареев Самат Рифович – аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: samat.sax2014@yandex.ru.

Цадкин Михаил Авраамович – доктор технических наук, профессор кафедры «Высокомолекулярные соединения и общая химическая технология», Башкирский государственный университет; e-mail: kuzbassufa@gmail.com.

Бадикова Альбина Дарисовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физическая и органическая химия», Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: badikova_albina@mail.ru.

Осипенко Евгений Вадимович – студент, Башкирский государственный университет, e-mail: zekaosip@gmail.ru.

А.Д. Соловьев

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРОИЗРАСТАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО
СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ О. ЗАКУРЬЕ Г. ЧУСОВОГО**

Рассмотрена проблема накопления тяжелых металлов в лекарственных растениях, заготавливаемых жителями г. Чусового. Попавшие в окружающую среду соединения тяжелых металлов загрязняют атмосферный воздух, воду, почву, попадают в растения и организмы животных, населяющих данную местность. Миграция металлов в биосфере позволяет объяснить пути поступления их в организм человека.

Ключевые слова: тяжелые металлы, лекарственные растения, биоаккумуляция.

A.D. Solovyev

**STUDYING OF THE ECOLOGICAL CONDITIONS
FOR THE GROWTH OF OFFICIAL PLANTS RAW MATERIALS
IN THE TERRITORY OF ZAKURIE ISLAND CHUSOVOY**

In this article the problem of the accumulation of heavy metals in official plants harvested by residents of Chusovoy is considered. Compounds of heavy metals got into the environment pollute atmospheric air, water, soil, and get into plants and animal organisms living in this area. The migration of metals in the biosphere allows us to explain route of entry into the human body.

Keywords: heavy metals, official plants, bioaccumulation.

Природные запасы лекарственного растительного сырья (ЛРС) являются составной частью экономических ресурсов России. Дикорастущие лекарственные растения обеспечивают сегодня более 70 % видового ассортимента и около 60 % общего объема продаж лекарственного сырья для нужд здравоохранения и химико-фармацевтической промышленности. Качество лекарственного растительного сырья связано с качеством среды обитания. Ухудшение экологической обстановки приводит к появлению несвойственных природе концентраций тяжелых металлов (ТМ). Они нака-

пливаются в почве и растениях. При применении загрязненного ЛРС металлы-загрязнители попадают в организм человека [1].

Целью работы являлось определение экологических рисков, возникающих при сборе лекарственного растительного сырья на территории Чусовского муниципального района Пермского края.

Местом проведения исследований являлся о. Закурье (Чусовской муниципальный район). Остров Закурье – одна из самых старых частей города Чусового, название острова указывает на то, что находится это место за «курьей» – участком прежнего русла реки. В 1869 г. в деревне насчитывалось 5 дворов, в которых проживало 52 человека. В настоящий момент на острове находится деревня, включающая в себя 40 домов. Сообщение между островом и городом происходит посредством навесного моста. Северная часть острова граничит с территорией Чусовского металлургического завода (ЧМЗ). Близость предприятия оказывает отрицательное воздействие на остров. Роза ветров данной местности негативно влияет на экологическую обстановку территории исследований.

Изучаемая территория в зависимости от степени антропогенной нагрузки была разделена на три зоны: I – «Завод» (северная часть), II – «Деревня» (центральная часть), III – «Мост» (юго-западная и южная часть). Объектами изучения являлись наземные части ЛРС, собранного на территории о. Закурье, находящегося в черте города Чусового, а также аналогичное стандартное сырье – товарные образцы, приобретенные в аптеке (лекарственное растительное сырье, отвечающее всем требованиям нормативной документации на данный вид сырья). Внешние признаки загрязнения окружающей среды на растениях (изменение окраски, пятна, изменения формы вегетативных органов) отсутствовали. Нами анализировалось как официальное сырье: душица обыкновенная (*Origanum vulgare L.*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*), так и неофициальное сырье: малина обыкновенная (*Rubus idaeus L.*), смородина обыкновенная (*Ribes nigrum L.*) и кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium*). На участке I нами были собраны образцы душицы обыкновенной, тысячелистника обыкновенного, пижмы обыкновенной; на II – малины обыкновенной и смородины черной; на III участке – кипрея узколистного. Также анализировались образцы почвы, взятые в разных зонах.

Химический анализ проводился на базе Пермского государственного аграрно-технологического университета им. Д.Н. Прянишникова. При выполнении анализа использовались общепринятые методики [2].

Хроматографический анализ проводили с водно-спиртовым извлечением (40 % этиловый спирт), система растворителей – вода и уксусная кислота в соотношении 1:5 (15%-ный раствор уксусной кислоты). Хроматограмму рассматривали в УФ-лучах до и после обработки 5%-ным спиртовым раствором NaOH. Для определения подлинности сырья мы сравнили хроматограммы образцов ЛРС, собранного на о. Закурье, и стандартного сырья. В результате проведенных исследований было установлено, что все опытные образцы ЛРС имеют сходные с соответствующими стандартными образцами хроматографические картины, что свидетельствует об их подлинности. Схемы хроматограмм образцов исследуемого сырья представлены различными флюоресценциями, характерными для флавоноидов и органических кислот как до, так и после проявления реактивом. Более насыщенная флюоресценция свидетельствует о большей концентрации этих веществ в собранном ЛРС.

Исследования почвы на содержания каталазы показали бедную обеспеченность ферментом в зоне III ($2,80 \text{ см}^3 \text{ O}_2$ на 1 г/мин) и среднюю обеспеченность в зонах I и II ($5,70\text{--}6,30 \text{ см}^3 \text{ O}_2$ на 1 г/мин).

Почва в зоне I имеет щелочную реакцию среды, низкую обеспеченность фосфором и гумусом. Данная почва имеет самое высокое значение общей минерализации. Образцы, взятые для анализа в зоне II, имеют нейтральную среду, низкую обеспеченность гумусом, но избыточное количество фосфора. Почвенные образцы в зоне III имеют слабокислую реакцию среды, низкую обеспеченность фосфором и гумусом.

Был проведен анализ образцов почвы на содержание подвижных соединений меди. Для всех исследованных зон обнаружено значительное превышение ПДК. Несмотря на то что медь – это микроэлемент, необходимый для жизни растений, это еще и техногенный поллютант, критический уровень которого в растениях достигается при содержании в почве подвижных форм порядка $3,00 \text{ мг/кг}$ (ПДК). Для зоны I уровень ПДК оказался превышен в 40, для зоны II – в 54, для зоны III – в 27 раз.

Подобное превышение может привести к фитотоксичности, о чем свидетельствует анализ растительного сырья на данный металл: содержание меди в образцах тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium L.*) и пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare L.*) превышает СанПиН на 40 и 50 % соответственно. Значение этого показателя в остальных образцах не превышает допустимых значений. Самое низкое содержание данного металла отмечено в образцах смородины обыкновенной (*Ribes nigrum L.*). В данном случае мы можем иметь дело с внутривидовым различием в интенсивности биологического поглощения меди, т.е. относительное содержание этого металла в образцах собранного растительного сырья можно рассматривать как их видовой (родовой) признак. В частности, пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*) относится к группе флаваноидных растений, и высокое содержание меди объясняется вхождением меди в состав фермента полифенолоксидазы.

Во всех образцах сырья, собранного на территории о. Закурье, содержание фенолов превышает таковое в стандартном растительном сырье. Исключение составляет пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*). Этот факт может свидетельствовать о более стрессовой обстановке произрастания и наибольшей освещенности места произрастания собранного на острове растительного сырья. Максимальное содержание фенолов отмечено в собранных на о. Закурье образцах душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) и кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium*).

На основании проведенного исследования можно заключить, что значительное превышение ПДК содержания подвижных соединений меди в изученных образцах почвы и растений на всей территории острова является неблагоприятным показателем для возделывания сельскохозяйственных культур и сбора растительного сырья. Различное содержание меди в разных видах растений является следствием межвидового полиморфизма. Повышенное содержание фенольных соединений играет защитную роль для растений, произрастающих в неблагоприятных экологических условиях.

Список литературы

1. Актуальные проблемы и перспективы развития фитотерапии и фитотерапии / В.А. Куркин, Е.В. Авдеева, Г.Н. Сувова, А.В. Дубищев. – Самара, 2008.

2. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

Об авторе

Соловьев Александр Дмитриевич – студент кафедры «Физической химия», Пермский государственный национальный исследовательский университет, e-mail: solovev_s92@mail.ru.

А.С. Соловьева, Э.Х. Сакаева

**ВЛИЯНИЕ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛИ
CHLORELLA VULGARIS НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ
АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ПРИ ИХ ЗАГРЯЗНЕНИИ
СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИМИ ЖИДКОСТЯМИ**

Применение микробных препаратов при загрязнении почв трудноокисляемыми ксенобиотиками является признанным методом восстановления земель. В статье представлены результаты исследований влияния субстрата одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* на уреазную и каталазную активность почв при различном уровне их загрязнения смазочно-охлаждающей жидкостью. Доказано стимулирующее влияние субстрата на активность почвенных ферментов.

Ключевые слова: урбанозем, смазочно-охлаждающая жидкость, СОЖ, уреазы, каталаза, ферментативная активность, *Chlorella vulgaris*, хлорелла.

A.S. Solovyova, E.Kh. Sakaeva

**INFLUENCE OF THE SINGLE-CELLED ALGAE
CHLORELLA VULGARIS ON THE ENZYMATIC ACTIVITY
OF SOILS WHEN THEY ARE CONTAMINATED
WITH LUBRICATING AND COOLING FLUIDS**

The use of microbial preparations to prevent soil contamination with hard-to-oxidize xenobiotics is a recognized method of land restoration. The article presents the results of studies of the effect of the substrate of the single-celled algae *Chlorella vulgaris* on the urease and catalase activity of soils at different levels of contamination with a lubricant-cooling liquid. The stimulating effect of the substrate on the activity of soil enzymes is proved.

Keywords: urbanozem, coolant, urease, catalase, enzymatic activity, *Chlorella Vulgaris*, Chlorella.

Ассимиляционный потенциал почвы при деструкции трудноокисляемых загрязнителей в первую очередь характеризуется биологическими показателями. Процессы разложения, синтез и минерализация гумуса, превращение труднодоступных форм питательных веществ в усвояемые для растений формы, аммонифика-

ция, нитрификация и фиксация свободного азота воздуха обусловлены деятельностью микроорганизмов почвы [1]. Для реализации этих процессов микроорганизмы вырабатывают ферменты различного класса и в необходимом им количестве, поэтому ферментативная активность почвы может служить диагностическим показателем воздействия антропогенной нагрузки на почвенные системы.

В проведенных ранее исследованиях была выявлена пропорциональная зависимость каталазной и уреазной активности почвы от концентрации смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). При этом было отмечено ингибирующее воздействие загрязнителя на жизнедеятельность микроорганизмов и, как следствие, снижение активности ферментов при концентрациях 50–100 г/кг. Загрязнение земель СОЖ в таких концентрациях зачастую можно отметить на территориях предприятий химической и нефтехимической отрасли. Поэтому вопрос нормализации жизненного цикла почвенных микроорганизмов и интенсификации выработки ферментов при значительном загрязнении почвы СОЖ является актуальным [2].

В литературных данных подробно описаны биологические методы интенсификации процесса деструкции трудноокисляемых соединений, который позволяет ускорить ассимиляцию загрязнений и в некоторых случаях увеличить диапазон рабочих концентраций ксенобиотика.

Цель исследований: оценка влияния субстрата одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* на каталазную и уреазную активности почв при их загрязнении смазочно-охлаждающими жидкостями. Объектом исследований являлись урбаноземы и дерново-подзолистые почвы (ДПП), загрязненные СОЖ в концентрациях 10, 30, 50 и 100 г/кг почвы. До начала экспериментальных исследований были проведены контрольные замеры каталазной (рис. 1) и уреазной (рис. 2) активности опытных образцов после длительного загрязнения смазочно-охлаждающей жидкостью.

Каталазная активность характеризует реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород. В исходных образцах при незначительных концентрациях (10–30 г/кг) активность каталазы повышается, а при концентрации СОЖ 50 г/кг и выше процесс выработки фермента приостанавливается и стабилизируется.

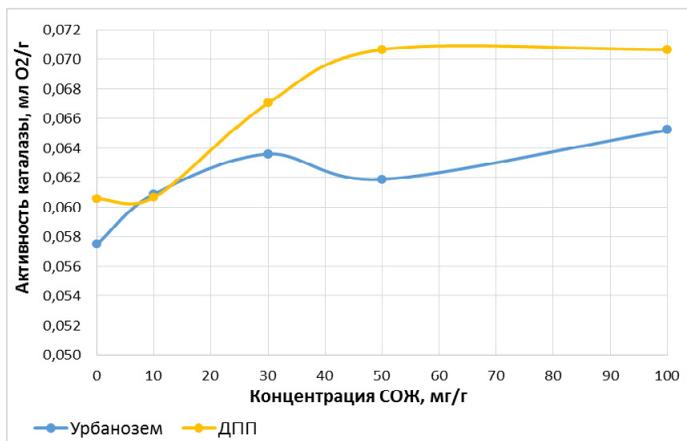


Рис. 1. Изменение активности каталазы исходной почвы в зависимости от концентрации СОЖ

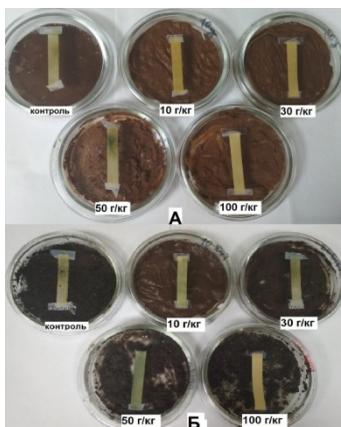


Рис. 2. Изменение активности уреазы исходной почвы в зависимости от концентрации СОЖ: а – урбанозем; б – ДПП

Фермент уреазы катализирует гидролиз мочевины с образованием конечных продуктов – CO_2 и аммиака. При исследовании исходных образцов выработка уреазы была отмечена во всех пробах, кроме урбанозема и ДПП, загрязненных СОЖ в концентрации 100 г/кг.

Для оценки влияния субстрата одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* на ферментативную активность почвы была выбрана доза 100 мл/кг при оптической плотности субстрата 1,4–1,6. Микроводоросль *Chlorella vulgaris* является одноклеточным фотосинтезирующим микроорганизмом. Для стабильной жизнедеятельности хлорелле требуются свет, вода, диоксид углерода, минеральные вещества и кислород. Основная роль хлореллы в процессе деструкции сводится к поглощению и накоплению токсикантов, а также выполнению функции питательного субстрата для гетеротрофных микроорганизмов [3].

Исследования проводились в лабораторных условиях при комнатной температуре с периодическим перемешиванием и увлажнением почвы. Результаты исследований представлены на рис. 3.

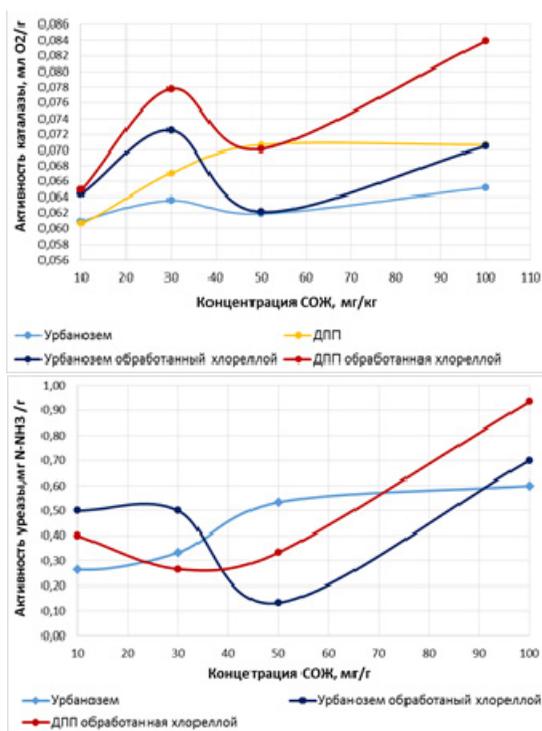


Рис. 3. Изменение активности каталазы и уреазы в зависимости от концентрации СО₂ после обработки проб субстратом микроводоросли *Chlorella vulgaris*

Активность каталазы как в урбаноземе, так и в ДПП при их обработке субстратом микроводоросли *Chlorella vulgaris* изменяется однотипно и характеризуется разрозненностью значений. При сравнении каталазной активности исходной почвы и опытных образцов можно отметить следующее: при низких и средних концентрациях СОЖ (10–30 г/кг) активность каталазы в почвах, обработанных субстратом, значительно выше исходных значений, что свидетельствует о его благоприятном воздействии на жизнедеятельность микроорганизмов; при дальнейшем повышении концентрации СОЖ до 50 г/кг каталазная активность опытных образцов снижается до исходных значений – это наглядно демонстрирует точку критической концентрации СОЖ для микроорганизмов почвы. Однако при экстремально высоких концентрациях (100 г/кг) можно отметить значительное повышение активности каталазы в опытных образцах по сравнению с исходными значениями, что говорит о преодолении точки критической концентрации, адаптации почвенных организмов к ингибирующему фактору и стимулирующем действии микроводоросли *Chlorella vulgaris* на деструкцию СОЖ.

При сравнительном анализе значений активности уреазы опытных образцов с исходными значениями также можно отметить стимулирующее действие субстрата на выработку уреазы при низких (10 г/кг) и экстремально высоких концентрациях СОЖ (100 г/кг). При средней (30 г/кг) и значительной (50 г/кг) концентрации СОЖ отмечается снижение уреазной активности исследуемых образцов по сравнению с их исходными значениями, что свидетельствует об ингибирующем воздействии этих концентраций СОЖ на микроорганизмы почвы и приостановлении процесса выработки фермента.

Проведенный эксперимент позволил сделать вывод, что использование одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* оказывает положительное влияние на каталазную и уреазную активность почв при их загрязнении СОЖ и способствует увеличению рабочего диапазона концентрации ксенобиотика при его биодеструкции почвенными микроорганизмами.

Список литературы

1. Ферментативная активность аграрных почв Верхневолжья / М.К. Зинченко, С.И. Зинченко [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 3. – С. 143.

2. Щуклина Л.М, Сакаева Э.Х, Рудакова Л.В. Микробиологическая оценка уровня загрязнения почвогрунтов урбанизированных территорий смазочно-охлаждающими жидкостями // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 10. – С. 34–37.

3. Старовойтов С.В., Халил А.С. Влияние внешних факторов на скорость биохимических реакций микроводорослей // ИВД. – 2017. – № 2 (45).

Об авторах

Соловьева Алена Сергеевна – магистр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alyona.solvyova@mail.ru.

Сакаева Эльвира Хабировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elya2182@mail.ru.

Е.В. Старкова, Ю.В. Мозжегорова

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ГАЗОВЫХ ЭМИССИЙ НА ПОЛИГОНАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрены различные методы измерения газовых эмиссий на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов. Оценка и прогноз газовых эмиссии на полигонах позволяют предотвратить негативное воздействие на окружающую среду. Выбор метода измерения газовых эмиссий на полигонах зависит от ряда факторов: климатических условий, рельефа поверхности полигона, условий эксплуатации полигона, наличия природоохранных сооружений и т.д.

Ключевые слова: газовые эмиссии, твердые коммунальные отходы, полигон, методы измерения.

E.V. Starkova, Yu.V. Mozhhegorova

ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING GAS EMISSIONS AT MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

The article discusses various methods for measuring gas emissions from municipal solid waste landfills. Assessment and forecast gas emissions in landfills can prevent a negative impact on the environment. The choice of a method for measuring gas emissions at landfills depends on a number of factors: climatic conditions, landform of the landfill, operating conditions of the landfill, the presence of environmental facilities, etc.

Keywords: gas emissions, municipal solid waste, landfill, measurement methods

В России полигоны захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) занимают земли площадью около 0,8 млн га. Каждый год для размещения ТКО отводится около 10 тыс. га земли. Количество полигонов в России насчитывается не менее 1 тыс., санкционированных свалок более 15 тыс., а нелегальных свалок более 17 тыс. [1].

На сегодняшний день полигоны захоронения ТКО являются источниками эмиссии биогаза, основными компонентами которого являются метан (содержание до 60 %) и диоксид углерода (содержа-

ние до 40 %). В среднем, объем образования биогаза на полигоне составляет 10–15 м³ в год в пересчете на 1 человека в обслуживаемом населенном пункте. Биогаз приносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды, который составляет 10–20 % от общего количества антропогенных источников эмиссии метана. Помимо метана и диоксида углерода в состав биогаза входят токсичные вещества (H₂S, CO, H₂, ароматические и хлорированные углеводороды и др.), которые значительно ухудшают санитарно-гигиенические условия рядом с близлежащих территорий полигона [2].

Для того чтобы оценить и спрогнозировать изменения эмиссии компонентов выделяющегося биогаза на полигонах захоронения ТКО и предотвратить негативное изменение в природных комплексах, актуально проводить мониторинг атмосферного воздуха в зоне полигона захоронения ТКО. На сегодняшний день существуют следующие методы измерения газовых эмиссий на полигонах: камерный метод, скважинный метод, метод вертикального зондирования шлейфа, метод индикаторного газа, метод вихревых ковариаций, методы дистанционного зондирования и т.д.

В таблице представлена характеристика основных методов измерения газовых эмиссий на полигонах.

Характеристика методов измерения газовых эмиссий на полигонах

Метод измерения	Применяемая аппаратура / Предел измерения	Протяженность исследуемой территории	Преимущества	Недостатки
Камерный метод	Камера, портативный газоанализатор (ИК-датчик) / 0–500000 ppm (0–50 %)	На месте замера. Расстояние между точками 10–13 м. Площадь замера 40 × 40 см. Глубина 5–10 см	Доступность и простота использования	Большая относительная погрешность. Недооценка объема из-за точечных источников метана
Скважинный метод	Зонд, компрессор, портативный газоанализатор / CH ₄ и CO ₂ – 0–100 %, CO – 0–2000 ppm; H ₂ S – 0–500 ppm	Зависит от количества выбуренных для измерения точек. Глубина бурения от 5 до 20 м	Возможность проведения замеров объема и качественного состава газа в массиве полигона	Высокая стоимость. Сложность замера газов в верхнем слое полигона

Окончание таблицы

Метод измерения	Применяемая аппаратура / Предел измерения	Протяженность исследуемой территории	Преимущества	Недостатки
Метод вертикального зондирования шлейфа	Спектрометр с перестраиваемым диодным лазером с открытой траекторией, наземные и вертикальные отражатели / $\text{CH}_4 - 0,1-1000 \text{ ppm}$	1–1000 м, высота 0,1 м	Высокая чувствительность прибора. Получение информации по нескольким оптическим путям	Высокая стоимость. Неровная и неоднородная поверхность формирует воздушные потоки, приводящие к некорректным результатам
Метод индикаторного газа	Лазерный газоанализатор, расходомер, регистратор / $10^{-3}-100\%$	до 5 км	Устанавливает средние значения выбросов в зависимости от погодных условий	Высокая стоимость. Частое отсутствие вокруг объектов дорожной сети
Метод вихревых ковариаций	Малоинерционный измеритель флуктуаций, акустический анемометр / $10^{-3}-100 \%$	высота до 50 м	По корреляционным связям флуктуации концентраций и скорости ветра рассчитывается поток метана	Требует сложных вычислений. Точность измерения зависит от скорости и направления ветра
Дистанционный метод с лазерным детектором	БПЛА, портативный лазерный газоанализатор / $1-50000 \text{ ppm}$	до 10 км	Проведение замеров на больших участках. Компактность. Высокая чувствительность	Высокая стоимость. Короткая продолжительность полета

Самым распространенным и простым методом измерения газовых эмиссий является *камерный метод*. Суть этого метода заключается в том, что в камеру, установленную на поверхность полигона открытой частью, поступает биогаз и газоанализатором фиксируется объем и качественный состав газов. Авторы [3] на полигоне ТБО «Хметьево» (Московская область) с помощью камерного метода проводили оценку эмиссий метана на разновозрастных участках (5, 10, 15 лет) в разное время года. Наибольшая эмиссия метана была обнаружена при низкой температуре почвенного слоя полигона (ранняя весна и поздняя осень), которая способствует по-

давлению активности метанооксиляющих бактерий и накоплению метана в верхнем почвенном слое.

Скважинный метод определения эмиссии биогаза проводится для полигонов с высоким содержанием биогаза. Суть этого метода заключается в том, что проводится бурение скважины, определяется содержание метана в ней, затем откачивается биогаз, измеряется время до восстановления начальной концентрации метана и определяется газопродуктивность. Измерение метана по вертикальному направлению позволяет провести *метод вертикального зондирования шлейфа*. Измеряется массовый поток газовых эмиссий от полигона захоронения ТКО по вертикальной плоскости. Необходимо учитывать, что систему нужно устанавливать с подветренной стороны площадки полигона. Данный метод был использован на полигоне во Флоренции (США).

Метод индикаторного газа заключается в том, что индикаторный газ (SF_6) выпускают с подветренной стороны полигона, сцепляется с метаном, и газоанализатором измеряется его концентрация. Использование данного метода представлено авторами [4] на примере муниципальной свалки Нашуа (штат Нью-Гэмпшир, США).

Метод вихревых ковариаций заключается в определении потока биогаза с полигона посредством измерения концентрации газов и вертикальной составляющей скорости ветра. Метод основан на измерении турбулентных вихревых потоков с поверхности полигона на больших высотах и определении потока метана.

В настоящее время широко используются *методы дистанционного зондирования с лазерным детектором*. Методика измерения длины волны используется для обнаружения присутствия метана в столбе воздуха, в который направлен лазерный луч. Эксперимент по оценке газовых эмиссий на полигоне Гленмор вблизи г. Келоун (Канада) проводился с использованием данного метода [5].

На сегодняшний день в России самыми применяемыми методами измерения газовых эмиссий являются камерный и скважинный, тогда как в США и странах ЕС используются более современные методы, такие как метод вертикального зондирования шлейфа, индикаторного газа, вихревых ковариаций и дистанционный метод.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых – кандидатов наук МК-909.2020.5.

Список литературы

1. Зятикова М. В. Полигон ТКО как объект загрязнения окружающей среды // Поколение будущего: взгляд молодых ученых-2018: сб. научн. ст. 7-й Междунар. молод. науч. конф.; Курск, 13–14 ноября 2018 г. – Курск: Университетская книга, 2018. – С. 40–42.
2. Джамалова Г.А. Эмиссия токсичного и взрывоопасного биогаза полигонами твердых коммунальных отходов // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2013. – № 22 (48). – С. 092–095.
3. Эмиссия метана с поверхности полигона захоронения твердых бытовых отходов в зависимости от возраста полигона и от времени года / А.Ю. Каллистова, М.В. Глаголев, Н.А. Шнырев, М.В. Кевбрина, В.К. Некрасова, М.В. Чистотин, Е.В. Фаустова, М.И. Серебряная, А.Н. Кожевникова // Экологическая химия. – 2006. – Т. 15, № 1. – С. 13–21.
4. The influence of atmospheric pressure on landfill methane emissions / P.M. Czepiel, J.H. Shorter, B. Mosher, E. Allwine, J.B. McManus, R.C. Harriss, C.E. Kolb, B.K. Lamb // Washington State University, Pullman, WA, USA. – 2003. – P. 593–598.
5. Emran Bara J., Tannant Dwayne D., Najjaran Homayoun. Low-Altitude Aerial Methane Concentration Mapping. Kelowna // Remote Sens. – 2017. – № 9. – P. 1–13.

Об авторах

Старкова Екатерина Викторовна – студент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: starckowa.ek@yandex.ru.

Мозжегорова Юлия Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: juliagubaha@mail.ru.

Е.Н. Сундукова, Т.Ю. Казанцева, А.А. Таланов

ЗАМОРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ДЕЛЬТЕ ОБИ

Изучена проблема заморных явлений на реке Обь. Определено время начала прохождения заморных вод в районе с. Салемал. Изучена динамика содержания кислорода в речной воде и возможность ее аэрации. Разработано специальное оборудование, позволяющее контролировать процесс в условиях севера (бур для сверления отверстий во льду, батометр для забора проб, прибор для визуального наблюдения подледного пространства).

Ключевые слова: река Обь, заморные явления, оборудование для отбора проб воды, содержание растворенного кислорода.

E.N. Sundukova, T.Yu. Kazantseva, A.A. Talanov

DEATH OF FISH FROM LACK OF OXYGEN IN THE OB RIVER DELTA

The problems of fish death from lack of oxygen in water Ob river delta in the area of the village of Salemal were studied. The time of the beginning of this process was determined, and the dynamics of the oxygen content in river water and the possibility of its aeration were studied. Special equipment has been developed to control the process in the north (a drill for drilling holes in ice, a bathometer for sampling, a device for visual observation of the under ice).

Keywords: Ob River, fish death from lack of oxygen in water, equipment for water sampling, dissolved oxygen content.

Обь – крупнейшая река Западной Сибири и мира. На ее берегах расположено множество населенных пунктов, среди которых несколько областных центров (Барнаул, Новосибирск, Нижневартовск и др.). Река активно используется человеком и испытывает серьезную антропогенную нагрузку. С началом развития в регионе нефтегазового комплекса увеличился сброс неочищенных хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. Основными загрязняющими р. Обь веществами, концентрации которых превышают ПДК, являются нефть и нефтепродукты, фенолы, соединения азота и фосфора, пестициды и т.д. В связи с этим многие виды сиговых рыб на сегодняшний день занесены в Красную книгу. Несколько месяцев в году река скована толстым слоем льда, что провоцирует

ежегодные заморные явления, также сказывающиеся на численности и состоянии ценных рыб.

Замор рыб – массовая гибель рыб и других обитателей вод вследствие резкого изменения газового или химического режима воды, особенно в результате снижения содержания растворенного кислорода в водоемах и реках. Кислород тратится организмами на процессы дыхания, окислительные и биохимические процессы самоочищения воды (на окисление донных отложений, богатых органическими веществами, гуминовых веществ и закисных форм железа, поступающих из болотистых местностей) [1]. Заморы рыб могут быть летними и зимними. Летом чаще всего возникают из-за высокой температуры воды и большой концентрации загрязнений. Зимой заморы развиваются постепенно в результате установившегося на длительный срок мощного ледового покрова, достигая к началу весны максимума. Так, обычное содержание кислорода в безледный период в р. Оби составляет 7–8 мг/дм³. При заморе количество кислорода колеблется в пределах 1,1–4,9 мг/дм³ в начале января, в марте снижается до 0,2–0,8 мг/дм³ (2,5–10 % от нормы) [2]. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/дм³ (при норме для рыбохозяйственных водоемов в 6 мг/дм³). Понижение его до 2 мг/дм³ вызывает массовую гибель (замор) рыбы [3].

Целью данной работы явилось изучение заморных явлений на реке Обь в начале ее дельты в районе села Салемал. Исследование параметров воды и льда производилось в период с 1 ноября по 21 февраля. Отбор проб воды на анализ содержания растворенного кислорода осуществлялся из двух точек. Первая точка отбора – река Надымская Обь в акватории с. Салемал (т. 1, рисунок). Глубина реки в этом месте составила 6 м. Отбор проб производился с глубины 3 м 1 раз в неделю. Содержание растворенного в воде кислорода определялось йодометрически по методу Винклера [4].

Содержание кислорода в воде в указанный период значительно уменьшилось – с 6,00 до 1,62 мг/дм³. Условная точка замора на Надымской Оби в районе Салемала при содержании кислорода 2 мг/дм³ была пройдена между 7 и 14 февраля. Фактически же рыба перестала ловиться (т.е. ушла из акватории Салемала) в конце декабря.



Рис. Карта начала дельты реки Обь

Забор проб воды из реки осуществлялся оригинальным оборудованием собственной конструкции. Батометр для забора воды, действующий по принципу шприца, позволяет осуществлять забор проб через силиконовую трубку диаметром 5 мм необходимой длины, опускаемую в отверстие, просверленное во льду диаметром 16 мм. Для бурения лунок использовали сверло по дереву. При необходимости длину сверла увеличивали специальными наставками, достигая общей длины 170 см. Такие приспособления позволили провести и сопутствующие измерения: глубины реки в точке забора воды, температуры воды на глубине забора воды, толщины льда.

Для контроля состояния воды разовые анализы производились и из второй точки отбора – старице Воронки (т. 2, рисунок), которая является одним из мест зимовки туводных видов рыб: язя, леща, щуки, налима и других менее ценных пород. Ввиду отдаленности старицы отбор проб проводился только в январе и феврале с глубины 2 м при толщине льда 93 см. Для наблюдения подводных явлений и их фотовидеофиксации использовалась экшн-камера Sports Cam. Она укомплектована водонепроницаемым боксом, позволяющим погружать ее на глубину до 30 м. Wi-Fi-модуль,

имеющийся в системе управления камеры, под водой не работал, поэтому камера использовалась «вслепую». Для этого она была смонтирована на утяжеленном основании и дополнена осветителем, позволяющим подсвечивать наблюдаемый объект. Результаты исследования показали, что на старице Воронки поддерживался относительно благоприятный кислородный режим, а устойчиво хороший клев рыбы говорил о ее скоплении в данном месте в условиях наступления замора в окружающих водах.

С наступлением замора 14 февраля был проведен опыт по аэрированию речной воды. В качестве аэратора был использован автономный аквариумный компрессор. Его мощности хватило на преодоление лишь 80-сантиметрового столба воды. При погружении рассекателя воздуха на большую глубину пузырьки воздуха не выделялись. Длина самого аэратора составила 2 м. Забор аэрированной воды осуществлялся из внешней трубы аэратора с глубины 1,5 м. Содержание кислорода в аэрированной воде составило 6,02 мг/дм³, содержание в окружающей неаэрированной – 1,93 мг/дм³.

Таким образом, с заморными явлениями можно бороться, создавая станции аэрации и «кислородные оазисы» прежде всего в местах зимовки рыбы, в местах ее убежищ от заморов. Это может повысить выживаемость молоди рыбы, что, в свою очередь, увеличит рыбное промысловое стадо.

Список литературы

1. Вышегородцев А.А. Краткий словарь ихтиолога. – Красноярск: КрасГУ, 2002. – 230 с.
2. Уварова В.И. Современное состояние качества воды р.Оби в пределах Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 1. – Тюмень: ИПОС СО РАН, 2000. – 160 с.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. материалы / под ред. Т.В.Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
4. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Практикум по химии воды: учеб. пособие. – М., Высшая школа, 1971. – 128 с.

Об авторах

Сундукова Елена Николаевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры «Химия и инженерная экология в строи-

тельстве», Казанский государственный архитектурно-строительный университет, e.sundukova@mail.ru.

Казанцева Татьяна Юрьевна – студентка, Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

Таланов Андрей Андреевич – учитель биологии и химии, Салемальская школа-интернат им. Володи Солдатова.

Е.Н. Сунцова, Л.В. Рудакова

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА

Приведены результаты анализа существующих подходов к оценке экологического ущерба. Показаны недостатки применяемых методик и обоснована необходимость разработки методики компенсационных выплат за причиненные ущербы природным экологическим системам.

Ключевые слова: негативное воздействие на окружающую среду, экологический ущерб, методические подходы к оценке экологического ущерба.

E.N. Suntsowa, L.W. Rudakowa

ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL HARM

The article presents the results of the analysis of existing approaches to assessing environmental damage. The author shows the disadvantages of the applied methods and justifies the need to develop a method of compensation payments for causing damage to natural ecological systems.

Keywords: environmental damage, negative impact on the environment, methodological approaches to assessing environmental damage.

Отличительной чертой развития человеческого общества в настоящее время является усиление антропогенного воздействия на окружающую среду. В этом процессе проявляются синергетические эффекты, и это приводит к ухудшению качества природной среды и деградации отдельных ее элементов. Для оценки последствий негативного воздействия загрязнений на природные объекты используются следующие понятия: экологический всего ущерб, экологический вред, России предотвращенный экологический всего ущерб.

По литературным данным, ущерб от загрязнения окружающей среды – это фактические и возможные потери национальной экономики, связанные с загрязнением окружающей природной среды (включая прямые и косвенные воздействия и, кроме того, дополнительные затраты на устранение отрицательных последствий загрязнения) [1].

Существует четкое различие между терминами «ущерб» и «вред». Вред наносится окружающей среде, ущерб – экономике.

Значение термина «экологический ущерб» следует рассматривать гораздо шире. С одной стороны, понятие имеет традиционный смысл – негативные изменения в окружающей среде, выражающиеся в денежном выражении. С другой стороны, экологический ущерб имеет гуманистическое значение, что отражается в том, что люди не несут ответственности за сохранение благоприятной среды обитания в условиях быстрой деградации окружающей/среды [4]. Экономическая оценка предотвращенного экологического ущерба от антропогенного воздействия определяется для атмосферного воздуха, водных ресурсов, почв. Экологический вред – деградация окружающей среды, вызванная нарушением требований законодательства.

Несмотря на существующие разработки по созданию методических основ оценки экологического ущерба, большинство вопросов в этом отношении до сих пор не решено [2]. В связи с этим актуальными являются исследования, имеющие отношение в разработке новых методов оценки, включая компенсационные выплаты за причиненный вред, а также совершенствование уже существующих методик.

Цель работы заключалась в анализе и обобщении методов эколого-экономической оценки ущерба, причиненного объектам окружающей среды. Для достижения поставленной цели решали задачи, направленные на систематизацию и анализ существующих подходов и методов оценки ущерба.

Негативное воздействие на окружающую среду является одним из видов природопользования. Типы негативного воздействия на окружающую среду включают в себя выбросы и сбросы загрязняющих веществ, загрязнение недр и почв, размещение отходов производства и потребления, физическое загрязнение окружающей среды и другие.

Атмосферный воздух

К сожалению, в нашей стране до сих пор не разработано современных методик по оценке загрязнения атмосферного воздуха. В 1999 г. была принята «Временная методика определения предотвращения экологического ущерба», в которой учитываются выбросы, которые не выбрасываются в атмосферу, благодаря природоохранным мероприятиям. Представленная методика позволяет оце-

нить экологический ущерб, вызванный выбросами загрязняющих веществ, осуществляемых только в текущем периоде [5]. Формула расчета имеет следующий вид:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{а}} = \sum_i (Y_{\text{уд}}^{\text{а}} \cdot \sum_{N=1} M_{\text{пк}}^{\text{а}}) \cdot K_{\text{э}}^{\text{а}},$$

где $Y_{\text{пр}}^{\text{а}}$ – предотвращенный экологический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха стационарными источниками, тыс. руб.; $Y_{\text{уд}}^{\text{а}}$ – показатель удельного ущерба атмосферному воздуху, вызванного выбросом одной единицы приведенной массы загрязняющих веществ, руб./усл. т., выбрасываемых в атмосферный воздух; $M_{\text{пк}}^{\text{а}}$ – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, усл. т.; $K_{\text{э}}^{\text{а}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха на территориях экономических районов России [1].

С 1 января 2015 г. действует ГОСТ Р 56167–2014, в котором указывается метод расчета вреда, причиненного выбросами загрязняющих веществ от определенного промышленного предприятия, объектам окружающей среды, строительным конструкциям, экосистемам и сельскохозяйственным культурам. Из содержания ГОСТ Р 56167–2014 следует, что основой для расчета ущерба с использованием данного стандарта являются факты превышения установленных норм выбросов, а также выбросы, не имеющие разрешительных документов [3]. В 2018 г. Минприроды России предложен проект правил расчета размера вреда, нанесенного атмосферному воздуху как компоненту природной среды. Проект до настоящего времени не утвержден.

Водные ресурсы

В РФ применяется «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства». Методика утверждена приказом Минприроды России от 13.04.2009 года № 87. Расчет размера вреда считается суммой затрат и устранением их причин и последствий нарушения. Расчетная формула имеет следующий вид:

$$Y_{\text{пр}}^{\text{в}} = \sum_i (Y_{\text{уд}}^{\text{в}} \cdot \sum_{N=1} M_{\text{пк}}^{\text{в}}) \cdot K_{\text{э}}^{\text{в}},$$

где $U_{пр}^B$ – предотвращенный экологический ущерб водным ресурсам, тыс. руб.; $U_{уд}^B$ – показатель удельного ущерба водным ресурсам, причиненного единицей приведенной массы загрязняющих веществ; $M_{пк}^B$ – приведенная масса загрязняющих веществ, не поступивших (не были допущены к сбросу) в водный источник, тыс. усл. т.; K_3^B – коэффициент экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек и экологической ситуации [4].

Кроме представленной выше методики также используют «Методику исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам», утвержденную Приказом Росрыболовства от 25.11.2011 № 1166. Размер ущерба водным биоресурсам по данной методике определяется общим количеством составляющих его компонентов, которые рассчитаны для отдельного вида водных биоресурсов.

Почва

Для экономической оценки предотвращенного экологического ущерба почв в настоящее время применяются «Правила расчета размера вреда, причиненного почве в результате нарушения законодательства РФ о недрах», утвержденные постановлением Правительства РФ от 04.07.2013 № 564 и «Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды», утвержденная приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238.

Важнейшим недостатком перечисленных методик является то, что все они направлены прежде всего на экономическую оценку поступившего загрязнения. Нахождение эквивалента между количеством загрязнений и рублевым выражением не позволяет вернуть нарушенную территорию в исходное состояние. Методики должны быть направлены не только на наказание в виде денежных компенсаций, но и на возмещение ущерба, восстановление территории. В настоящее время фискальные административные меры (штрафы) направляются в бюджеты разных уровней. Дальнейшее использование взыскиваемых сумм не имеет никакого отношения к восстановлению нарушенного экологического состояния загрязненных территорий.

В связи с этим разработка современных методик оценки и расчета экологического ущерба с учетом выплат за компенсацию

негативного воздействия возмещение вреда окружающей среде представляет собой важную экологическую проблему.

Список литературы

1. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Введ. Госкомэкологии 09.03.1999.
2. Глибко О.Я., Лукин А.А. Правовые основы оценки и возмещения экологического ущерба в Российской Федерации // Российский юридический журнал. – 2011 – № 4. – С. 201–210.
3. ГОСТ Р 56167–2014. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета ущерба от промышленного предприятия объектам окружающей среды. Введ. 2017-07-01 – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
4. Майорова Е.И. Экологический вред: как определить его размер // Экология производства. – № 6. – 2018 – С. 16–23.
5. Наумова Т.В. Концептуальные основы оценки экологического ущерба // Научный вестник МГТУ ГА. – 2005. – № 86. – С. 15–20.

Об авторах

Сунцова Елизавета Николаевна – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: elizaveta.suntsowa@yandex.ru.

Рудакова Лариса Васильевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Охрана окружающей среды», Пермский национальный политехнический университет, e-mail: larisa@eco.pstu.ac.ru.

К.Б. Тагирова, В.Б. Барахнина, И.Р. Киреев

ВЫБОР МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Проведена оценка негативного воздействия буровых сточных вод (БСВ) на водные и растительные объекты. Наиболее сильное воздействие БСВ оказывали на водоросли *Scenedesmus quadricauda*. Заметное действие наблюдалось на кресс-салат *Lepidium sativum* (наибольшая сходимость результатов наблюдалась в случае среднего веса проростков). Для сравнения результатов воздействия БСВ на биологические тест-объекты выбран метод биотестирования на кресс-салате *Lepidium sativum* как наиболее воспроизводимый и дешевый.

Ключевые слова: буровые сточные воды, биологические методы контроля, тест-объекты, кресс-салат, водоросли, низшие ракообразные.

K.B. Tagirova, V.B. Barakhnina, I.R. Kireev

SELECTION OF METHODOLOGY FOR ASSESSING THE NEGATIVE IMPACT OF DRILLING WASTE WATERS ON THE ENVIRONMENT

The negative impact of drilling wastewater (DW) on water and plant objects was assessed. The largest impact of DW was on *Scenedesmus quadricauda*. A noticeable effect was observed on watercress *Lepidium sativum* (the greatest convergence of the results was observed in the case of the average weight of the seedlings). To compare the results of DW exposure to biological test objects, the biotesting method on the watercress *Lepidium sativum* was chosen as the most reproducible and cheapest.

Keywords: drilling wastewater, biological control methods, test objects, watercress, algae, lower crustaceans.

Одним из перспективных путей совершенствования мониторинга БСВ является дополнение аналитических и санитарно-гигиенических методов биотестированием, которое позволяет интегрально оценить токсичность сточных вод для окружающей среды. Ниже представлены данные, показывающие влияние БСВ на различные тест-объекты (кресс-салат *Lepidium sativum* [2, 3] и водоросли *Scenedesmus quadricauda* [1]).

Исследовали БСВ со следующими параметрами: взвешенные вещества – 110 мг/л; нефтепродукты – 8 мг/л; ХПК – 53 мг/л;

БПК – 95 мг/л; общая минерализация – 100 мг/л. При определении фитотоксичности использовали тест-объект – кресс-салат *Lepidium sativum*. Оценивали уровень прорастания семян (всхожесть), среднюю длину проростков и средний сухой вес проростков. Контроль – питьевая вода (рис. 1–3).

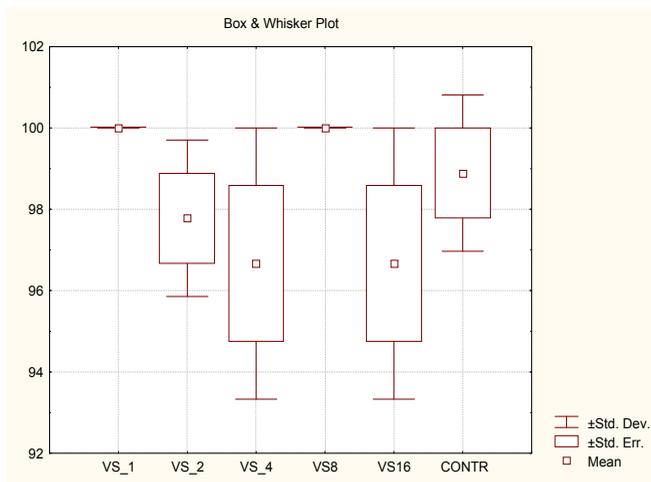


Рис. 1. Всхожесть семян кресс-салата, %, в опыте с БСВ при различных разбавлениях

Коэффициент корреляции между всхожестью семян кресс-салата и кратностью разбавления не достоверен ($r = -0,25$). Достоверных отличий между всхожестью семян кресс-салата и кратностью разбавления выявлено не было.

Коэффициент корреляции между средней длиной проростков и кратностью разбавления не достоверен ($r = 0,34$). Были выявлены достоверные отличия между средней длиной проростков семян кресс-салата и кратностью разбавления: неразбавленный раствор (однократное разбавление) достоверно отличается от проб с 2, 8-кратными разбавлениями и контроля. Раствор с 8-кратным разбавлением достоверно отличается от раствора с 16-кратным разбавлением.

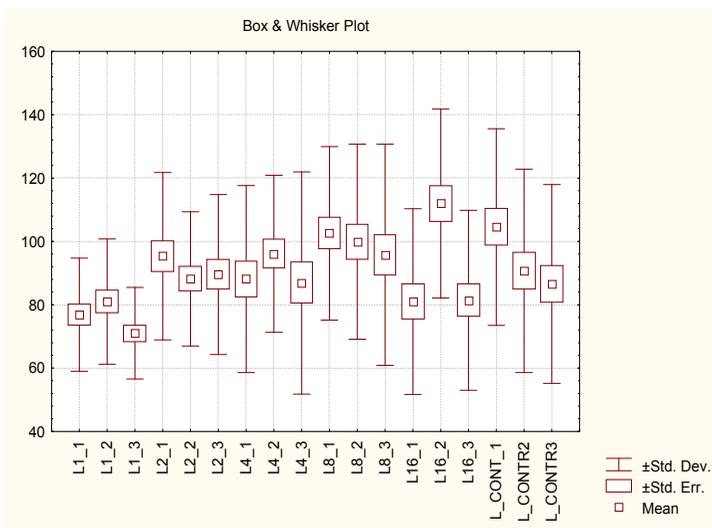


Рис. 2. Средняя длина проростков, мм, при различных разбавлениях

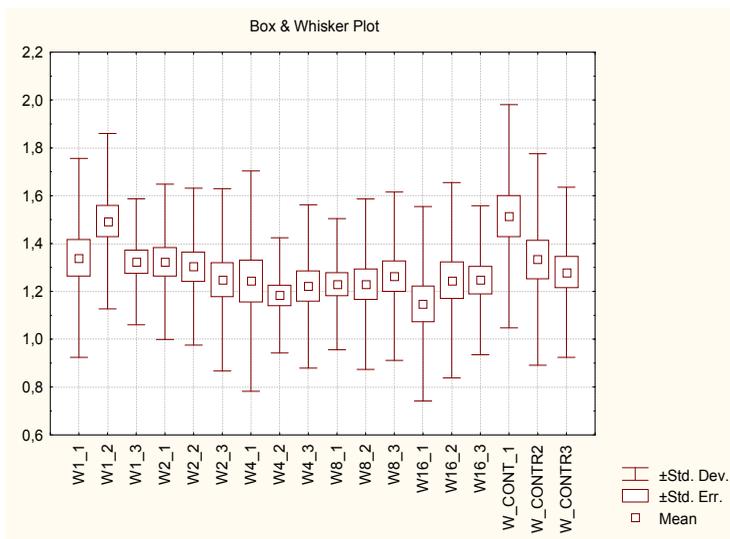


Рис. 3. Средний сухой вес проростков, мг, в опыте с БСВ при различных разбавлениях

Коэффициент корреляции между средним сухим весом проростков и кратностью разбавления достоверен ($r = -0,55$). Достоверных отличий между средним сухим весом проростков семян кресс-салата и кратностью разбавления выявлено не было.

Уравнение, описывающее зависимость среднего сухого веса проростков (W , мг) от кратности разбавления (X):

$$Y = 1,3185 - 0,0079 \cdot X,$$

где Y – среднее значение контрольных проб; X – безопасная степень разбавления.

Кратность разбавления (X), при которой не будет проявляться стимулирующий эффект, рассчитанная по данному уравнению, равна 7,24, что свидетельствует о существенной загрязненности воды.

Оценка токсичного действия БСВ на водоросли *Scenedesmus quadricauda* определялась по приросту клеток в опытах с различной кратностью разбавления БСВ. Подсчет клеток водорослей производили в камере Горяева (в начале исследования и через 72 ч) с использованием микроскопа. Результаты определения показателей прироста клеток водорослей в пробах при различной кратности разбавления БСВ приведены в таблице.

Прирост количества водорослей *Scenedesmus quadricauda* при различной кратности разбавления БСВ

Кратность разбавления, раз	Начальная концентрация клеток, тыс. кл/дм ³	Конечная концентрация клеток, тыс. кл/дм ³	Снижение прироста клеток, % от контроля
Контроль	43	735	–
Без разбавления	43	34	95
10	51	153	79
50	43	493	32
100	43	527	28
150	51	629	14

Острое токсическое действие БСВ на водоросли *Scenedesmus* наблюдается при 30-кратном разведении и менее (снижение прироста клеток по сравнению с контролем составляет 50 % и более). Безвредная кратность разбавления БСВ для водорослей *Scenedesmus* равна 150. В этом случае снижение численности клеток водорослей происходит не более чем на 20 % по сравнению с

контролем. Таким образом, БСВ, разбавленные в 150 раз и более, не оказывают токсического эффекта на водоросли.

Представленные результаты показывают, что различные тест-объекты реагируют по-разному на токсические действия БСВ. Заметное действие наблюдается на кресс-салат *Lepidium sativum*. При этом наибольшая сходимость результатов наблюдается в случае среднего веса проростков. В связи с трудностями воспроизводимости эксперимента с *Scenedesmus quadricauda* в полевых условиях (непосредственно на буровой установке) наиболее удобной представляется методика с использованием кресс-салата.

Список литературы

1. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФЗ 1.39.2007.03222.

2. Зейферт Д.В., Абдрахимов Ю.Р., Барахнина В.Б. [и др.] Способ прогнозирования возможного токсического эффекта при совместном использовании нескольких лекарственных препаратов. Патент РФ №2510533 от 13.06.2013 (G09B 23/28). – 9 с.

3. Зейферт Д.В., Гамерова Л.М., Барахнина В.Б. Применение кресс-салата для оценки воздействия проливов нефти на почву // Инновационные технологии в области химии и биотехнологии: материалы Всерос. науч.-техн. конф., 22–23 ноября 2012. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. – С. 46–50.

Об авторах

Тагирова Кира Булатовна – студентка, Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: tagirova-kamilla@gmail.com.

Барахнина Вера Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: verarosental@rambler.ru.

Киреев Ильгис Рустамбекович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: pbot@yandex.ru.

Д.А. Ханнанов, В.Г. Петров, М.А. Шумилова

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Проведены исследования подвижности нитрат- и хлорид-ионов при загрязнении дерново-подзолистой почвы хлоридами калия в количествах 5 и 20 ПДК по хлорид-иону и нитратам калия 5, 10 и 20 ПДК по нитрат-иону. Исследование проводилось на лабораторном стенде, который моделирует воздействие атмосферных осадков на поверхностный слой почвы в виде дождя. Установлено, что нитрат- и хлорид-ионы имеют высокую подвижность в загрязненном почвенном слое. Период полувыведения хлорид-ионов составил от 15 до 30 сут, это связано со слабой фиксацией хлоридов почвой и их высокой растворимостью по отношению к хлорид-иону. Половина нитрат-ионов при загрязнении 5–20 ПДК переходит в грунтовые или поверхностные воды с атмосферными осадками через 30–80 сут, что ведет к загрязнению водоемов и их эвтрофикации и загрязнению источников водоснабжения нитратами.

Ключевые слова: загрязнение почвы, калийные удобрения.

D.A. Khannanov, V.G. Petrov, M.A. Shumilova

SOME ENVIRONMENTAL FEATURES OF USING POTASH FERTILIZERS

The mobility of nitrate and chloride ions during contamination of sod-podzolic soil with potassium chlorides in quantities of 5 and 20 MPC for chloride ion and potassium nitrates 5, 10 and 20 MPC for nitrate ion was studied. Mobility studies have been conducted of nitrate and chloride ions when sod-podzolic soil is contaminated with potassium chlorides in amounts of 5 and 20 MAC for chloride ion and potassium nitrates 5, 10 and 20 MPC for nitrate ion. The study was conducted on a laboratory bench, which simulates the impact of precipitation on the surface soil in the form of rain. It was found that nitrate and chloride ions have high mobility in the contaminated soil layer. The half-life of chloride ions was from 15 to 30 days, this is due to the weak fixation of chlorides by the soil and their high solubility in relation to the chloride ion. Half of the nitrate ions contaminated with 5-20 MAC pass into ground or surface water with atmospheric precipitation in 30-80 days, which leads to contamination of reservoirs and their eutrophication and contamination of water sources with nitrates.

Keywords: soil pollution, potassium fertilizers.

Калийные удобрения широко используются в сельском хозяйстве. Максимальный эффект от внесения калийных удобрений может быть достигнут, только если будут соблюдаться все научно обоснованные нормы, дозы, способы и сроки их внесения. Иначе какие-либо нарушения технологии внесения калийных удобрений могут привести к значительным их потерям, что, в свою очередь, приведет к загрязнению окружающей природной среды, в том числе грунтовых вод и водоемов.

В связи с этим актуальными являются исследование особенностей поведения калийных удобрений в виде хлорида калия и калийной селитры в почвах Удмуртии и разработка методов контроля и мониторинга загрязнений, а также определение дозировки оптимального экологически безопасного внесения их в почву. Если ограничения по количеству калия в почве нет, то имеются ограничения по содержанию в почве хлорид- и нитрат-ионов.

Подвижность нитрат- и хлорид-ионов в дерново-подзолистой почве, характерной для Удмуртской Республики, исследовалась на лабораторном стенде, который состоит из нескольких колонок и устройства дозирования. Стенд моделирует воздействие атмосферных осадков на поверхностный слой почвы в виде дождя. В результате, фиксируется объем пропущенной воды через загрязненный образец, а также скорость ее фильтрации.

В экспериментах использовались вещества KCl и KNO_3 квалификации «х.ч.» и «ч.». Загрязнение почвы хлоридами проводилось в количествах 5 и 20 ПДК по хлорид-иону (ПДК для KCl составляет 360 мг/кг или 171,5 мг/кг хлорид-иона). Анализ хлорид-ионов в фильтрате проводили по ГОСТ 26425–85 [2].

Загрязнение почвы нитратами проводилось в количествах 5, 10 и 20 ПДК по нитрат-иону (ПДК для KNO_3 составляет 130 мг/кг). Фоновое содержание нитратов в почве составляло 109,7 мг/кг. Определение нитрат-ионов проводилось ионометрически по ГОСТ 26951–86 [3].

В табл. 1, 2 приведены значения величины периода полувыведения для нитрат- и хлорид-ионов в исследуемой дерново-подзолистой почве. Количество осадков определялось по средним данным метеонаблюдений для г. Ижевска.

Таблица 1

Параметры подвижности хлорид-ионов
в почве при загрязнении KCl

Уровень загрязнения хлорид-ионами	Период полувыведения, сут
5 ПДК	28,5
20 ПДК	15,4

Таблица 2

Параметры подвижности нитрат-ионов
в почве при загрязнении KNO₃

Уровень загрязнения нитрат-ионами	Период полувыведения, сут
5 ПДК	80,19
10 ПДК	30,76
20 ПДК	66,67

Из табл. 1, 2 видно, что хлорид-ион и нитрат-ион довольно быстро вымываются из загрязненной почвы. Период полувыведения хлорид-иона варьируется от 15 до 30 сут, в первую очередь это связано с тем, что хлориды хорошо растворимы в воде, а также с низкой поглотительной способностью почвы в отношении хлорид-иона. Тем не менее после вымывания наиболее подвижной части хлоридов остаточное содержание хлорид-ионов в почве превышало допустимое значение ПДК. Однако внесение хлорида калия в рассматриваемых количествах не привело к нарушению структуры почвы и ее засолению, как это происходит при загрязнении почвы хлоридом натрия [4]. Половина нитрат-ионов при загрязнении 5–20 ПДК переходит в грунтовые или поверхностные воды с атмосферными осадками через 30–80 сут, это ведет к загрязнению водоемов нитратами их эвтрофикации или к загрязнению источников питьевой воды, что следует учитывать при мониторинге загрязнения нитратами, а также при разработке способов снижения содержания нитратов в почве. Также возможно внесение в почву смешанного калийного удобрения из хлорида калия и нитрата калия для снижения негативного воздействия и дополнения содержания азота в почве за счет других форм.

Список литературы

1. Способ исследования особенностей поведения загрязняющих веществ в почвах / Петров В.Г., Шумилова М.А. Патент РФ на изобретение № 2590554. Патентообладатель: ИМ УдмФИЦ УрО РАН. Зарег. 15.06.2016 г.
2. ГОСТ 26425–85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023486> (дата обращения: 10.10.2019).
3. ГОСТ 26951–86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499> (дата обращения: 15.01.2020).
4. Балицкий Я.А., Петров В.Г., Ханнанов Д.А. Подвижность хлорид-ионов в дерново-подзолистой почве при загрязнении хлоридами щелочных металлов // Химическая физика и мезоскопия. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 290–295.

Об авторах

Ханнанов Денис Альбертович – аспирант, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, e-mail: hannanov-denis@mail.ru.

Петров Вадим Генрихович – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, e-mail: petrov@udman.ru.

Шумилова Марина Анатольевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, e-mail: mashumilova@mail.ru.

С.Х. Хомутова, Г.С. Арзамасова

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ НЕФИНАНСОВОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ НА РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассмотрен опыт российских промышленных предприятий в предоставлении нефинансовой экологической отчетности как элемента представления результатов экологической и социально-экологической деятельности. Проанализировано современное состояние применения нефинансовой отчетности по количеству предоставляемых отчетов, количеству компаний, а также уровню заверения (верификации) нефинансовых отчетов.

Ключевые слова: нефинансовая экологическая отчетность, социально-экологическая ответственность, верификация нефинансовых отчетов

S.Kh. Khomutova, G.S. Arzamasova

REVIEW OF APPLICATION OF ENVIRONMENTAL NON-FINANCIAL REPORTING AT RUSSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Experience of environmental non-financial reporting application as a part of result environmental and socio-environmental activity of Russian industrial enterprises was considered in the article. The current state of non-financial reporting by quantity of reports and companies also level of verification was analysed.

Keywords: non-financial environmental reporting, socio-environmental responsibility, verification of non-financial reporting

Взаимодействие промышленного предприятия с заинтересованными сторонами в отношении их деятельности в области охраны окружающей среды является неотъемлемым элементом ответственного ведения хозяйственной деятельности компании. Заинтересованными сторонами могут выступать как партнеры, акционеры и инвесторы, так и потребители, общественные организации, а также средства массовой информации. Одним из инструментов взаимодействия и долгосрочного сотрудничества предприятиями в части предоставления экологической информации и раскрытия экологической деятельности предприятия является экологическая социальная отчетность. Применение подобной

практики является частью инвестиционной привлекательности компании, обеспечения защиты прав граждан на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также управления имиджем предприятия.

Однако в российском законодательстве представлен лишь ограниченный перечень требований к раскрытию экологической информации промышленными предприятиями. При этом существует множество рекомендаций и руководств по применению для формирования экологических отчетов, в полной мере позволяющих раскрыть информацию об экологической деятельности организаций, которые выбрали отчеты в качестве основного инструмента информирования широкого круга заинтересованных сторон. Так, например, Всемирный фонд дикой природы разработал методiku оценки экологической открытости нефтегазовых и горнодобывающих компаний, которая включает три раздела: экологический менеджмент, воздействие на окружающую среду и раскрытие информации [2]. Стоит отметить, что все инициативы компаний, связанные с информационной экологической открытостью, являются, как правило, добровольными.

Нефинансовая экологическая отчетность – это совокупность показателей и сведений, которые отражают цели и задачи, а также результаты деятельности предприятия в отношении социальной ответственности и устойчивого развития. Мотивом предприятий к применению нефинансовой отчетности может быть как избежание рисков и сокращение затрат, так и создание возможностей для развития организации: содействие к выходу на новые рынки, установление партнерских отношений для инноваций и роста [4].

Одним из наиболее распространенных источников рекомендаций по предоставлению нефинансовых отчетов является «Глобальная инициатива по отчетности». Цель создания подобных стандартов – облегчить представления организациями информации об экономических, экологических и социальных результатах [1]. Нефинансовые отчеты подразделяются на социальные, экологические и интегрированные, а также отчеты в области устойчивого развития и отраслевые. В базе данных Глобальной инициативы по отчетности (GRI) количество компаний, публикующих нефинансовые отчеты на основе GRI стандартов, составляет 14 263 компаний (59 390 отчетов) на 15 февраля 2020 г. [1].

По состоянию на 15 февраля 2020 г. в Национальный регистр входит 181 компания, при этом зарегистрировано 1027 отчетов, выпущенных в период с 2000 г., из которых 88 – экологические отчеты, 334 – социальные отчеты, 353 – отчеты в области устойчивого развития, 224 – интегрированные отчеты, 28 – отраслевые отчеты. Виды нефинансовых отчетов в процентном соотношении представлены на рисунке [5].

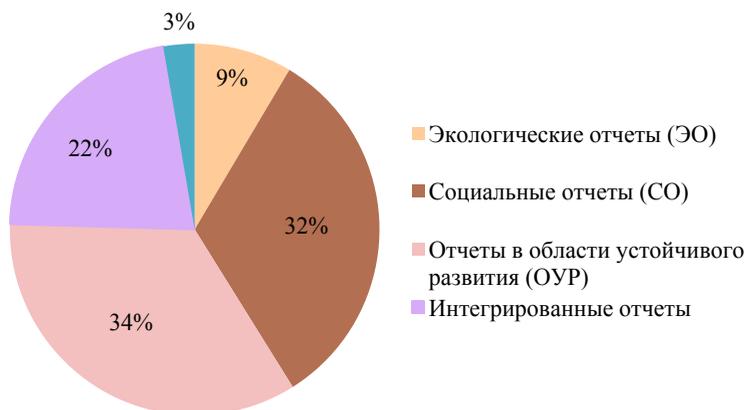


Рис. Виды нефинансовых отчетов в соответствии с Российским союзом промышленников и предпринимателей [5]

По отраслевой принадлежности присутствуют компании от производства машинного оборудования до сельского и лесного хозяйства, однако количество отчетов преобладает у таких секторов промышленности, как энергетика (191 отчет, преобладают интегрированные отчеты – 88), нефтегазовый сектор (166 отчетов, подавляющее большинство из которых – отчеты в области устойчивого развития – 111), металлургическая и горнодобывающая (115 отчетов, преобладают социальные отчеты – 55).

Согласно данным, представленным Российским союзом промышленников и предпринимателей (РСПП), количество отчетов значительно выросло с 2000 г., также увеличивается количество компаний, публикующих нефинансовые отчеты. Таким образом, число отчетов возросло на 43,7 % по сравнению с 2010 г., а количество компаний – на 44,3 %. Таким образом, рост количества компа-

ний и отчетов увеличился в 1,5–2 раза, что показывает заинтересованность промышленных предприятий в предоставлении нефинансовой социально-экологической отчетности [5].

Основные проблемы, препятствующие развитию нефинансовой отчетности в России, можно разделить на проблемы, влияющие на количество отчетов, и проблемы, влияющие на качество отчетов. К проблемам, влияющим на количество отчетов, относятся информационная закрытость российских предприятий, недостаточно высокая конкуренция в части выпуска нефинансовой отчетности, отсутствие обязательности нефинансовой отчетности на законодательном уровне. К проблемам, влияющим на качество отчетов, могут быть отнесены отсутствие единого стандарта нефинансовой отчетности, проблемы выбора объема раскрываемой предприятием информации, организации взаимодействия с заинтересованными сторонами [3].

Для решения проблемы информационной закрытости предприятий в Российской Федерации создан центр экологической безопасности, который предлагает проект «Меморандум экологической открытости». Целью данного проекта является создание условий по обеспечению безопасности населения, обеспечение открытости и прозрачности деятельности российских предприятий в сфере экологии. Мотивацией для предприятий к присоединению к подобному проекту является признак экологически и социально ответственного подхода субъекта к хозяйственной деятельности, создание благоприятного имиджа и конкурентных преимуществ, а также инвестиции в будущее развитие [6].

Отсутствие обязательности нефинансовой отчетности на законодательном уровне также является фактором, препятствующим развитию нефинансовой отчетности в Российской Федерации. Однако Министерством экономического развития Российской Федерации подготовлен законопроект, устанавливающий правовые основы раскрытия публичной нефинансовой отчетности. Согласно представленному проекту регламентируются правила составления и утверждения публичной нефинансовой отчетности, порядок проведения внешней оценки и порядок раскрытия публичной нефинансовой отчетности. Предполагается, что организации начнут раскрывать нефинансовую публичную отчетность с отчета за 2019 г. [4].

В качестве единого стандарта может быть применено руководство «Глобальной инициативы по отчетности», которая является информационным партнером РСПП с 2012 года. Задача РСПП в данном сотрудничестве заключается в систематизации и анализе нефинансовых отчетов, которые публикуются в Национальном регистре РСПП и передаче их для размещения в международной базе отчетов GRI. С использованием предложенного единого руководства может быть решена проблема объема раскрываемой информации.

Предоставление промышленными предприятиями нефинансовой экологической отчетности определяется заинтересованными сторонами как доказательство «прозрачности» ведения хозяйственной деятельности, ответственности предприятия за негативное воздействие на окружающую природную среду, а также стремления к формированию доверия между предприятием и заинтересованными сторонами. Однако наличие нефинансовых экологических отчетов не является доказательством правдивости предоставляемой организацией информации.

Процедура верификации нефинансовых отчетов необходима для подтверждения значимости и границ раскрываемой информации. Отчеты, прошедшие процедуру общественного заверения, могут считаться достоверным источником информации об экологических аспектах хозяйственной деятельности промышленного предприятия. Согласно данным Российского союза промышленников и предпринимателей в Совете РСПП процедуру общественного заверения прошли 148 нефинансовых отчетов от 42 компаний [5]. Целью общественного заверения нефинансовых отчетов является публичное признание информации, представленной в отчетах, повышение уровня доверия заинтересованных сторон к предприятию и раскрываемой информации, а также содействие развитию нефинансовой отчетности в Российской Федерации.

Таким образом, нефинансовая экологическая отчетность является необходимым элементом взаимодействия промышленного предприятия с заинтересованными сторонами. Количество компаний, публикующих нефинансовые экологические отчеты, растет с каждым годом, также набирает популярность процедура заверения таких отчетов, что позволяет организациям предоставлять только достоверную информацию о своей деятельности.

Список литературы

1. GRI Database [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.datebase.globalreporting.org> (дата обращения: 10.02.2020).
2. Всероссийский фонд дикой природы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wwf.ru> (дата обращения: 10.02.2020).
3. Чалдаев Л.А., Красикова А.С., Федчин И.Н. Нефинансовая отчетность в России: проблемы становления и развития // Финансы и кредит. – 2015. – С. 21–31.
4. О публичной нефинансовой отчетности: проект Федерального закона [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.02.2020).
5. Российский союз промышленников и предпринимателей [Электронный ресурс]. – URL: <http://рспп.рф> (дата обращения: 10.02.2020).
6. Центр экологической открытости [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ekoopen.ru> (дата обращения: 10.02.2020).

Об авторах

Хомутова Софья Хасановна – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: son.homutova.ru@yandex.ru.

Арзамасова Галина Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: arzamasova_g@mail.ru.

Н.Н. Храпко, Т.Н. Патрушева, С.К. Петров

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Описаны характеристики и области применения функциональных покрытий, а также основные методы их нанесения, используемые в современном производстве. Оценены недостатки современных методов нанесения с точки зрения негативного влияния на окружающую среду (ОС). Изучены и описаны наиболее ресурсоэффективные и дружественные ОС методы нанесения функциональных покрытий.

Ключевые слова: функциональные покрытия, тонкопленочные покрытия, ресурсоэффективные методы нанесения покрытий, безотходные методы нанесения покрытий.

N.N. Khrapko, T.N. Patrusheva, S.K. Petrov

ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTION OF FUNCTIONAL COATINGS

This paper describes the characteristics and applications of functional coatings, as well as the basic methods of their application, used in modern production. The shortcomings of modern application methods are evaluated in terms of negative environmental impact (OS). The most resource-efficient and OS-friendly functional coating methods have been studied and described.

Keywords: functional coatings, thin-film coatings, resource-efficient coating methods, non-waste coating methods.

Функциональные покрытия на сегодняшний день широко применяются в различных областях промышленности: машиностроении, энергетике, цифровой микроэлектронике, медицине и т.д. В современной промышленности по нанесению покрытий зачастую используют вредные вещества и энергозатратные методы получения покрытий. К тому же ресурсоэффективность технологии сокращается из-за применения неэкономичных методов нанесения, в результате чего большая часть материала покрытия попадает в отходы. Актуальной задачей в сфере нанесения покрытий является разработка и использование экологически безопасных составов для изготовления

из них функциональных покрытий, а также способов создания этих покрытий, отличающихся экологической безопасностью.

Существует широкий спектр веществ, используемых для создания функциональных покрытий, они могут сильно различаться в зависимости от назначения покрытия и области промышленности, в которой они применяются.

В лакокрасочной промышленности для получения тонкопленочных покрытий применяется процесс кадмирования – нанесения на поверхность металлов тонкого слоя кадмия (10–25 мкм) для улучшения антикоррозийной устойчивости металлических изделий. Для этого процесса требуются оксид кадмия (CdO) и цианид натрия (NaCN). Оксид кадмия очень ядовит, обладает токсическим действием, является специфическим загрязняющим веществом 1-го класса опасности. Цианид натрия, как и все цианиды, является высокоопасным отравляющим веществом [1].

В энергетической промышленности для производства аморфных преобразователей солнечной энергии используют силан (кремниеводород SiH_4). Высшие члены семейства силанов – твердые вещества. Однако промежуточные продукты – моносилан и дисилан – являются газообразными веществами, остальные представители силанов – едкие высоколетучие жидкости, которые относятся к сильным отравляющим веществам.

Почти все методы получения покрытий можно разделить на физические и химические методы, а также их комбинации.

При использовании физических методов нанесения состав вещества, наносимого на подложку, не изменяется. К физическим методам можно отнести способы получения пленок осаждением в вакууме, при которых осуществляется перенос вещества мишени на подложку под влиянием различных энергетических воздействий (термовакuumное напыление, катодное распыление, ионно-плазменное распыление, молекулярно-лучевая эпитаксия, лазерное распыление). Основные недостатки физических способов получения покрытий:

- требование применения энергоемкого и дорогостоящего оборудования;
- необходимость нагревания (высокотемпературного отжига) подложки при получении сложных веществ;
- необходимость относительно высокого давления инертного газа для поддержания разряда;

- возможность загрязнения испаряемого вещества материалом испарителя.

Отличительная черта химических методов в том, что они осуществляются с помощью химических реакций [2]. Эти реакции протекают как в растворах соединений металлов, так и на подложке при пиролизе сложных молекул с выделением продуктов разложения и в процессе дальнейшего твердофазного синтеза с образованием многокомпонентных веществ. К широко применяемым химическим способам нанесения функциональных покрытий относятся: реактивное катодное распыление, МОС-гидридная эпитаксия, жидкофазная эпитаксия.

Эти технологии предполагают предварительное вакуумирование реактора и подложки, а затем введение реакционного газа или газа-носителя. При этом осуществляются химические реакции образования новых соединений, позволяющие широко варьировать свойства получаемых пленок. Основные недостатки данной группы методов:

- применение тяжелого инертного газа (аргона, криптона);
- сложный контроль веществ, образующихся в процессе реакций;
- применение энергоемкого, громоздкого оборудования.

В настоящее время известны несколько методов нанесения тонкопленочных покрытий, принцип которых основан на использовании свойств органических веществ. Одним из таких методов является золь-гель технология, в основе которой лежит способ закрепления покрытий на поверхности без использования вакуумных методов и высоких температур, за счет свойств некоторых органических материалов высыхать при нормальных условиях ОС и сравнительно низких температурах.

Золь-гель технология – распространенный метод жидкофазного синтеза наноматериалов (нанотехнология) [3]. Данная технология включает в себя получение золя и последующий перевод его в гель. Золь – коллоидный раствор с частицами размером менее 10 нм. Гель – дисперсная система с жидкой или газообразной дисперсионной средой и пространственной структурой дисперсной фазы в виде сетки. Гели образуются из золь в результате молекулярного сцепления частиц дисперсной фазы.

Многие органические растворы, практическое применение которых не является редкостью, являются пленкообразующими при

комнатной температуре, что более экономично, к тому же при таком процессе отсутствует тепловое загрязнение ОС.

Еще одним ресурсоэффективным и экологически безопасным методом является экстракционно-пиролитический (рисунок). Он используется для получения оксидных пленок и включает в себя два этапа: экстракция органических растворов из неорганических веществ и пиролиз этого раствора на поверхности для получения слоя оксида. Преимущество метода заключается в возможности восстановления экстрагента и повторного его использования. Продукты распада, образующиеся в процессе отжига и пиролиза органических растворов (CO , CO_2 , $\text{C}_n\text{H}_m\text{COOH}$, $\text{C}_n\text{H}_m\text{CHO}$) относятся к III и IV классам опасности и выделяются в небольших количествах. Это обосновано тем, что для получения тонких пленок не требуется большого количества исходных растворов, этим, к тому же, обосновывается экономичность данного метода создания покрытий.



Рис. Схема экстракционно-пиролитической технологии

По сравнению с распространенными в современной промышленности методами нанесения покрытий наиболее экологически безопасными являются экстракционно-пиролитический метод и золь-гель технология. Применение указанных методов дает воз-

возможность проведения технологических операций по нанесению покрытий при сравнительно низких температурах и без использования энергоемкого оборудования. Для формирования функциональных покрытий при этом используются органические нетоксичные вещества.

Список литературы

1. Emrah Alkaya, Goksel N. Demirer, Improving resource efficiency in surface coating/painting industry: practical experiences from a small-sized enterprise // Clean Techn Environ Policy. – 2014. – Vol. 16. – P. 1565–1575.

2. Патрушева Т.Н. Растворные пленочные технологии. Современные технологии микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2010. – 304 с.

3. Мошников В.А. Золь-гель технология микро- и нанокomпозитов: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 304 с.

Об авторах

Храпко Наталья Николаевна – магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Патрушева Тамара Николаевна – доктор технических наук, профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Петров Сергей Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

И.О. Черкасова

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА НА МОЗГ ЧЕЛОВЕКА: ВЗГЛЯД СТУДЕНТА

Представлена краткая характеристика влияния загрязненного воздуха на мозг человека. Проанализированы основные факторы риска. Приведена статистика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по России и, в частности, по Пермскому краю. Описаны возможные пути решения проблемы загрязненного воздуха на уровне университетских студенческих сообществ.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, выбросы загрязняющих веществ, компоненты загрязненного воздуха, мероприятия для решения проблемы загрязненного воздуха.

I.O. Cherkasova

THE EFFECT OF POLLUTED AIR ON THE HUMAN BRAIN: STUDENT'S VIEW

A brief description of the effect of polluted air on the human brain is presented. The main risk factors are analyzed. Statistics of emissions of pollutants into the air in Russia and the Perm region are given. Possible ways of solving the problem of polluted air at the level of University student communities are described.

Keywords: air pollution, emissions of pollutants, components of polluted air, measures to solve the problem of polluted air.

Современный мир невозможно представить без заводов, фабрик и промышленных предприятий, занимающих огромные территории по всему земному шару, на которых выпускается продукция различного назначения. Также невозможно представить наш мир без автомобилей и общественного транспорта. Так, например, по данным Федеральной службы государственной статистики на 2018 г., в России на 1000 жителей приходится 309 собственных легковых автомобилей [1]. Вместе с этим положительным эффектом, который трактуется как повышение качества жизни, появляется и обратная сторона, которая имеет «неблагоприятный окрас»: предприятия и транспорт выбрасывают в окружающую среду огромное количество вредных веществ, действующих на здоровье человека, на его мозг и психику.

В Российской Федерации за 2018 г. выброшено стационарными и передвижными источниками около 32 327 тыс. т вредных веществ (в том числе диоксид серы – 3703 тыс. т, оксиды азота – 3518 тыс. т, оксид углерода – 16596 тыс. т, летучие органические соединения – 2891 тыс. т, аммиак – 97 тыс. т); в расчете на единицу площади страны – 1188 кг/км²; в расчете на душу населения – 220 кг; в расчете на единицу ВВП в ценах 2016 г. – 362 кг на 1 млн руб. В том же году в Пермском крае выбросы загрязняющих веществ составили 296 тыс. т, в том числе: твердых веществ – 11,665 тыс. т, диоксида серы – 10,532 тыс. т, оксид углерода – 68 тыс. т, оксидов азота – 40 тыс. т, углеводородов (без летучих органических соединений – ЛОС) – 105 тыс. т, ЛОС – 55 тыс. т, прочих газообразных и жидких – 2 тыс. т. Выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников составили 365 тыс. т. [4].

Данные по динамике выбросов загрязняющих веществ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по Пермскому краю за 2013-2018 годы, т/год

Год	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Валовый выброс всего, в том числе:	637,1	581,9	586,1	609,2	625,7	658,1
выброс от передвижных источников	269,1	269,4	287,5	300,3	314,9	365,3
выброс от стационарных источников	367,9	312,5	298,6	308,6	310,8	292,8

Рассмотрим некоторые наиболее опасные компоненты, влияющие на организм человека, в частности на работу мозга. Так, диоксид серы – это высокотоксичное вещество третьего класса опасности. Чаще всего воздействие этого компонента вызывает нарушение функций дыхания, а также в некоторых случаях при небольшой передозировке диоксида серы может наблюдаться мигрень. Оксид азота у большинства людей не вызывает побочных эффектов, но при передозировке он приводит к головной боли, учащению пульса и сердцебиения, тремору, а в некоторых случаях к расширению сосудов и кровотечениям. Оксид углерода связан с гемоглобином крови, что препятствует нормаль-

ному снабжению органов и тканей кислородом, в результате ослабляются процессы мыслительной деятельности, замедляются рефлексy, возникает сонливость, возможны потери сознания и смерть от удушья. Некоторые летучие органические соединения являются причиной возникновения раковых опухолей, в том числе опухолей мозга. Отравление аммиаком может вызвать сильную головную боль, головокружение, чувство беспокойства и паники. В окружающей среде на человека действуют одновременно все находящиеся в загрязненном воздухе компоненты, это усиливает отрицательное воздействие каждого из них.

В 2012 г. ученые выяснили, что некоторые вещества в воздухе могут разрушать ткани мозга и вызывать в нем воспалительные процессы. Результаты китайских и американских ученых доказали, что загрязненный воздух влияет на когнитивные функции мозга. Известно исследование ученых Пекинского и Йельского университетов (США), которые с 2010 по 2014 г. исследовали математические и языковые навыки около 20 тыс. жителей Китая. Ученые измеряли уровень диоксида серы, диоксида азота и частиц менее 10 мкм. Оказалось, что наиболее опасному активному влиянию этих сверхвредных веществ подвергаются пожилые малообразованные жители Китая, так как именно они работают на вредном производстве, потому что не в состоянии обеспечить себе существование в старости. Также было доказано, что загрязнение атмосферы повышает риск дегенеративных заболеваний, в частности болезни Альцгеймера и других форм деменции [2].

Кроме этого, существует исследование о влиянии загрязненного воздуха на замедление развития школьников. Исследование было проведено в 2015 г. в начальных школах Барселоны и охватило более 2700 школьников. Результаты исследования подтвердили то, что у школьников, проживающих в более загрязненных районах, наблюдалось значительное замедление развития [3].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение воздуха сильно и крайне негативно влияет на здоровье и выживаемость детей. 93 % детей во всем мире живут в условиях, где уровни загрязнения воздуха превышают рекомендации ВОЗ. Более одного ребенка из каждых четырех, не доживающих до 5 лет, прямо или косвенно погибают в результате воздействия рисков, связанных с условиями окружающей среды.

Проблема загрязнения воздуха является глобальной и нуждается в незамедлительном решении. На уровне университетских студенческих организаций предложены следующие возможные пути решения исследуемой проблемы, указанные в табл. 2.

Таблица 2

Мероприятия студенческих организаций

Возможное решение	Предлагаемые мероприятия
Постоянное информирование о результатах периодических исследований по загрязнению окружающей среды	В каждой группе и в целом на факультете назначить ответственных людей, которые будут отслеживать экологическую ситуацию и доносить ее до остальных в виде постов в социальных сетях
Сбор статистических данных, публикация результатов	Участие в научно-практических конференциях, публикация статей и тезисов
Создание уникальных методов решения экологических проблем	Разработка организационных методов для улучшения экологической ситуации в конкретном городе
Просвещение коллег и студентов	Интегрирование в содержание смежных с экологией учебных дисциплин больше частных вопросов об экологической ситуации и методах решения проблем (например, философия, безопасность жизнедеятельности и др.)
Организация лекций и других мероприятий на свежем воздухе	Организация экологических лекций, выездных семинаров и поездок за город (на базы отдыха) с применением интерактивных методов обучения
Сбор перерабатываемых материалов и поставка их на заводы по переработке и утилизации	Еженедельный (ежемесячный) сбор материалов: бумага, картон, батареи, пластиковые папки, лампы и т.д.

Как же избежать такого вредоносного воздействия загрязненного воздуха на мозг человека? Конкретного ответа на этот вопрос нет. Ученые-экологи считают, что наиболее важным является внедрение на производстве фильтрационных систем, увеличение количества электротранспорта и озеленение больших территорий, но и каждый человек сам может защитить себя от загрязненного воздуха. Например, выбирать дорогу, где меньше транспорта, чаще выезжать из города, пользоваться воздухоочистителями, разводить комнатные растения или высаживать деревья на территории у дома.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики: Транспорт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gks.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения: 15.02.2020).

2. BBC «Air pollution may harm cognitive intelligence, study says...» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bbc.com/news/health-45326598> (дата обращения: 15.02.2020).

3. PROSVET.PRESS – интернет-издание, зарегистрированное в качестве СМИ: Каково влияние загрязненного воздуха на мозг человека? [Электронный ресурс]. – URL: <https://prosvet.press/2019/06/18/kakovo-vliyanie-zagryaznennogo-vozdukh/>.

4. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 году» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.permecology.ru/> (дата обращения: 24.02.2020).

Об авторе

Черкасова Ирина Олеговна – бакалавр кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: cerkasovairina22@gmail.com.

Н.С. Чечулина

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
«ЗАЩИТА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ СУШИ
И СОДЕЙСТВИЕ ИХ РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ»**

Приведены результаты сравнительного анализа динамики ключевых показателей по цели устойчивого развития. Сделан вывод о динамике ключевых показателей.

Ключевые слова: показатели, цель устойчивого развития, динамика ключевых показателей.

N.S. Chechulina

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DYNAMICS
OF INDICATORS FOR THE PURPOSE OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT “PROTECTION AND RESTORATION OF SUSHI
ECOSYSTEMS AND PROMOTING THEIR RATIONAL USE”**

This article presents the results of a comparative analysis of the dynamics of key indicators of sustainable development. The conclusion about the dynamics of key indicators.

Keywords: indicators, sustainable development goal, dynamics of key indicators.

Экосистемы суши играют весомую роль в жизни каждого человека. Природные и рекреационные зоны представлены местами обитания и отдыха людей. Экосистемы суши содержат значительные ресурсы питания. Сохранение и рациональное использование биологических видов суши считается неравномерным процессом. В настоящее время скорость исчезновения площади лесов приостановилась и отмечается улучшение в их рациональном использовании, а также наблюдается прогресс в защите районов, имеющих важное значение для биоразнообразия [2].

В 2015 г. члены ООН приняли документ «Повестка дня в области устойчивого развития до 2030 года», содержащий в себе

17 целей устойчивого развития, которые имеют ряд задач, необходимых к выполнению в течение 15 лет. Одной из целей устойчивого развития является «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию», которая содержит 14 задач, способствующих рациональному использованию лесов, борьбе с деградацией земель в засушливых областях и процессу сохранения биологических видов [1].

В данной работе проанализированы ключевые показатели цели устойчивого развития на примере таких стран, как Россия, Китай, США, Германия, и мира. Анализ динамики показателей проводился графическим методом.

Показатель № 1 – площадь лесов в процентном соотношении к общей площади суши – измеряет долю площади суши, которая засажена лесами, и выражается в процентном отношении.

Из графика (рис. 1) видно, что ситуация в России позитивнее, чем в мире. С 2000 по 2015 г. в России, Германии и мире динамика показателя почти стабильна, только в Китае и США наблюдается повышение доли площади лесов. Площадь лесов, как доля от общей площади суши, в России выше по сравнению с миром (за 2015 г. в России площадь лесов составила 49,8 %, а в мире – 30,7 %). За 15 лет площадь лесов в процентном соотношении к общей площади суши повысилась в Китае на 22,1 %.

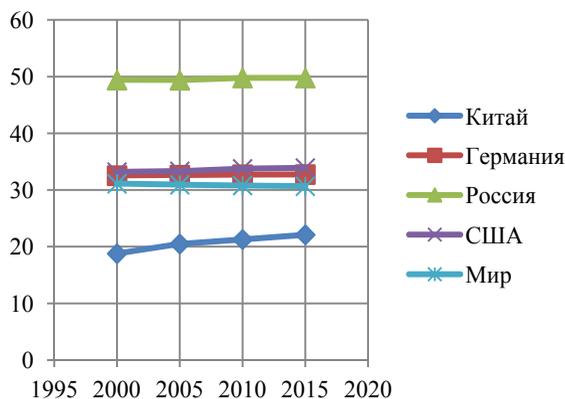


Рис. 1. Динамика показателя «Площадь лесов в процентном отношении к общей площади суши»

Показатель № 2 – надземная биомасса леса на гектар (тонны на гектар) – показывает прирост биомассы (совокупности растительных и животных организмов).

Из графика (рис. 2) видно, что ситуация в Германии позитивнее, чем в России. На 2015 г. биомасса леса в Германии составила 179,8 т/га. Значение показателя в России меньше в 3 раза, чем в Германии (Россия, 2015 г. – 64,3 т/га). Наблюдается заметное повышение биомассы леса с 2000 по 2015 г. в Германии – на 21,2 т/га, в Китае – на 3,9 т/га и в США – на 6,9 т/га.

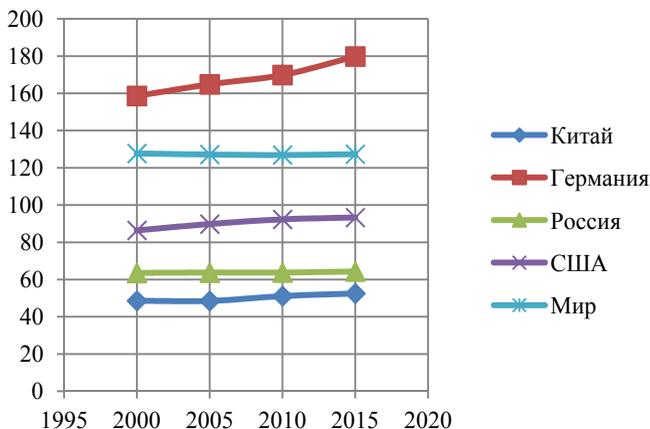


Рис. 2. Надземная биомасса леса на гектар (тонны на гектар)

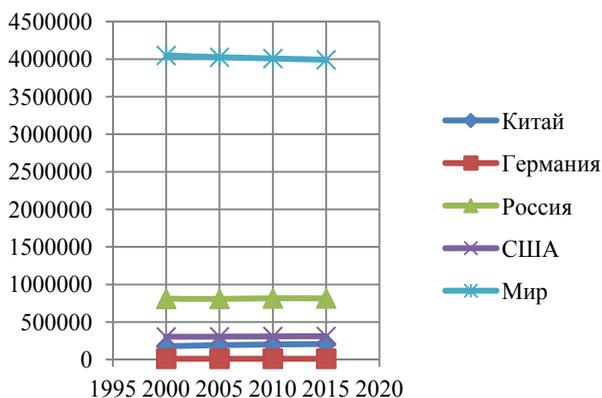


Рис. 3. Динамика индекса Красного списка

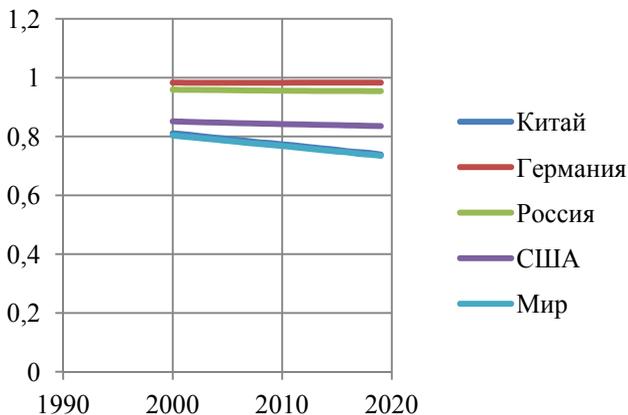


Рис. 4. Динамика показателя «Площадь лесов» (тысяча гектаров)

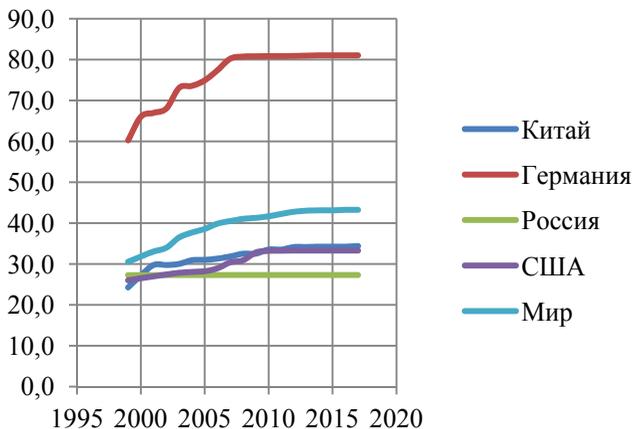


Рис. 5. Доля важных с точки зрения биоразнообразия районов суши и пресноводных районов, находящихся под охраной

Показатель № 3 – Индекс Красного списка. Данный показатель означает долю биологических видов, которые будут сохраняться в будущем без применения дополнительных природоохранных мер. Значения индекса варьируются от 1 до 0. Отнесение всех видов к категории «Находящихся под наименьшей угрозой» при-

сущее значению 1, исчезновение всех видов – 0. Значения индекса Красного списка в Германии выше, чем в других странах и мире (рис. 3). Значения показателя в Германии, России и США с 2000 по 2019 г. практически не изменяются, и кривые параллельны между собой. Значения показателя в Китае схожи со значениями в мире и кривые параллельны друг другу. В период с 2000 по 2019 г. в Китае и мире значения снижаются с 0,8 до 0,72. Ситуация в Германии хуже, чем в США.

Показатель № 4 – площадь лесов (тысяча гектаров).

Из графика (рис. 4) видно, что ситуация в мире позитивнее, чем в Германии, России, Китае и США. Ситуация хуже в Германии по сравнению с другими странами. На 2015 г. площадь лесов в мире составила 3 992 134 тыс. га, в России – 814 930 тыс. га.

Показатель № 5 – доля важных с точки зрения биоразнообразия районов суши и пресноводных районов, находящихся под охраной. Биоразнообразие пресноводных районов характеризуется видовым богатством, отражающим число видов, встречающихся в пределах экосистемы.

Из графика (рис. 5) видно, что ситуация в Германии позитивнее, чем в других странах и в мире. На 2018 г. значение показателя составило 81,1 %. Значения в Германии выше в 3 раза, чем в России (2018 г. – 27,3 %). Ситуация в России с 2000 по 2018 г. стабильна, в мире и других странах наблюдается повышение значения (в Германии – на 21 %, в Китае – на 10 %, в США – на 7 %, в мире – на 3 %). По сравнению с другими странами и миром ситуация в России хуже.

В процессе сравнительного анализа ключевых показателей положительная динамика в России наблюдается у показателя площади лесов в процентном соотношении от общей площади земель и у показателя площади лесов, которые выше по сравнению с другими странами. Негативная динамика, по сравнению с другими странами и миром, наблюдается по показателю средней доли пресноводных ключевых районов биоразнообразия, охватываемых охраняемыми территориями.

Исходя из вышесказанного, отслеживание динамики ключевых показателей необходимо для создания и выполнения целей устойчивого развития.

Список литературы

1. База данных ООН [Электронный ресурс]. – URL: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database/?area=MDG_WORLD (дата обращения: 10.02.2020).

2. Цель 15: Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию [Электронный ресурс]. – URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/SDG/Naz_perechen_pokas_SDG/tse1-15/ (дата обращения: 10.02.2020).

Об авторе

Чечулина Наталья Сергеевна – магистрант кафедры «Охраны окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: natalya.chechulina.97@mail.ru.

**Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров,
Н.А. Быковский, Р.М. Даминева, И.В. Овсянникова**

**ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТРОСТНИКА
ОБЫКНОВЕННОГО К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОЧВ
ПОПУТНО ДОБЫВАЕМЫМИ ВОДАМИ И НЕФТЬЮ**

Дана характеристика последствий загрязнения почв при добыче и транспортировании нефти. Приведены эксперименты по изучению устойчивости многолетнего вида тростника обыкновенного *Phragmites communis* к загрязнению почв нефтью и попутно-добываемыми водами. Проведена статистическая обработка полученных результатов.

Ключевые слова: тростник обыкновенный, устойчивость, эффект, попутно добываемые воды, нефть, почва.

**N.S. Shulaev, V.V.Pryanichnikova, R.R. Kadyrov,
N.A. Bykovskiy, R.M. Damineva, I.V. Ovsyannikova**

**THE STUDY OF *PHRAGMITES COMMUNIS* RESISTANCE
TO THE SOIL POLLUTION BY RESERVOIR WATERS AND OIL**

The characteristic of the effect of soil pollution during production and transportation of oil was given. The experimental research of the perennial plant *Phragmites communis* resistance to the oil-contaminated soil and reservoir waters was provided. The statistical analysis of the experimental results was done.

Keywords: resistance, effect, produced water, oil, soil, *Phragmites communis*, reservoir waters.

Добыча и транспортировка нефти относятся к отраслям с повышенным уровнем загрязнения окружающей природной среды. Очень часто при аварийных ситуациях или в результате нарушения технологического процесса происходит загрязнение территории нефтью и попутно добываемыми водами.

Попадая в почву, нефть изменяет ее механические и физико-химические характеристики, затрудняет проникновение кислорода, вызывая в конечном счете снижение плодородия.

Попутно добываемые воды образуют эмульсию с нефтью и также негативно влияют на окружающую среду. Такие воды харак-

теризуются высокой минерализацией. В зависимости от химического состава, как правило, выделяют хлоркальцевые и щелочные воды. Первые представляют собой смесь растворов хлоридов натрия, магния и кальция.

Своеобразный солевой и микроэлементный состав пластовых минерализованных вод резко изменяет состояние экосистем, приводит к деградации биоценозов, причем скорость трансформации почвенного комплекса много выше, чем при разливах нефти, а самоочищение идет медленнее. Засоление почв приводит к снижению плодородия.

Нефть и попутно добываемые воды неизбежно оказывают негативный эффект на флору в районах загрязнения. Представители растительного мира испытывают как прямое, так и косвенное влияние поллютантов [1, 2]. Устойчивость растений зависит от многих факторов: количества загрязняющих веществ и их химического состава, времени года и рельефа местности, а также видовых особенностей.

Проведено исследование устойчивости тростника обыкновенного к загрязнению почв попутно добываемыми водами и нефтью.

Тростник обыкновенный (*Phragmites communis*) – высокий (от 1 до 4 м) многолетний влаголюбивый злак рода тростник, один из самых широко распространенных видов цветковых растений на территории РФ. Он произрастает на берегах водоемов и в заболоченной местности в зонах умеренного климата по всему миру, образуя густые обширные заросли. Имеет длинные и толстые ползучие корневища. Стебли прямостоячие, с многочисленными узлами. Толщина полого стебля может достигать 2 см. Прямой стебель после цветения становится почти деревянистым. Листья тростника серовато-зеленые, жесткие, удлинненные, широкие. Соцветие – крупная метелка длиной 8–40 см, густая, с множеством отдельных мелких колосков. Колоски имеют длину 0,6–1,7 см; они буро-фиолетовые или желтоватые, с длинными волосками. Опыляется тростник при помощи ветра. Цветет в июле-августе. Под сильными порывами ветра стебли тростника могут сгибаться так, что касаются поверхности воды, но почти никогда не ломаются. Заросли тростника имеют важное экологическое значение: поселившись на топких или болотистых местах, тростник со временем превращает их в более сухие участки: большая масса листьев и стеблей испаряет много влаги, осушая почву.

В ходе экспериментов изучалось влияние попутно добываемых вод, а затем их смеси с нефтью на всхожесть семян тростника обыкновенного [3].

Первоначально подготавливались контейнеры с почвой (по 130 г), в которые затем добавлялись различные объемы попутно добываемых вод известного состава. Подготовленная почва тщательно перемешивалась и выдерживалась сутки. Затем производился посев семян тростника и их полив. Важным условием проращивания является создание избыточной увлажненности – поддержание постоянного слоя воды над почвой.

Второй этап исследования включал внесение в подготовленную почву 5 мл попутно добываемых вод и различных объемов нефти. Посев осуществлялся вышеуказанным способом.

Полученные данные по прорастанию семян обрабатывали в программе Statistika 7.0.

Результаты статистической обработки данных по всхожести в зависимости от содержания попутно добываемых вод представлены на рис. 1.

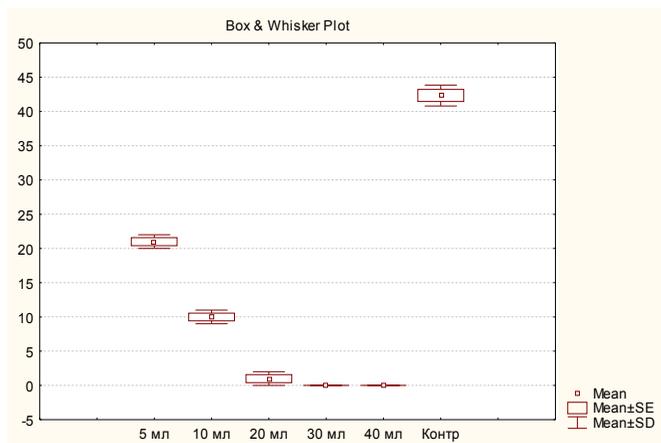


Рис. 1. Результаты обработки данных по попутно добываемым водам

Зависимость процента всхожести семян тростника обыкновенного от содержания нефти (в присутствии попутно добываемых вод) приведена на рис. 2.

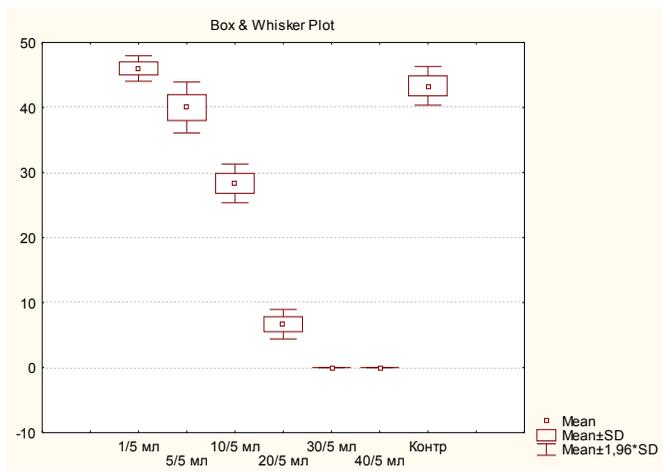


Рис. 2. Результаты обработки данных по попутно добываемым водам и нефти

В первом случае наблюдается линейная зависимость, описываемая уравнением

$$y = 25,5 - 1,271 \cdot x.$$

Величина достоверности аппроксимации составляет 0,6985.

Зависимость процента всхожести семян тростника обыкновенного от содержания нефти (в присутствии попутно добываемых вод) описывается уравнением

$$y = -13,2 \cdot x + 63.$$

Как видно из графика, всхожесть семян превышает контрольное значение (43 %) при содержании нефти до 5 мл и модельного раствора солей 5 мл в пробе (концентрация нефти и раствора солей 38,5 мл/кг). При количестве нефти в пробе, равном 5 мл/кг и более (38,5 мл/кг и более), проявляется угнетающее действие загрязнителей. При добавлении 30 и 40 мл нефти (230 мл/кг и более) всхожесть прекращается.

Анализ полученных данных показал, что попутно добываемые воды оказали подавляющее действие на всхожесть семян тростника обыкновенного при любых концентрациях. При добавлении до 5 мл на 130 г почвы нефти и попутно добываемых вод в таком же объеме

наблюдался стимулирующий эффект, т.е. нефть в небольших дозах нейтрализует негативное воздействие.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24041.

Список литературы

1. Влияние загрязнения почв мазутом на всхожесть и жизнеспособность семян рогоза широколистного / В.В. Пряничникова, Н.С. Шулаев, Р.Р. Кадыров, А.Ф. Галина // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Кн. 2. – Киров: Веси, 2015. – С. 221–223.

2. Изучение воздействия нефтяного загрязнения почв на развитие высших растений на примере рогоза широколистного / Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Н.А. Быковский, Р.Р. Кадыров // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2. – С. 193–197.

3. Фиторемедиация нефтезагрязненных почв / Н.С. Шулаев, В.В. Пряничникова, Р.Р. Кадыров, Н.А. Быковский // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 47, № 8. – С. 133–138.

Об авторах

Шулаев Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информатика, математика, физика», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Пряничникова Валерия Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Общая химическая технология», Уфимский государственный нефтяной технический университет, e-mail: prvaleria@mail.ru.

Кадыров Рамиль Римович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических и информационных систем», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Быковский Николай Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических и информационных систем», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Даминева Раиса Мухаметовна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Гуманитарные науки», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Овсянникова Инна Вячеславовна – ассистент кафедры «Общая химическая технология», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

УДК 658.8.07

О.В. Кожухарь, А.В. Селезнева

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБЫТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЗА СЧЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА С ДИЛЕРСКОЙ КОМПАНИЕЙ КОМПЛЕКСНОГО ТИПА

Представлены актуальные проблемы процессов сбыта и снабжения, с которыми сталкиваются российские предприятия. Указаны причины появления этих проблем. Предложены корректирующие действия.

Ключевые слова: процесс сбыта, процесс снабжения, бизнес-процессы.

O.V. Kozhuhar, A.V. Selezneva

OPTIMIZATION OF THE SALES PROCESSES AT ENTERPRISES THROUGH COOPERATION WITH A DEALER COMPANY OF A COMPLEX TYPE

The article presents actual problems of sales and supply processes faced by Russian enterprises. The reasons for these problems are indicated. Corrective actions are proposed.

Keywords: sale process, process of supplying, business processes.

Актуальность проблемы неготовности процессов сбыта и снабжения на предприятиях к быстрому и динамичному развитию рынка и большой конкуренции очень высока.

Проанализировав многие литературные источники, можно выделить проблемы, с которыми сталкиваются системы сбыта российских компаний:

– на многих отечественных предприятиях процесс сбыта продолжает оставаться на втором плане по отношению к процессу произ-

водства, так как у многих руководителей предприятий не изменился менталитет приоритетности производства по сравнению со сбытом;

- многие предприятия не уделяют должного внимания найму персонала в отделы сбыта, не знают специфических требований, которые должны предъявляться к специалистам по сбыту и продажам. Редко проводятся аттестации, не привлекаются консультанты – специалисты в области продаж. Значительная часть работы, проделываемая на этапе поиска клиента и предварительной работы с ним, остается вне контроля и оценки со стороны руководства. Это, в свою очередь, ведет к неэффективности плановой работы по привлечению новых клиентов;

- стремительно растут издержки сбыта и всего того, что связано с реализацией продукции: зарплата торгового персонала, аренда офисных и складских площадей, транспорт, продвижение и т.д. В результате снижается рентабельность сбытовых операций и многие руководители компаний предпочитают экономить в этой ситуации на сбыте и маркетинге;

- подразделения сбыта и маркетинга во многих компаниях работают отдельно друг от друга, не имеют общих целей, что ведет к снижению эффективности привлечения и взаимодействия с клиентами;

- слишком жесткая централизация системы управления в корпоративном канале снижает ответственность за принятие решений дочерних структур и приводит к отсутствию гибкости во взаимодействиях с партнерами и потребителями [1].

Практика показывает, что управление процессом сбыта готовой продукции требует комплексных решений, основанных на маркетинговых исследованиях.

Отсутствие отлаженных бизнес-процессов взаимодействия с потребителями приводит к неудовлетворенности клиентов, отсутствию лояльности, поиску более удобных поставщиков и лучшего сервиса.

Умение гибко реагировать на изменения в системе рынка приобретает стратегическую значимость и является ключевым фактором успеха компании [2].

Причиной этих проблем служит то, что до 1992 г. для большинства российских (советских) предприятий сбыт гарантировало государство. Разрушение системы «снабжения» и «сбытов» потребовало изменения функции сбыта на предприятиях, а привати-

зация торговли и изменение жизни общества привело к возникновению новых форматов розничной торговли.

Промышленные предприятия, выпускающие станки, оборудование и прочее, – это бывшие советские, ныне приватизированные предприятия (те, что относились к так называемой группе А – производство средств производства, а ныне классифицируются как предприятия «бизнес-для-бизнеса» – business-to-business, B2B).

В отечественной системе управления промышленными предприятиями сложилась строгая система важности различных функций: производственно- и научно-техническая деятельность, планирование, снабжение, управление трудом и заработной платой, бухгалтерский учет, продажа и кадры [3].

В такой системе не было места финансам и маркетингу как важным функциям. В результате такого положения вторым лицом на российском предприятии был главный инженер, который контролировал производство и научно-технические разработки.

Отделы сбыта занимались в основном отгрузкой готовой продукции, заключали договоры на многолетние поставки.

После прекращения централизованного планирования относительная важность функций существенно изменилась. Прежде всего сбыт, а не снабжение стал самой большой проблемой – планирование производства и закупок сырья и материалов теперь приходится выстраивать, отталкиваясь от оценок спроса на продукцию предприятия.

Проблема поставок преобразовалась из общей нехватки материальных ресурсов в недостаток средств для закупок сырья, материалов и заготовок. Ввиду этого важность коммерческого отдела увеличивается. Большинство предприятий стали вводить штатную единицу коммерческого директора, который берет на себя руководство сбытом, а также отделом маркетинга.

Нестабильность рыночной среды с постоянно растущим уровнем конкуренции, заметно проявляющаяся в последнее время, приводит к повышению роли системы сбыта, появлению новых видов каналов доставки товаров потребителям, переосмыслению стратегий взаимодействия с партнерами и потребителями. В то же время не все компании успевают реагировать на перемены, происходящие во внешней среде, медленно перестраивают процесс сбыта в соответствии с новыми реалиями.

Для решения указанных выше проблем предлагается заключить партнерские отношения с дилерской компанией комплексного типа.

Дилерская компания комплексного типа является официальным дилером производителей различного типа оборудования, что дает ей дилерские скидки, а значит, и цены ниже, чем у производителей, дает возможность закрывать все потребности отдела снабжения одновременно, исходя из любого бюджета и любых сроков поставки. У компании есть свой отдел продаж, отдел логистики и отдел маркетинга, которые помогают решать актуальные проблемы для предприятий.

Сотрудничество с дилерской компанией комплексного типа позволит:

– **отделу сбыта решить следующие задачи:**

- анализ рынка на момент спроса и предложения, привлечение новых клиентов (маркетинг), заключение постоянных партнерских отношений с клиентами, документация и логистика, решение конфликтных ситуаций;

– **отделу снабжения решить следующие задачи:**

- поиск поставщиков, быстрая закрываемость всех актуальных заявок, выгодные условия сотрудничества из-за дилерских скидок, подбор оборудования по техническим характеристикам, подбор более дешевых аналогов и аналогов из наличия, назначение личных менеджеров, которые ответят на все вопросы, подбор и расчет логистики, работа с документацией

Список литературы

1. Наумов В.Н., Скоробогатова Е.М. Взаимодействие рыночных бизнес-субъектов при реализации технически сложных товаров // Индустриальный и B2B маркетинг. – 2009. – № 2. – С. 160–170.

2. Наумов В.Н. Управление взаимодействием в системе сбыта. Теория, методология, стратегия. – М.: Политехника-сервис, 2011 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.marketing.spb.ru/lib-mm/sales/distribution_system.htm#p2 (дата обращения: 22.02.2020).

3. Маркетинг по нотам: практический курс на российских примерах / под общ. ред. Л.А. Данченко. – М.: Маркет ДС Корпорейшн, 2006. – 30 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.>

marketing.spb.ru/lib-mm/sales/distribution_technologies.htm (дата обращения: 22.02.2020).

Об авторах

Кожухарь Ольга Витальевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технологии материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kozhuhar_olga@mail.ru.

Селезнева Алевтина Владимировна – старший преподаватель кафедры «Сварочное производство, метрология и технологии материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: seleznevaalya@mail.ru.

**С.А. Мельников, А.А. Ширяев,
А.С. Нуртдинов, А.А. Бакунова, А. Шилова**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Предложена технология промывки и обезжиривания деталей с применением моющих растворов на водной основе марок Ardrox. Проведено исследование по влиянию температуры воды, концентрации ПАВ и времени отмывки на степень очистки поверхности образцов от различных загрязнителей.

Ключевые слова: промывка, сталь 12Х2Н4А-Ш, обезжиривание, нефрас, ПАВ, шестерни, загрязнение.

**S.A. Melnikov, A.A. Shiryaev,
A.S. Nurtadinov, A.A. Bakunova, A. Shilova**

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY OF WASHING OF PARTS ON THE BASIS OF APPLICATION OF WASHING SOLUTIONS ON A WATER BASIS

The technology of washing and degreasing parts with the use of water-based detergent solutions brands Ardrox. A study was conducted on the effect of water temperature, surfactant concentration and washing time on the degree of surface cleaning of samples from various pollutants.

Keywords: washing, steel 12KH2N4A-SH, degreasing, nefras, surfactant, gears, pollution.

Способы очистки деталей машиностроения постоянно совершенствуются. Немаловажным фактором применения различных технологий и моющих растворов является обеспечение безопасности работы персонала и защита окружающей среды от негативного воздействия химически активных чистящих средств и загрязнителей.

Актуальность проблемы

В технологии машиностроения при обработке, хранении и транспортировке металлических деталей применяются различные масла, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), эмульсии и ал-

мазные пасты, которые остаются на поверхностях деталей и препятствуют их дальнейшей обработке и эксплуатации. В связи с этим, а также в связи с усилением требований экологической безопасности, уделяется особое внимание подбору оборудования и материалов для очистки металлических поверхностей.

На результат очистки оказывают влияние такие факторы, как вид перемешивания жидкости, обусловленный применяемым оборудованием, а также химическая активность применяемой жидкости и параметры процесса очистки, которые подбираются в зависимости от типа загрязнений и конструктивных особенностей изделия [1]. Зачастую решающую роль в процессе отмывки играет выбор и применение промывочной жидкости.

Применяемые в настоящее время чистящие и моющие композиции имеют различные механизмы очистки и защиты поверхностей металлов. Обезжиривающие составы растворяют или расщепляют жиры, а антикоррозионные составы, как, например, моющее средство, описанное в патенте [2], образуют защитные пленки или химически модифицируют поверхность металлов и сплавов с образованием устойчивых к коррозии соединений.

Технологии, которые применяются на АО «Редуктор-ПМ», не являются передовыми и требуют совершенствования. В частности, применение бензина (нефраса), несмотря на обеспечение качественной отмывки, является довольно опасным из-за негативного воздействия на организм и возможности неконтролируемого воспламенения. Ввиду этого актуальной является задача замены текущей технологии отмывки на более экологически безопасную без уменьшения качества отмывки деталей.

Методика проведения исследования

Первичные эксперименты по отмывке загрязнителей моющими составами марки Ardrox проводились в статическом режиме (без перемешивания) в чистом моющем составе, что позволило определить принципиальную возможность удаления загрязнителей.

Для исследования эффективности моющих составов изготовлены образцы 30×40×2 мм из стали 12Х2Н4А-Ш с шероховатостью $Ra = 1,25$.

Образцы предварительно промывали раствором жидкого моющего средства «Золушка», затем пластину вытирали насухо и обезжиривали ацетоном.

На поверхность образцов наносили следующие загрязнители:

- паста полировальная;
- консервационное масло К-17;
- масло MobilMobilmet 423;
- закалочное масло Vasuquench B244, СОЖ-073;

– эмульсия для проведения магнитно-люминесцентного контроля (МПК-эмульсия на основе трансформаторного масла и ЛДС ТЕХ-3000 + металлизированный порошок).

Затем пластину опускали в предварительно нагретый до 50 °С моющий агент следующих марок: Ardrox 6333 В, Ardrox 6378 А, Ardrox 6486. По истечении 10 мин моющий агент сливали, образец промывали дистиллированной водой (50 мл), нагретой до 60 °С, сушили на воздухе при комнатной температуре. После чего проводили сравнение с другим чистым образцом.

Качество обезжиривания металлических поверхностей перед окрашиванием контролируется визуально при дневном или искусственном освещении. Подготовленную поверхность протирали чистой ветошью. Степень обезжиривания определяли по наличию или отсутствию на поверхности следов пыли и жировых загрязнений.

Результаты

Полученные результаты по оценке эффективности моющих составов марки Ardrox для отмывки различных загрязнителей представлены в табл. 1–3.

Моющий состав Ardrox 6486 не отмывает все исследуемые загрязнители, кроме эмульсии МПК.

Из моющих составов марки Ardrox наиболее эффективным является Ardrox 6378 А.

Исследование оптимального режима по отмывке загрязнителей моющим средством Ardrox 6378 А

Исследование влияния концентрации отмывочных растворов (5, 10, 15 %), температуры (25, 37, 50, 65 °С) и длительности отмывки (5, 10, 40 мин) проводили с использованием указанных за-

грязнителей и средством марки Ardrox 6378 А. Отмывка проводилась в статическом режиме, без перемешивания.

Методика проведения эксперимента аналогична предыдущей работе.

Проведение отмывки при температуре 25 °С показало, что средство Ardrox 6378 А не способно очистить поверхность образцов от консервационного масла К-17 и полировальной пасты даже при длительности отмывки 40 мин.

Начальная концентрация Ardrox 6378 А, при которой моющий состав способен удалять загрязнители при температуре 37 °С, начинается с 5 об. %, однако при этих условиях остаются отдельные масляные пятна консервационного масла К-17. В то же время отмывка полировальной пасты от масляной основы при указанных параметрах проходит полностью, но статический режим не позволяет полностью удалить нерастворимый абразивный наполнитель, что выявляется при вытирании фильтровальной бумагой (тест на чистоту).

Увеличение концентрации Ardrox 6378 А до 10 и 15 % позволяет очистить поверхность в статическом режиме как от консервационного масла К-17, так и от полировальной пасты.

При увеличении температуры до 65 °С средство Ardrox 6378 А способно полностью очистить поверхность от всех загрязнителей.

Выводы

1. Из моющих растворов марки Ardrox наиболее эффективный Ardrox 6378 А.

2. Проведение отмывки при температуре 25 °С при любой концентрации раствора показало, что средство Ardrox 6378 А не способно очистить поверхность образцов от консервационного масла К-17 и полировальной пасты даже при длительности отмывки 40 мин.

3. Загрязнители полностью отмываются при температуре 37 °С при следующих режимах: 1) консервационное масло – концентрация 10 % и длительность 10 мин; 2) полировальная паста – концентрация 10 % и длительность 40 мин.

4. Повышение температуры растворов Ardrox 6378 А до 50 и 65 °С позволяет полностью отмыть образцы от исследуемых загрязнителей за время обработки 10 мин с концентрацией 10–15 % в статическом режиме.

Список литературы

1. Савельев А.В., Кустов А.Е., Чернов О.И. Технологии промышленной очистки. Техническое пособие. – М.: Научно-техническая компания Солтек, 2014. – 75 с.

2. Pat. CN № 104818495 (A), 05.08.2015. Metal surface cleaning agent // XU MAOHANG.

Об авторах

Мельников Сергей Алексеевич – ведущий инженер Центра высокотехнологичных машиностроительных производств ПНИПУ, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sergey.melnikov.pnrpu@gmail.com.

Ширяев Алексей Александрович – ассистент кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alex_sh_23-1@mail.ru.

Нуртдинов Антон Сергеевич – заведующий лабораторией кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: anton.nurtdinov@gmail.com.

Бакунова Антонина Алексеевна – магистрант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: antonina.alexeevna@gmail.com.

Шилова Анастасия – магистрант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: shilova342@mail.ru.

И.В. Ситников, И.П. Овчинников, Г.Л. Пермяков

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ РАЗРЕЖЕНИЯ
НА КАЧЕСТВО ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ
СВАРКЕ В КОНТРОЛИРУЕМОЙ АТМОСФЕРЕ**

Дана оценка влияния степени разрежения контролируемой атмосферы на качество защиты металла шва и околошовной зоны при дуговой сварке. Представлены подобранные режимы сварки и полученные на них сварные проходы. Описано изменение качества защиты шва при повышении давления контролируемой атмосферы от 200 до 1000 мбар.

Ключевые слова: дуговая сварка, контролируемая атмосфера, степень разрежения.

I.V. Sitnikov, I.P. Ovchinnikov, G.L. Permyakov

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DEGREE
OF EMPLOYMENT ON THE QUALITY OF PROTECTION
OF METAL IN ARC WELDING IN A CONTROLLED ATMOSPHERE**

The influence of the degree of rarefaction of the controlled atmosphere on the quality of protection of the weld metal and the heat-affected zone during arc welding is assessed. Selected welding modes and the welded passages obtained on them are presented. The change in the quality of the weld protection with increasing pressure of the controlled atmosphere from 200 to 1000 mbar is described.

Keywords: arc welding, controlled atmosphere, vacuum degree.

На текущий момент аэрокосмическая отрасль и другие наукоемкие отрасли машиностроения немислимы без применения тугоплавких, жаропрочных, жаростойких и коррозионно-стойких металлов и их сплавов, без которых на сегодняшний день не обходится ни одно производство любой авиационной и космической техники. Нагрев и плавление этих материалов на воздухе практически невозможны, главным образом из-за их высокой химической активности и склонности к газонасыщению, обусловленной высоким сродством к атмосферным газам. Для устранения вредного действия воздушной атмосферы при нагреве и плавлении химически активных металлов и сплавов применяют различные способы защиты [1–3].

Одним из способов защиты является применение защитных микрокамер, в которых производится защита не только ванны расплавленного металла, но и большей части металла околошовной зоны, нагретого до высоких температур. Главным преимуществом такой камеры является создание защитной атмосферы с минимальным содержанием кислорода и азота, как следствие обеспечение более стабильных механических характеристик сварного соединения. В камерах с контролируемой атмосферой можно сваривать плавящимся и неплавящимся электродами вручную или же автоматически [4].

В данной работе проведена оценка влияния степени разрежения контролируемой атмосферы на качество защиты металла при дуговой сварке, были выполнены сварочные проходы (без применения присадочного материала) на пластинах толщиной 3 мм из стали 12X18H10T (аналоги AISI 304, AISI 316, AISI 321) в защитной атмосфере при различных значениях остаточного давления.

Для этого выполнялось вакуумирование камеры объемом $\sim 1 \text{ м}^3$ с последующим заполнением аргоном высшего сорта по ГОСТ 10157–79 (99,993 %) до достижения остаточного давления в 1000 мбар с шагом 100 мбар. В качестве источника питания для сварки использовался инвертор FLAMA TIG 200E AC/DC PULSE. Параметры режима сварки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры режима сварки

Ток дуги, А	Скорость сварки, мм/с	Дуговой промежуток, мм	Используемый электрод	Диаметр электрода, мм
80	7,5	3	WL-20	3,2

При остаточном давлении в 100 мбар не удалось инициировать процесс сварки. Полученные результаты сварки представлены в табл. 2.

Из полученных результатов эксперимента видно, что при повышении давления защитного газа в камере и выравнивании его с атмосферным наблюдается улучшение качества защиты металла. Так, при давлении в 200 мбар на поверхности воздействия сварочной дуги наблюдается большое количество окисных пленок и нагара в районе зоны термического влияния.

После повышения давления до 400 мбар качество защиты улучшается, об этом можно судить по уменьшению нагара в околошовной зоне, он практически отсутствует. Поверхность шва менее загрязнена, однако также имеет желтый оттенок, свидетельствующий о неудовлетворительной защите металла.

Таблица 2

Результаты сварки

Номер образца	Внешний вид	Давление в камере, мбар
1		200
2		300
3		400
4		500
5		600
6		700
7		800
8		900
9		1000

При давлении в 800 мбар степень защиты улучшается, на поверхности шва полностью отсутствуют оксидные пленки, но металл околошовной зоны все еще испытывает нехватку защиты, об этом свидетельствует тонкая полоса нагара вдоль шва.

После выравнивания давления камеры с атмосферным (1000 мбар) защита металла становится удовлетворительной, однако в зоне нагрева металла до высоких температур присутствует небольшой нагар. Это связано с тем, что при наличии даже небольшой примеси атмосферного газа в аргоне существенно снижается степень защиты, во избежание чего можно использовать дополнительную очистку аргона, напускаемого в камеру.

В результате проведенных работ выявлено влияние степени разрежения контролируемой атмосферы на качество защиты металла шва и околошовной зоны. При увеличении давления контролируемой атмосферы качество защиты улучшается. При значениях остаточного давления контролируемой атмосферы, близких к атмосферному, качество защиты металла шва и околошовной зоны удовлетворительное.

Данное исследование было поддержано Правительством Пермского края в рамках исследовательского проекта № С-26/795 от 21 декабря 2017 г., грант Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ № 18-08-01016 А.

Список литературы

1. Зубков Л.Б. Космический металл: (Все о титане). – М.: Наука, 1987. – 128 с. – (Серия. Наука и технический прогресс).
2. Савицкий Е.М., Клячко В.С. Металлы космической эры. – 2-е изд, доп. – М.: Металлургия, 1978. – 120 с.
3. Неровный В.М., Ямпольский В.М. Сварочные дуговые процессы в вакууме. – М.: Машиностроение, 2002. – 274 с.
4. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А. Специальные методы сварки: учеб. пособие для студ. вузов. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с.

Об авторах

Ситников Илья Владимирович – аспирант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов»,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: stu459@mail.ru.

Овчинников Иван Петрович – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: owhinnikov1@yandex.ru.

Пермяков Глеб Львович – кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: gleb.permyakov@yandex.ru.

Э.Р. Рахматулин, М.Ф. Карташов, Е.С. Саломатова

ПРОРЫВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОЕ АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Приведен литературный обзор аддитивного производства с использованием проволоки. Проволочно-аддитивное производство является новой технологией получения крупногабаритных изделий для машиностроительных, судостроительных и аэрокосмических производств. Была поставлена цель исследования и задачи.

Ключевые слова: проволочно-дуговое аддитивное производство, холодный перенос металла, алюминиевый сплав, микроструктура.

E.R. Rahkmatulin, M.F. Kartashov, E.S. Salomatova

BREAKTHROUGH TECHNOLOGY – WIRE-ARC ADDITIVE MANUFACTURING

This article provides a literature review of additive manufacturing using wire. Additive wire production is a new technology for producing large-sized products for engineering, shipbuilding and aerospace industries. The goal of research and tasks was set.

Keywords: Wire + Arc Additive Manufacturing, Cold Metal Transfer, aluminum alloy, microstructure.

Проволочно-дуговое аддитивное производство (Wire + Arc Additive Manufacturing, WAAM) – это новые технологии, которые рассматриваются как многообещающие претенденты для изготовления сложных трехмерных крупногабаритных изделий, позволяют изготавливать изделия слой за слоем непосредственно из файла трехмерной модели. Проволочно-аддитивное производство является новой технологией получения крупногабаритных изделий для машиностроительных, судостроительных и аэрокосмических производств. Технологии WAAM основаны на процессе проволочно-дуговой многослойной наплавки с подачей присадочного материала – металлической проволоки и с использованием электрического дугового разряда – сварочной дуги – в качестве источника тепла.

При этом может быть реализована как прямая подача проволоки (рис. 1), так и косвенная (рис. 2).

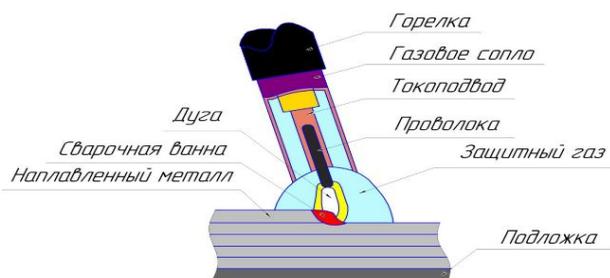


Рис. 1. Схема процесса проволочно-дуговой многослойной наплавки плавящимся электродом

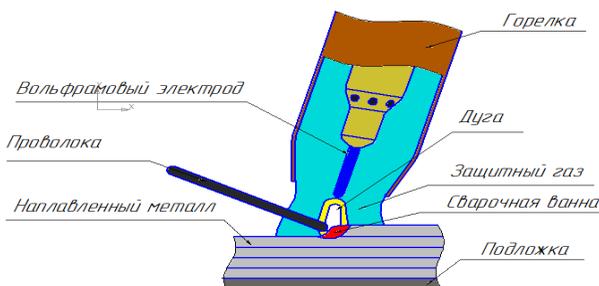


Рис. 2. Схема процесса проволочно-дуговой многослойной наплавки неплавящимся электродом

В процессе WAAM в качестве присадочного материала могут использоваться различные виды металлов и сплавов, которые поддаются сварке, такие как стали, сплавы Al, сплавы Ti и сплавы Ni [1].

Технология WAAM оказалась многообещающей альтернативой для производства крупногабаритных металлических изделий и зарекомендовала себя как экономически эффективная технология для производства легких конструкций в таких отраслях, как аэрокосмическая, где требуется технология изготовления изделий с количеством дефектов, близким к нулю, а также с минимальными величинами припусков под механическую обработку [2].

В литературе известны случаи, когда с помощью процесса WAAM были успешно изготовлены различные изделия, включая

лонжероны из сплава $Ti - 6Al - 4V$ (рис. 3, *a*), винты (рис. 3, *б*) и лопасти пропеллера (рис. 3, *в*, *г*) и множество других изделий для аэрокосмической, судостроительной и прочих отраслей промышленности.

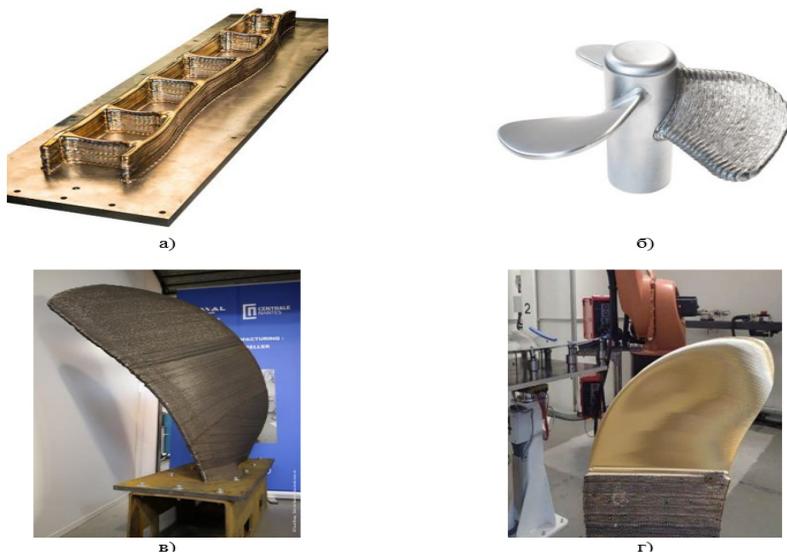


Рис. 3. Крыльчатый лонжерон $Ti - 6Al - 4V$ [4] (*a*); винт, произведенный компанией FIT Prototyping GmbH Germany [3] (*б*) и лопасть для пропеллера, произведенная компанией Naval Group совместно с университетом École centrale de Nantes [4] до (*в*) и после (*г*) механической обработки

В WAAM широко используется процесс СМТ-наплавки. СМТ – это аббревиатура, означающая Cold Metal Transfer (холодный перенос металла), процесс, который позволяет осуществлять «холодный» перенос металла при сварке или пайке. По сравнению с традиционным процессом дуговой сварки в защитных газах, где дуга горит непрерывно, при СМТ-процессе наблюдается значительно меньший ввод тепла в основной металл. Процесс СМТ заключается в следующем: изначально дуга горит между проволокой и изделием (рис. 4, *a*), а проволока подается в сварочную ванну до соприкосновения с подложкой; при первом обнаружении короткого замыкания ток снижается до минимально допустимого значения (рис. 4, *б*), в то же время происходит отрыв капли за счет обратного

перемещения сварочной проволоки (рис. 4, б), а затем возобновляется горение дуги (рис. 4, з).

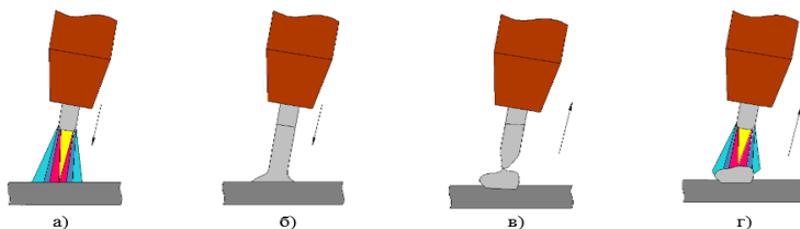


Рис. 4. Основной принцип СМТ-процесса: а – дуга горит между проволокой и изделием; б, в – отрыв капли за счет обратного перемещения сварочной проволоки; з – возобновление горения дуги

Несмотря на то, что применение WAAM в промышленности в последние годы возросло, все еще сталкиваются с некоторыми трудностями при внедрении этой технологии в производство критически важных изделий. Среди этих проблем: пористость, деформации, напряжения, трещины, механические свойства и микроструктура. Дефекты в WAAM могут возникать по разным причинам, таким как плохо запрограммированная стратегия заполнения, нестабильная динамика сварочной ванны из-за плохой настройки параметров, тепловая деформация, связанная с накоплением тепла, влияние окружающей среды (например, загрязнение газом), неисправности оборудования и другие факторы [5].

Проволочно-дуговое аддитивное производство на основе переноса холодного металла (WAAM-СМТ) в последние годы стало распространенной и одной из самых применяемых технологий для производства изделий со сложной геометрией. Однако микроструктура и механические свойства деталей, изготовленных по технологии WAAM-СМТ, в основном недопустимы для инженерного применения и должны быть подвергнуты обязательному улучшению микроструктуры. Микроструктура варьируется в зависимости от различных способов наплавки и режимов дуги (рис. 5) [6].

Проволочно-дуговое аддитивное производство (WAAM) подходит для изготовления крупногабаритных металлических деталей. Однако пористость в наплавленном алюминиевом материале ограничивает применение WAAM для алюминиевых сплавов [8] (рис. 6).

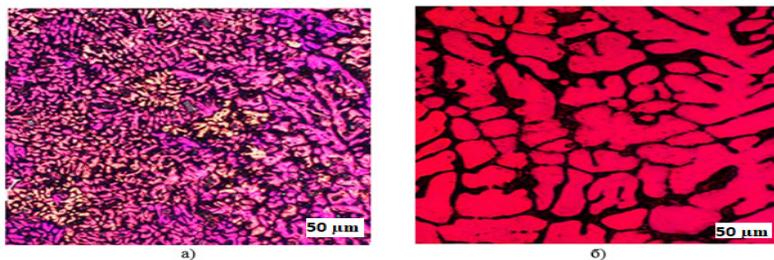


Рис. 5. Микроструктура изделия, полученная при помощи двух процессов: *а* – зернистая структура из наплавленных образцов; *б* – зернистая структура литейного сплава [7]

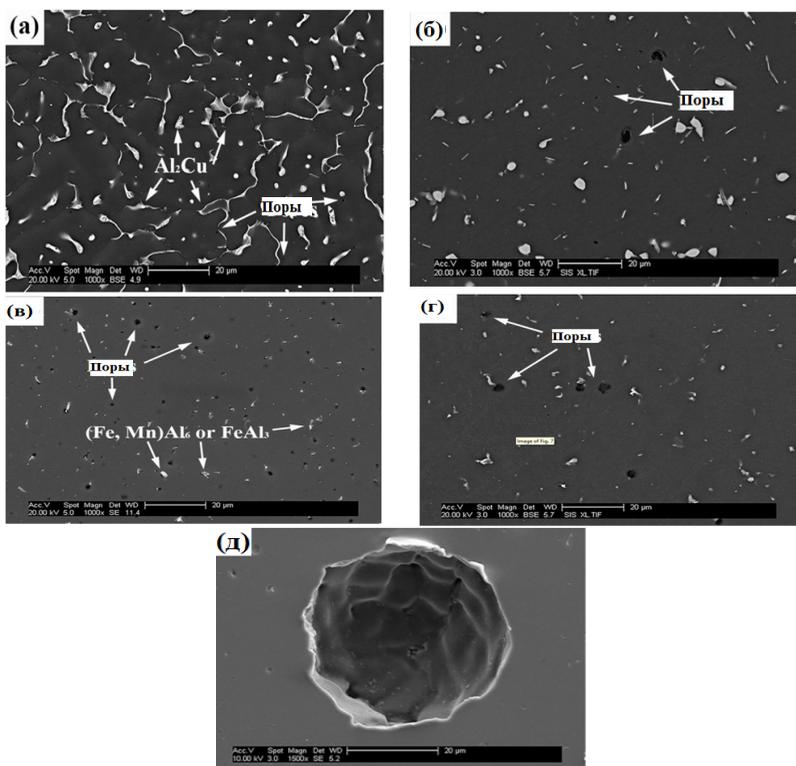


Рис. 6. Электронная микроскопия пористости после наплавки с термообработкой и межслойной проковки при нагрузке 45 кН для алюминиевого сплава 2319 (*а* и *б*) и для алюминиевого сплава 5087 (*в* – *д*) [8]

Проблемы остаточных напряжений имеют огромное значение в проволоочно-дуговом аддитивном производстве (WAAM), что связано со сложной термической обработкой и теплофизическими свойствами наплавляемых материалов. Остаточные напряжения определяются их характерной длиной:

- макронапряжения, изменяющиеся по размерам изделия;
- межзеренные напряжения.

Если эти остаточные напряжения превышают предел текучести материала, происходит пластическая деформация, также остаточные напряжения могут превысить предел прочности при растяжении, и это приведет к разрушению [9] (рис. 7).

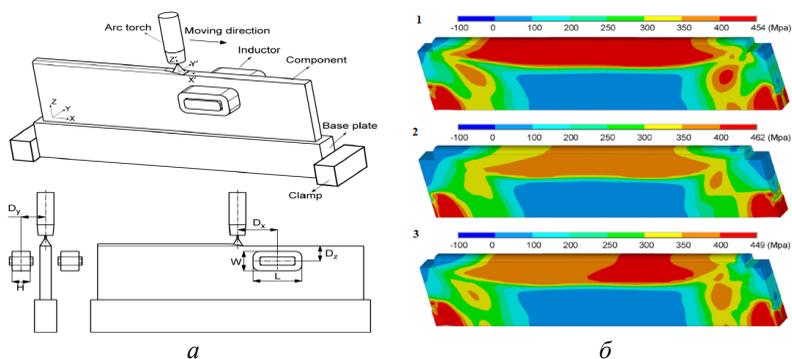


Рис. 7. Постановка эксперимента (а); б – распределение эквивалентного максимального напряжения при охлаждении образца до комнатной температуры после многослойной наплавки при: 1) отсутствии нагрева от индуктора; 2) нагреве индуктором перед наплавкой; 3) нагреве индуктором после наплавки [9]

Учеными были проведены экспериментальные исследования чувствительности к растрескиванию для сплава Al-Cu-Mg, наплавленному с помощью проволоочно-дугового аддитивного производства (WAAM) [11]. Было изучено влияние состава, тепловыделения, механических свойств и микроструктуры на растрескивание для сплава Al-Cu-Mg с целью минимизации трещин во время наплавки (рис. 8) [10].

Механические свойства изделий, изготовленных с помощью проволоочно-дугового аддитивного производства WAAM, во многих случаях сопоставимы с их традиционными обработанными аналогами,

тем не менее существуют некоторые дефекты обработки аддитивного производства, которые необходимо устранить для критически важных применений. Необходимо избегать пористости (рис. 9, а), так как пористость может оказывать вредное влияние на механические свойства, высоких остаточных напряжений и растрескивания (рис. 9, б), особенно для деталей, подверженных воздействию экстремальных условий, где эти дефекты приводят к режимам разрушения, таким как усталость при высокой температуре [11].

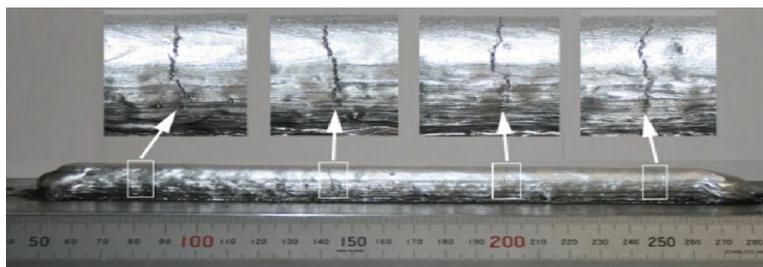


Рис. 8. Макротрещины на образцах стенок WAAM для сплава Al-Cu-Mg [10]

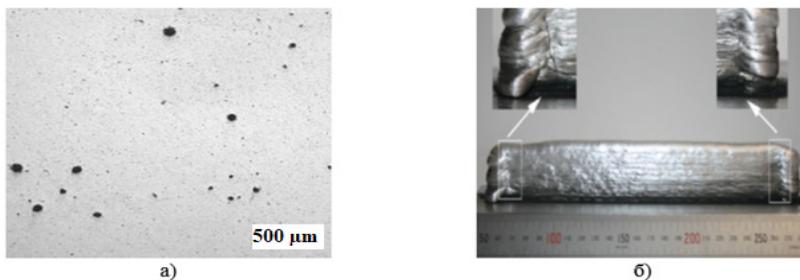


Рис. 9. Изделия из алюминиевых сплавов: а – пористость; б – трещины [10]

Таким образом, необходимо исследовать влияние деформационного воздействия и термообработки на структуру, дефектность и механические свойства изделий из магнийсодержащих алюминиевых сплавов при многослойной наплавке. Для решения поставленной задачи необходимо решить ряд задач. Во-первых, провести экспериментальные работы по наплавке образцов. Во-вторых, исследовать влияние параметров режимов наплавки на формирование валиков.

В-третьих, провести металлографические исследования. В конце систематизировать и проанализировать результаты исследований.

Список литературы

1. Ding J., Martina F., Williams S. Production of large metallic components by additive manufacture – issues and achievements. – 2015.
2. Potential for in-situ solutionisation of wire and arc additive manufactured (WAAM) 2xxx aluminum alloys, Additive manufacturing, calphad, dictra, Solutionisation, Dissolution, Al2Cu / J. Fixter. [et al.]. – 2018.
3. WP-309 3-D Printing for the Marine Industry: сайт. – URL: <https://www.huntingdonfusion.com/index.php/de/technical-support/white-papers-40017/3156-3-d-printing-for-the-marine-industry> (available at: 10 November 2019).
4. Naval Group and Centrale Nantes 3D print first full-scale military propeller blade: сайт. – URL: <https://www.3ders.org/articles/20180625-naval-group-and-centrale-nantes-3d-print-first-full-scale-military-propeller-blade.html> (available at: 11 November 2019).
5. Cold Metal Transfer (CMT) Based Wire and Arc Additive Manufacture (WAAM) System / Xizhang Chena. [et al.] // Cold metal transfer welding wire arc additive manufacture 3D path simulation software forming stability, surface quality. – 2018. – P. 1278–1284.
6. Dr.ir.M.J.M. Hermans, wire and arc additive manufacturing of manganese aluminum bronze. – 2017.
7. Microstructure and mechanical properties of AlSi7Mg0.6 aluminum alloy fabricated by wire and arc additive manufacturing based on cold metal transfer (WAAM-CMT), Wire and arc additive manufacturing; cold metal transfer; AlSi7Mg0.6; microstructure; mechanical properties / Qingfeng Yang [et al.]. – 2019. DOI: 10.3390/ma12162525.
8. The effect of inter-layer cold working and post-deposition heat treatment on porosity in additively manufactured aluminum alloys / J. Gu [et al.] // Journal of materials processing technology. – 2016. – Vol. 230. – C. 26–34.
9. Current status and perspectives on wire and arc additive manufacturing (WAAM), wire and arc additive manufacturing; additive manufacturing; microstructure; mechanical properties; applications / Tiago A. Rodrigues. [et al.]. – 2019.

10. Application of bulk deformation methods for microstructural and material property improvement and residual stress and distortion control in additively manufactured components / Paul A. Colegrove. [et al.] // *Titanium, Additive Manufacture, Microstructure, Residual Stress, Distortion*. – 2017. – Vol. 135. – P. 111–118.

11. Design and Parameter Identification of Wire and Arc Additively Manufactured (WAAM) Steel Bars for Use in Construction, additive manufacturing; construction; WAAM; welding; steel; ESPI; design / Johanna Muller [et al.]. – 2019. DOI:10.3390/met9070725

Об авторах

Рахматулин Эльдар Робертович – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: eldar_rakhmatulin@mail.ru.

Карташов Максим Федорович – аспирант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: goncharsk@mail.ru.

Саломатова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: weld-katy@mail.ru.

Е.В. Журавлева, А.Ю. Душина

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА «РАЗРАБОТКА
И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»
НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Рассмотрен анализ полученных сведений о функционировании системы менеджмента качества машиностроительного предприятия на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Разработаны корректирующие действия по процессу с наибольшим количеством несоответствий «разработка и внедрение технологического обеспечения».

Ключевые слова: внутренний аудит, система менеджмента качества, технологическая документация, оптимизация процесса.

E.V. Zhuravleva, A.Y. Dushina

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF "DEVELOPMENT
AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL SUPPORT"
AT A MACHINE- BUILDING ENTERPRISE**

The paper look at the analysis of the information received about the functioning of the quality management system of a machine-building enterprise in accordance with GOST R ISO 9001. Corrective actions for the process with the largest number of nonconformities "development and implementation of technological support" have been developed.

Keywords: internal audit, quality management system, technological documentation, process optimization.

Одним из показателей конкурентоспособности продукции является демонстрация высокого обеспечения качества товара или услуг на всех этапах разработки и изготовления, независимо от возникающих внешних и внутренних факторов. Подтвердить этот показатель организация может, получив сертификат ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Система менеджмента качества. Требования» [2].

Для потенциальных клиентов наличие сертификата ГОСТ Р ИСО 9001–2015 может являться не только гарантом качества продукции, но и фактором, способствующим формированию положительного мнения о предприятии на рынке продукции.

Для получения информации о том, что система менеджмента качества (СМК) результативно функционирует, соответствует собственным требованиям и требованиям раздела 9.2 ГОСТ Р ИСО 9001–2015, организация должна проводить внутренние аудиты. Также Организации необходимо в установленные сроки проводить анализ документированной информации, в том числе информации о проведенном внутреннем аудите, согласно требованию раздела 9.2 [1].

Подобный анализ был проведен на машиностроительном предприятии, осуществляющем деятельность по производству авиационной продукции и газотурбинных установок. На предприятии внедрена и функционирует система менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001–2015 и по итогам ресертификационного аудита в январе 2019 г. получен сертификат соответствия.

Для постоянного мониторинга, анализа и дальнейшего развития СМК ежегодно вводится в действие годовая программа проведения комплексных внутренних аудитов СМК, в которой отражается: проверяемые внешние и внутренние требования нормативной документации, объект и период проведения аудита. Комплексный аудит СМК включает в себя проверку процессов, необходимых для результативного функционирования подразделения. В зависимости от функций может применяться часть процессов. В соответствии с графиком программы первое полугодие отводится на проведение аудитов в производственных подразделениях, второе полугодие – в отделах [1].

Ежемесячно сотрудниками отдела внутреннего аудита проводится анализ аудитов по выявленным несоответствиям, которые распределяются по процессам и сопоставляются с результатами аудитов за прошлый год.

При анализе несоответствий, выявленных в производственных подразделениях в период с 1 марта по 31 октября 2019 г., получено, что наибольшее количество несоответствий идет по 3 процессам из 7 (рисунок):

- разработка и внедрение технологического обеспечения - 45,7 %;
- управление документированной информацией – 17,4 %;
- эксплуатация и ремонт оборудования – 8,9 %.

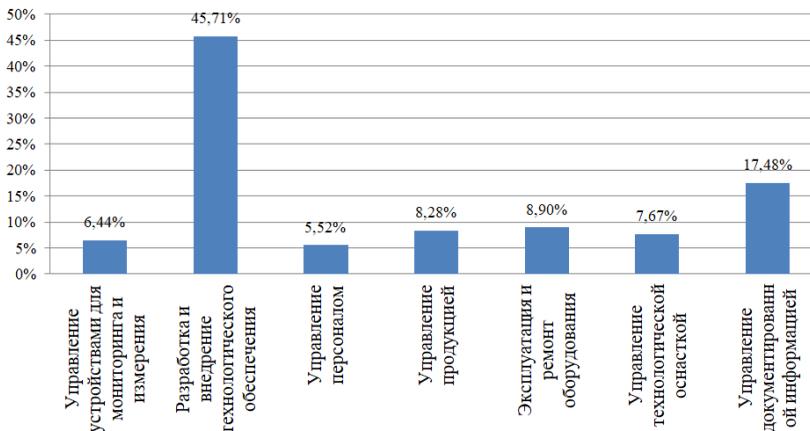


Рис. Анализ несоответствий за период с 1 марта по 31 октября 2019 г.

Значения по остальным процессам не превышают 8,5 %. При сравнении показателей с 2018 г. идет значительное увеличение количества выявленных несоответствий по процессу «разработка и внедрение технологического обеспечения».

Как видно из диаграммы, процесс «разработка и внедрение технологического обеспечения» имеет наибольшее количество несоответствий, поэтому необходимо предпринять действия для снижения количества несоответствий по данному процессу. Чтобы процесс был результативен и эффективен, принято решение о необходимости оптимизации процесса «разработка и внедрение технологического обеспечения» на машиностроительном предприятии. Основной целью оптимизации будет разработка корректирующих действий для процесса и подтверждение их результативности.

Поставлено несколько задач для выполнения поставленной цели. В соответствии с целями проведено распределение несоответствий на категории и подкатегории:

1. Несоблюдение установленных предприятием требований по технологической документации:

1.1. Не соблюдена процедура внедрения технологической документации.

1.2. Не проведена актуализация технологической документации.

1.3. Неверное оформление технологической документации.

2. Ошибки, осуществляемые технологами:

2.1. Ошибки при работе с конструкторскими данными при разработке технологической документации.

2.2. Ошибки при работе с разработанной технологической документацией.

Чтобы определить момент появления несоответствий, а также причины появления, проведен комплексный аудит у руководителя процесса. По итогам аудита определено, что в производственных подразделениях процедура авторского контроля технологической документации проводится формально. Направленные руководителю процесса отчеты о проведенном контроле анализируются не полностью. Поскольку нечетко заданы требования к оформлению, отчеты направляют в виде неструктурированного текста. Процедура авторского контроля предусмотрена для своевременного выявления и устранения ошибок в технологической документации, а также снижения потенциального риска изготовления бракованной продукции. На основании полученной информации сделано заключение о том, что процедура является недоработанной и вследствие этого нерезультативной. Также при комплексном аудите выявлено, что при смене специалистов, закрепленных за определенными существующими технологиями, новые специалисты не могут пояснить специфику всех операций и выполняемых переходов при изготовлении деталей, поскольку не являются разработчиками технологий.

Для установления причин возникновения несоответствий 1 и 2 категории выполнено построение диаграммы Исикавы и построена карта потока создания ценностей при разработке технологической документации. По полученным сведениям предложено следующее:

1. Создать новую процедуру разработки технологической документации, которая будет исключать появление несоответствий подкатегорий 1.1, 1.2.

2. Создание чек-листа с указанием основных требований по оформлению документации специалистам, работающим с технологической документацией, для устранения несоответствий по подкатегории 1.3.

3. Провести опытную разработку технологической документации по новой процедуре и внедрить чек-лист с основными требованиями по оформлению документации в производственном под-

разделении с наибольшим количеством несоответствий по процессу «разработка и внедрение технологического обеспечения».

4. Разработка методики, содержащей в себе требования и принципы нескольких систем менеджмента. Методика будет содержать требования к работе специалистов и информацию по повышению компетентности специалистов.

На данный момент проводится опытная разработка технологической документации и применение чек-листа в одном из отделов предприятия, по окончании разработки будет подведен итог об эффективности разработанной процедуры и чек-листа. В дальнейшем планируется разработка методики по нескольким системам менеджмента качества, включая систему менеджмента Хаббарда [4].

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]: (утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1391-ст) // Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_194941/ (дата обращения: 08.03.2020).

2. Мокроносов А.Г., Маврина И.Н. Конкуренция и конкурентоспособность: учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та, 2014. – 194 с.

3. Гиссин В.И. Управление качеством продукции: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 254 с.

Об авторах

Журавлева Екатерина Васильевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов» Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kat4508@yandex.ru.

Душина Алена Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов» Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alenadushina@yandex.ru.

П.А. Демидова, В.Ф. Макаров, М.В. Песин

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПРИ ОБКАТЫВАНИИ РОЛИКОМ**

Рассмотрено использование математического моделирования контактного взаимодействия деформирующего ролика с резьбой буровой трубы. Показана возможность интегрирования результатов численного эксперимента в технологический процесс изготовления деталей бурового оборудования, что значительно сократит время на разработку нового изделия и уменьшит расходы на подготовку производства.

Ключевые слова: резьба, упрочнение, буровая труба, обкатывание роликами, математическое моделирование.

P.A. Demidova, V.F. Makarov, M.V. Pesin

**THE MATHEMATICAL SIMULATION OF THE STRESS-STRAINED
STATE COMPLEX SURFACE DEEPROLLING**

The article discusses the use of mathematical modeling of the contact interaction of a deforming roller with a drill pipe thread. The possibility of integrating the results of a numerical experiment in the technological process of manufacturing parts of drilling equipment is shown, which significantly reduced the time to develop a new product and reduced the cost of preparing the production.

Keywords: thread, hardening, drill pipe, deeprolling, mathematical modeling.

Повышение надежности нефтепромыслового и бурового оборудования неотъемлемо связано с обеспечением повышения прочности резьбовых соединений нефтепромыслового и бурового оборудования. Данная проблема в настоящее время преимущественно решается путем повышения сопротивления усталости резьбы. Наиболее эффективным методом расчета напряжений и деформаций является конечно-элементное моделирование контактного взаимодействия деформирующего ролика с резьбой, позволяющее рассчитать величину и характер распределения остаточных напряжений в резьбе при поверхностном пластическом деформировании (ППД) [1–3].

Одним из распространенных методов поверхностного упрочнения резьбы является обкатывание роликом. Данный метод

способствует повышению микротвердости резьбовой поверхности, повышению герметичности соединения, устранению явлений схватывания и задиrow, не требует значительных затрат [4, 5].

Обработка дробью также является одним из часто используемых методов упрочнения поверхностного слоя деталей. Эффект, достигаемый при дробеструйной обработке, обеспечивается за счет создания в поверхностном слое детали сжимающих остаточных напряжений, однородной структуры металла и специфической микрогеометрии, свойственной всем методам обработки гибкой рабочей средой.

Несмотря на широкое распространение методов обработки поверхностного слоя деталей, имеющиеся результаты, полученные многочисленными исследованиями, носят эмпирический характер. Нет сведений по выбору технологических режимов применительно к процессу достижения заданных параметров поверхностного слоя, практически не изучено влияние механических свойств материала.

В связи со сложившейся ситуацией применение методов математического моделирования является актуальной задачей. Математическое моделирование позволит производить расчеты параметров упрочняющей обработки резьбы. Модели дают возможность на этапе проектирования определить технологические параметры обработки впадины резьбы, эффективность обработки, величины остаточных напряжений и микротвердости.

На сегодняшний день существуют два распространенных во всем мире программных конечно-элементных комплексов – *ANSYS* и *ABAQUS*. Схема разбиения контактных поверхностей ролика и впадины резьбы на элементы представлена на рис. 1.

Это универсальные системы общего назначения, предназначенные как для проведения многоцелевого инженерного многодисциплинарного анализа, так и для научно-исследовательских и учебных целей в самых разных сферах деятельности. Физическая модель и схема статического нагружения резьбы роликом представлены на рис. 2.

На основе использования информационных технологий получены результаты распределения остаточных напряжений после обкатывания замковой резьбы бурильных труб, величина и характер распределения.

Разработка методов математического моделирования упрочнения поверхностного слоя резьбовых соединений является одной из актуальных проблем для предприятий машиностроительной отрасли. Для определения технологических режимов выполнен чис-

ленный эксперимент. Так, решение задачи позволяет определить общие перемещения во впадине резьбы при расчетной нагрузке, прилагаемой к профильному деформирующему ролику.

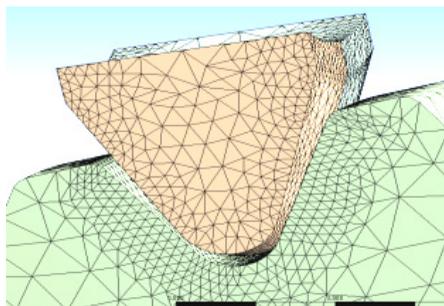


Рис. 1. Схема разбиения контактных поверхностей ролика и впадины резьбы на элементы

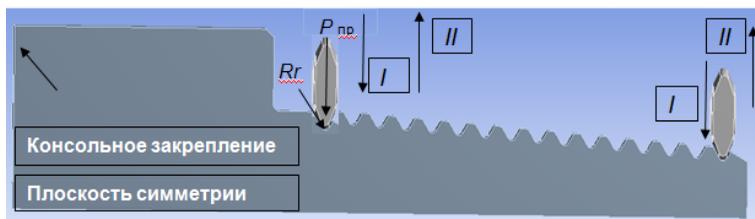


Рис. 2. Физическая модель и схема статического нагружения резьбы роликом: I – вдавливание и II – отвод ролика, $P_{пр}$ – сила прижатия ролика, Rr – радиус профиля ролика

Несмотря на это, недостаточная изученность данной проблемы является препятствием в достижении поставленной цели: повышение долговечности нефтепромыслового оборудования путем моделирования технологических процессов упрочняющей обработки.

Выводы

Обеспечено прогнозирование технологических режимов процесса обкатывания резьбы нефтепромыслового и бурового оборудования.

Численное моделирование поверхностной пластической деформации, интегрированное в технологический процесс изготовления детали с резьбой, позволило сократить время на разработку нового изделия, а также уменьшить расходы на подготовку производства.

Статья подготовлена в рамках освоения курса повышения квалификации преподавателей: «Профессионально-ориентированный английский язык для научно-педагогических работников национального исследовательского университета по направлениям “Машиностроение” и “Технологии материалов”. Авторы выражают благодарность ПНИПУ за прохождение повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

Список литературы

1. Песин М.В. Повышение надежности резьбовых соединений нефтегазовых изделий // Технология машиностроения. – М., 2011. – № 9. – С. 49–50.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / В.Н. Андреев, А.Н. Афонин, В.Ф. Безъязычный [и др.]. – М.: Инновационное машиностроение. – 2018. – Т. 2. – 818 с.
3. Афонин А.Н., Киричек А.В. Резьбонакатывание. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.
4. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints // Russian Engineering Research. – 2012. – Vol. 32, № 2. – P. 210–212.
5. Песин М.В., Ермаков Е.Е., Баева М.А. Повышение долговечности резьбовых соединений технологическими методами // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горно-шахтного и нефтепромыслового оборудования: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Горная и нефтяная электромеханика – 2015», г. Пермь, 12–15 окт. 2015 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 297–303.

Об авторах

Полина Андреевна Демидова – магистрант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

Владимир Федорович Макаров – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: makarovv@pstu.ru.

Михаил Владимирович Песин – доктор технических наук, профессор, и.о. декана механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

А.Н. Маталасов, В.Я. Беленький, Е.С. Саломатова

СВАРКА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (СТАЛЕЙ)

Посвящена созданию технологии сварки ферромагнитных сталей. Предварительно была выполнена подготовка кромок под сварку, были намагничены свариваемые материалы (сталь 09Г2С, 17Г1С) и измерена намагниченность (25–30 А/м). Выполнена сварка образцов с размагничиванием кромок на расстояние 15–20 мм от места сварки. При проведении капиллярной, ультразвуковой дефектоскопии и рентгенографического контроля дефектов сварного шва не было обнаружено.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, отклонение луча, ферромагнитные материалы.

A.N. Matalasov, V.Ya. Belenky, E.S. Salomatova

WELDING OF FERROMAGNETIC MATERIALS (STEELS)

The article is devoted to the creation of technology for welding ferromagnetic steels. The edges were prepared for welding according to Fig. 1, the materials to be welded were magnetized (steel 09G2S, 17G1S), and the magnetization was measured (25-30 A / m). We performed welding of samples with demagnetization of the edges at a distance from the welding site by (15-20 mm). When conducting capillary, ultrasonic flaw detection and X-ray inspection of weld defects were not detected.

Keywords: electron beam welding, beam deflection, ferromagnetic materials.

Использование технологии сварки ферромагнитных сталей позволяет значительно улучшить качество сварного шва, а также значительно уменьшить зону термического влияния. Главным преимуществом ЭЛС магнитных сталей является высокая производительность по сравнению с другими способами сварки. Применение сварки разнородных по составу магнитных материалов между собой увеличивает спектр производимых изделий. Сущность метода заключается в том, что до проведения электронно-лучевой сварки деталей осуществляют размагничивание сварочных кромок путем прохода электронного луча со смещением от стыка деталей на 15–20 мм с каждой стороны стыка для разогрева кромок до температуры рекристаллизации с целью исключения отклонения электронного луча от стыка в процессе сварки с последующей сваркой стыка.

Расстояние на деталях 15–20 мм между стыком и дополнительным проходом для размагничивания является необходимым и достаточным для сохранения видимости стыка, при превышении расстояния размагничивание кромок происходит не полностью, при этом во время сварки происходит отклонение электронного луча.

ЭЛС поясняется следующими рисунками. На рис. 1 представлены свариваемый корпус, на рис. 2 – подготовленные к сборке-сварке свариваемые кромки деталей, на рис. 3 – сварное соединение после сварки деталей.

Технология сварки сталей. Сваривается корпус (см. рис. 1), состоящий из двух обечаек 1 и внутреннего шпангоута 2 из ферромагнитного материала 09Г2С и фланца 3 из ферромагнитного материала 17Г1С (толщина обечаек, фланца и шпангоута 40 мм).

Производится механическая обработка (разделка) свариваемых кромок обечаек 1 и фланца 3 (см. рис. 2). Выполняется сборка корпуса (см. рис. 1). На расстоянии 15 мм с каждой стороны стыка (№ 1 и № 2) выполняется проход по режимам сварки основного стыка для разогрева кромок до температуры рекристаллизации, в результате достигнуто размагничивание кромок. После выполнения данных работ выполнили сварку стыка (№ 1 и № 2). После сварки выполнили замер остаточной намагниченности стыка № 1 и № 2 (после сварки данного корпуса намагниченность составила 0,5–1 А/см).

В результате сварки были получены сварные швы, имеющие качественное формирование лицевой стороны шва. Перед проведением ультразвукового контроля сварных швов с помощью слесарной обработки была выполнена зачистка сварного шва заподлицо к основному металлу. По результатам ультразвукового контроля зафиксировано отсутствие несплавлений, качество сварных швов соответствует I категории ОСТ 92-1114–80.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что данный способ электронно-лучевой сварки, по сравнению с прототипом, позволяет снизить трудоемкость сварки за счет уменьшения количества проходов, повысить качество сварных швов за счет исключения присадочного материала (уменьшение химической неоднородности металла сварного шва), уменьшить затраты на проволоку, исключить потребность в подающем механизме.

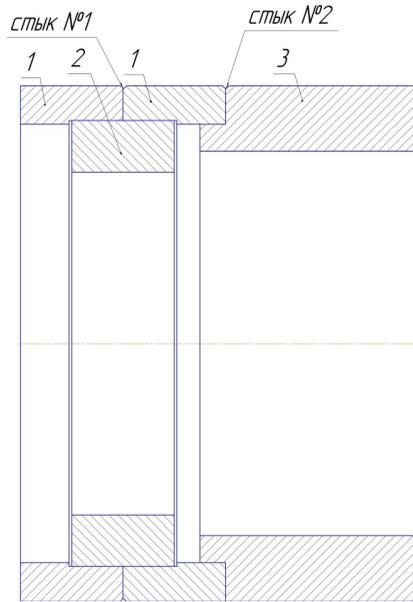


Рис. 1. Сборка корпуса под сварку

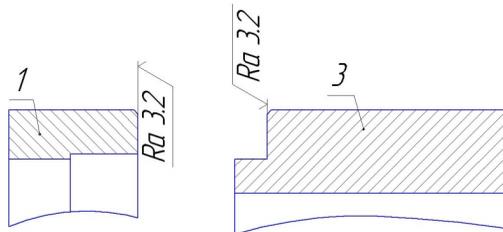


Рис. 2. Механическая обработка кромок

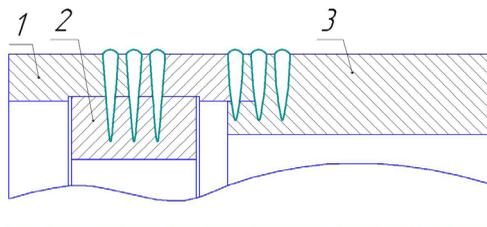


Рис. 3. Корпус после сварки

Список литературы

1. Мишин Д.Д. Магнитные материалы: учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1981. – С. 335.

2. Способ электронно-лучевой сварки ферромагнитных материалов: Патент на изобретение 1779511: МКИ В23 К 15/00 / Фролов И.М., Морочко В.П., Ковбасенко С.Н., Якушин Б.Ф., Кострубатов А.В., Куцан Ю.Г., Новиков А.М., Токарев В.О. – 1987.

3. Способ электронно-лучевой сварки конструкций: Патент на изобретение 2527112: МКИ В23 К 15/00 / Александров Н.В., Бланк Е.Д., Вовченко Н.В., Додон Р.В., Курта С.Н. – 2014.

4. Процесс соединения металлов: Патент на изобретение US4251709: МКИ В23К 15/00 / Schumacher Berthold W. – 1981.

Об авторах

Маталасов Александр Николаевич – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Беленький Владимир Яковлевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladimirlbelenkij@yandex.ru.

Саломатова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: weld-katy@mail.ru.

К.С. Корепанова, В.Ф. Макаров, М.В. Песин

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ОБКАТКОЙ РОЛИКАМИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ**

Рассмотрены технологические методы обработки резьбовой поверхности детали. Выполнены описание и постановка задачи исследования метода упрочнения резьбы обкатыванием. Предложено конечно-элементное моделирование поверхностного пластического деформирования резьбовой поверхности в зоне впадины резьбы.

Ключевые слова: резьба, упрочнение, бурильная труба, обкатывание роликами.

K.S. Korepanova, V.F. Makarov, M.V. Pesin

**THEORETICAL SUBSTANTIATION AND STRENGTHENING
DEEPROLLING APPLICATIONS FOR THE IMPROVEMENT
OF SURFACE QUALITY PARTS**

This paper addresses the problems of contact interaction of the deforming roller with the thread of machine parts is examined. This study investigates how to solve the problem of improvement the technological process of manufacture of the parts. This paper describes of the development of new product.

Keywords: thread, strengthening, complex surface strengthening, deeprolling, mathematical modeling, mechanical stresses concentrator.

Для инновационного развития машиностроительных предприятий неотъемлемым является использование в производстве высоконагруженных деталей упрочняющих технологий. За счет их применения обеспечивается повышение эксплуатационных свойств и уменьшение затрат при использовании продукции предприятия. Так, детали с резьбой нашли применение во многих отраслях машиностроения, а их роль растет в устойчивой работе оборудования [1]. Патрубки и переводники буровых колонн с замковой резьбой представлены на рис. 1.

В результате проведенного теоретического исследования разработана методология, которая состоит из физической и математиче-

ской моделей контактного взаимодействия деформирующего ролика с впадиной резьбы. В результате работы рассчитаны остаточные напряжения и величина пластических деформаций материала стальной детали во впадине резьбы. В ходе полученных расчетов имеется возможность при проектировании высоконагруженной резьбы определить долговечность детали, в последующем при ее изготовлении рассчитать и назначить технологические параметры упрочняющей обработки локальной области впадины резьбы, определить эффективность обработки, обеспечить величину и характер распределения остаточных напряжений и микротвердости.



Рис. 1. Патрубки и переводники бурильных колонн

Данная методология конечно-элементного моделирования рассматривает следующие модели: в статической форме и динамической ее постановке.

Используя статическую математическую модель, можно рассчитать и получить значения и характер распределения остаточных напряжений сжатия материала от действия приложенной к ролику силы прижима P , картину визуализации перемещения профиля впадины обработанной обкатыванием резьбы.

В результате проведенного анализа результатов расчетов математической модели выявили следующее:

- значительного изменения профиля впадины резьбы, величины зазоров между ниппелем и муфтой после выполненного обкатывания впадин резьбы деформирующим роликом не наблюдается;
- обкатывание деформирующими роликами впадин резьбы формирует сжимающие напряжения для различных размеров диаметров резьбы;

– обеспечена возможность прогнозирования величины остаточных напряжений, формируемых силой прижатия ролика P и определенным значением профильного радиуса при его вершине Rr .

В связи с тем, что процесс выполняется при вращении поверхности резьбы и обкатывании ее роликом, который перемещается по впадине резьб, используется динамическая постановка задачи [3, 4].

Так, с целью решения поставленной задачи в теории механики деформируемого твердого тела с помощью конечно-элементного моделирования определены величина и характер распределения остаточных напряжений. С применением пакета современных вычислительных программных комплексов разработана математическая модель технологического процесса упрочнения деталей машин, имеющих резьбу.

Определена величина критической силы прижима деформирующего ролика к обрабатываемой поверхности. Визуализация распределения интенсивности остаточных напряжений показана на рис. 2.

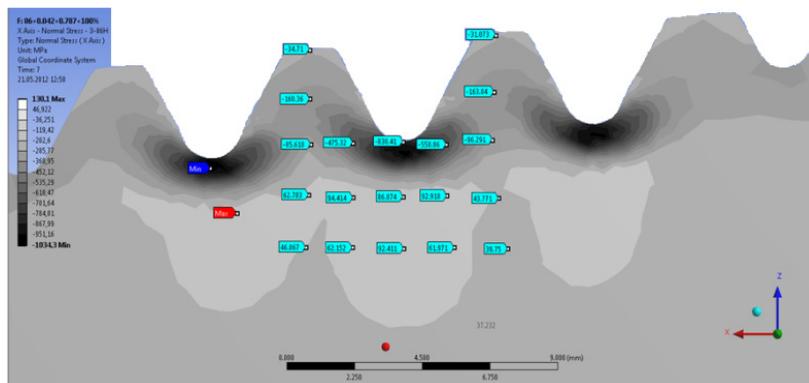


Рис. 2. Визуализация распределения интенсивности остаточных напряжений

Численный эксперимент, направленный на определение остаточных напряжений после обкатывания деформирующим роликом резьбовой поверхности, показал область пластического деформирования, а также величину остаточных напряжений.

Установлено, что область пластического деформирования незначительно больше пятна контакта и распространяется на несколько миллиметров в глубину дна впадины.

Анализ математической модели показал, что в процессе обкатывания резьбы роликом в приповерхностных слоях материала межвитковой впадины резьбы формируются области сжимающих напряжений, что, безусловно, способствует увеличению сопротивления усталости.

Превышение рационального значения величины силы прижима ролика при обкатывании и формируемой величины деформации может привести к перенаклепу поверхности впадины и изменению геометрических параметров резьбы.

Выводы

Выполненные теоретические исследования упрочнения обкатыванием резьб деталей машин показали, что в результате выбранных параметров технологического процесса наблюдается упрочнение материала, повышается микротвердость поверхностного слоя резьбы, формируются области значительных сжимающих напряжений, улучшается шероховатость и изменяется форма впадины резьбы.

Статья подготовлена в рамках освоения курса повышения квалификации преподавателей: «Профессионально-ориентированный английский язык для научно-педагогических работников национального исследовательского университета по направлениям “Машиностроение” и “Технологии материалов”». Авторы выражают благодарность ПНИПУ за прохождение повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

Список литературы

1. Блюменштейн В.Ю., Киричек А.В., Бабичев А.П. Современные конкурентоспособные технологии отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием // Справочник. Инженерный журнал. – 2011. – № 5. – С. 47–52.
2. Афонин А.Н., Мартынов Е.М. Упрочнение крупногабаритных резьб деталей машин горно-металлургического оборудования // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Старый Оскол, 2015. – Т. II. – С. 79–82.

3. Песин М.В. Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы бурильных труб обкатыванием роликом // Экспозиция НефтьГаз. – 2013. – № 5 (30). – С. 68–70.

4. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints. Russian Engineering Research. – 2012. – Vol. 32, no. 2. – P. 210–212.

5. Pesin M.V. Simulation of the technological process of the strengthened treatment of the drill pipes thread // Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering: Int. Conf., UTI TPU, December 11-12, 2014, Yurga, Russia. – Durnten-Zurich: TTP, 2015. – Vol. 770. – P. 476–482.

Об авторах

Корепанова Ксения Сергеевна – магистр кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

Макаров Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: makarovv@pstu.ru.

Песин Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, и.о. декана механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

Е.Ю. Панина, С.Н. Акулова

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ИЗМЕРЕНИЙ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Качество деталей машин и изделий в целом формируется практически на всех этапах жизненного цикла продукции. Особое влияние различных факторов на формирование качества деталей отмечается на этапах производства и контроля. Вопросы повышения качества измерения деталей машин в настоящее время являются достаточно актуальными. Рассмотрены факторы и их влияние на качество измерения.

Ключевые слова: измерение, качество измерений, показатели качества, координатно-измерительная машина, факторы, контроль, производительность.

E.U. Panina, S.N. Akulova

MAIN FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF MEASUREMENTS ON A COORDINATE MEASURING MACHINE

The quality of machine parts and products in General is formed at almost all stages of the product life cycle. Particular influence of various factors on the formation of the quality of parts is noted at the stages of production and control. Issues of improving the quality of measurement of machine parts are currently quite relevant. The paper considers the factors and their influence on the quality of measurement.

Keywords: measurement, measurement quality, quality indicators, coordinate measuring machine, factors, control, performance.

Качество деталей машин и изделий в целом формируется практически на всех этапах жизненного цикла продукции. Особое влияние различных факторов на формирование качества деталей отмечается на этапах производства и контроля. В отличие от качества изделий, качество отдельной детали характеризуется степенью ее соответствия чертежу или другой технической документации, содержащей требования или условия приемки детали. При этом в основном используются следующие показатели качества: точность изготовления, микрогеометрия поверхностей, физико-химическое и физико-механическое состояние материала и др. Под точностью изготовления детали понимается степень соответствия действительных параметров деталей, полученных в результате обработки и

измеренных с допустимой погрешностью, параметрам, заданным нормативно-технической документацией.

Вопросы повышения качества деталей машин в настоящее время являются достаточно актуальными. Для оценки качества деталей необходимо осуществлять контроль на всех этапах производства. При этом может возникнуть проблема контроля точности геометрических параметров деталей, например деталей крупногабаритных, имеющих сложную форму и жесткие допуски отклонений формы и расположения.

На сегодняшний день в машиностроении широко распространено измерение геометрических параметров изделий с помощью координатно-измерительной техники различной конфигурации, производительности и автоматизации. Универсальность использования, гибкость и близкое родство вычислительных моделей для контроля деталей в машиностроении оказали положительное влияние на развитие и распространение координатно-измерительных машин, далее КИМ, в промышленности.

Координатно-измерительные машины (КИМ) представляют собой стационарные машины порталной конструкции, предназначенные для измерений геометрических размеров, отклонения формы и расположения поверхностей элементов средних и крупных деталей сложной формы.

Промышленные измерения должны быть быстрыми, стабильными и точными. Это может быть обеспечено с помощью применения КИМ. Автоматизация процесса измерения геометрических параметров деталей позволяет повысить точность измерений, а оптимизация управляющих программ КИМ позволяет значительно сократить время контроля и повысить эффективность измерительных процессов.

В научной статье [1] рассматривается разработка оптимальной стратегии измерения на КИМ, которая существенно сокращает время измерений с обеспечением необходимого уровня качества контроля. Оптимизация стратегии измерения в итоге может повлиять на сокращение времени изготовления деталей и увеличение производительности КИМ. Под стратегией измерения в данном случае понимается последовательное измерение определенных параметров детали с учетом правильного подбора количества точек.

Положительное влияние оптимальной методики измерения деталей на КИМ может быть значительно снижено из-за влияния

ряда факторов, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на качество измерения с использованием координатно-измерительных машин. Существует ряд факторов, влияющих на качество измерений, в том числе на время измерения и производительность КИМ. К ним относятся факторы воздействия внешней среды, подбор щупов для контроля на КИМ, оптимальное базирование и закрепление деталей на измерительном столе координатно-измерительной машины.

Влияние внешней среды на процесс измерения заключается в возможном воздействии на средство измерения и контролируемую деталь температуры, влажности в помещении, вибрации от внешних и внутренних источников.

Температурное влияние, или влияние коэффициента линейного расширения на размеры возникает при отклонении температуры от стандартной 20 °С, а также при изменении температуры во время измерения и разницы температур детали и средства измерения (КИМ). Влияние вибрации может привести к нарушению настройки измерительных шкал и повлиять на смещение настройки наконечника контактного датчика. Компенсировать влияние окружающей среды на погрешность измерения практически невозможно, поэтому координатно-измерительную машину нужно устанавливать на виброизолирующем фундаменте в специальных помещениях, с возможностью поддержания постоянной температуры, а детали перед измерениями необходимо некоторое время выдержать на машине, чтобы температуры детали и средства измерения выровнялись. Влажность воздуха также влияет на деформации составных частей машины, особенно изготовленных из гранита. К внешним источникам влияния внешней среды следует отнести и неправильную базировку детали на столе [2].

Оптимальный подбор щупов для контроля и измерения деталей на координатно-измерительной машине также оказывает значительное влияние на качество измерения. Как показывает практика, для измерений лучше использовать короткие щупы с минимальным количеством соединений и удлинителей, поскольку точность измерения может также зависеть от величины изгиба или отклонения щупа. При увеличении изгиба или отклонения щупа точность снижается. Использование шариков наибольшего размера позволяет исключить негативное влияние размера шарика на процесс и в конечном итоге на результат измерения. Это объясняется

тем, что при большем размере шарика увеличивается зазор между шариком и стержнем и тем самым снижается вероятность ложных срабатываний, вызванных случайным касанием измеряемой поверхности стержнем. Также шарик большего размера снижает влияние качества обработки поверхности исследуемого компонента на результат измерения [3].

Для правильного базирования и закрепления деталей на измерительном столе КИМ необходимо руководствоваться правилом «6 точек». Данное правило заключается в оптимальном построении системы координат детали. Необходимо также обеспечить соответствие принципов конструкторских баз, которые указаны на чертеже, и измерительных баз, которые используются при контроле детали [4].

Для обеспечения качества процесса измерения детали необходимо также обращать внимание на закрепление детали на столе машины или в приспособлении, а также произвести точную выверку детали или приспособления вдоль осей КИМ.

В массовом производстве появляется необходимость осуществлять 100%-ный контроль деталей на координатно-измерительной машине. Для быстрого и качественного замера лучше всего использовать специальное приспособление, которое обеспечит крепкое и неподвижное закрепление детали, что позволит произвести качественный замер без переустановки детали, в случае ее сдвига с исходного места закрепления. Также наличие приспособления для контроля позволит облегчить или совсем исключить выверку детали вдоль осей машины. При написании управляющей программы появляется возможность привязываться в пространстве машины от приспособления, что позволит при запуске программы не совершать базирование от каждой детали, тем самым это сократит время контроля и повысит производительность КИМ.

Рассмотрев и проанализировав факторы, влияющие на качество измерений, можно сделать вывод, что последний фактор, а именно применение приспособлений, является недостаточно изученным, поэтому разработка и дальнейшее применение универсального приспособления при измерении деталей машин различной конфигурации может значительно сократить время контроля и улучшить качество измерений.

Список литературы

1. Васильева А.А., Абляз Т.Р. Исследование процесса измерения корпусных деталей на координатно-измерительной машине CARL ZEISS CONTURA G2 // MASTER'S JOURNAL. – 2015. – № 1. – С. 54–59.
2. Тигнибидин А.В., Зайнуллина Л.В., Ромащенко В.А. Определение достоверных методик проведения измерений на координатно-измерительных машинах // Динамика систем, механизмов и машин. – 2018. – № 1 (6). – С. 185–191.
3. Сурков И.В., Гузеев В.И., Схиртладзе А.Г. Автоматизированные методы и средства измерений, испытаний и контроля в машиностроении: учеб. пособие / ЮУрГУ. – Челябинск, 2009. – 337 с.
4. Протасьев В.Б. Некоторые аспекты использования координатно-измерительных машин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 11 (2). – С. 391–395.

Об авторах

Панина Екатерина Юрьевна – магистр кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, email: panina-katerina96@mai.ru.

Акулова Светлана Николаевна – старший преподаватель кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: veta-ru@yandex.ru.

И.А. Крутихина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ППД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗЬБЫ

Рассмотрены основные методы упрочнения деталей машин для повышения усталостной прочности резьбового соединения. В качестве оптимального предложен метод поверхностного пластического деформирования для увеличения сопротивления усталости резьбового соединения высоконагруженных изделий.

Ключевые слова: упрочнение, обкатывание резьбы, остаточные напряжения, поверхностное пластическое деформирование.

I.A. Krutikhina, V.F. Makarov, M.V. Pesin

THE ASSESSMENT ANALYSES OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION METHODS FOR DURABILITY OF THREAD INCREASE

The article describes of the basic methods of hardening machine parts to increase the connection thread strength. This study investigates how to increase the resistance to threaded compound fatigue of the highly loaded details. The optimal method of surface plastic deformation is introduced.

Keywords: strengthening, deeprolling thread, mechanical stresses concentrator.

Потребительские требования у заказчиков машиностроительной продукции постоянно растут и требуют от изготовителей проводить соответствующую технологическую подготовку производства, обеспечивающую повышение характеристик товара. Зачастую замена материала детали более прочным приводит к существенному повышению издержек производства. Однако использование технологии упрочнения поверхности детали, испытывающей значительные эксплуатационные нагрузки, позволяет повысить надежность изделия в целом и увеличить конкурентоспособность выпускаемой продукции и машиностроительной компании.

Одним из основных элементов конструкции детали, отвечающим за ее долговечность, является резьба. Поставленная задача, состоящая в упрочнении резьбовых соединений, обеспечивается не-

сколькими путями, а именно: путем химико-термического упрочнения, использования плазмы для обработки ответственной поверхности, ультразвуковой обработки, совмещенной с поверхностным пластическим деформированием, и метода поверхностного пластического деформирования обкатыванием профильным роликом [1–5].

Из рассмотренных конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов наиболее управляемыми являются технологические. Повышение качества замковых резьб бурильных труб обеспечивает большой экономический эффект. Обрыв трубы приводит к возможной потере колонны бурильных труб вместе с телеметрической аппаратурой – это убытки в размере уже более 40 млн руб. Решение задачи повышения сопротивления усталости и долговечности состоит в применении поверхностного пластического деформирования.

На сегодняшний день в машиностроении получили широкое применение следующие способы поверхностного пластического деформирования [2]: алмазное выглаживание, обкатывание шариками, обкатывание роликами, калибрующее накатывание шариками, обработка дробью, раскатывание, деформирующее протягивание, прошивание, калибрование шариками, вибрационное обкатывание.

В технологии изготовления резьб на деталях машин используются такие методы, как химико-термическая обработка покрытия, обдувка шариками, обкатывание. Наиболее рациональный метод обработки предварительно нарезанной резьбы – обкатывание резьбы роликом. По принципу действия эти устройства могут быть механическими, гидравлическими, пневматическими, электромагнитными. Обкатывание резьбы – способ упрочнения поверхности – имеет основные преимущества: расширяет технологические возможности при изготовлении изделий, увеличивает выпуск деталей в единицу времени, обеспечивает возможность упрочнения высоконагруженных резьб, улучшает показатели качества поверхности, повышает экономический эффект от внедрения процесса, увеличивает долговечность соединения и повышает его износостойкость.

В результате проведенных предварительных исследований установлены причины разрушения резьбовых соединений изделий, находящихся в нефтяных скважинах, и рекомендован метод упрочнения деталей обкаткой роликами.

Известно, что растягивающие остаточные напряжения в поверхностном слое уменьшают сопротивление усталости изделий при переменных циклических нагрузках, увеличивают износ при

трении, повышают процессы коррозии. В технологии машиностроения известны случаи разрушения деталей в результате значительных растягивающих остаточных напряжений.

С целью повышения усталостной прочности и долговечности деталей в поверхностных слоях технологическими методами формируют сжимающие остаточные напряжения. Для обеспечения таких напряжений применяют закалку, химическую обработку, а также различного вида поверхностное пластическое деформирование – обкатку роликами, обдувку стальной дробью.

Применение находят методы упрочнения поверхности детали плазмой, основанные на свойстве плазменной струи формировать на сравнительно малом участке обрабатываемой поверхности поток тепловой энергии достаточно высокой плотности, который требуется для нагрева металла детали.

По величине температурного поля, принимаемой за основную физическую характеристику плазмы, имеется возможность определить температуру в зоне обрабатываемой поверхности, исследовать структурное состояние и фазовый состав поверхностного слоя материала в зависимости от скорости нагрева и охлаждения.

Химико-термическая обработка имеет следующие основные преимущества:

- формируется упрочнение поверхностного слоя;
- повышается микротвердость поверхности, подверженной обработке;
- увеличивается коррозионная стойкость обработанной поверхности.

Процесс обработки ультразвуком имеет значительно большую мощность по отношению к технологическому процессу обкатывания. В ходе обработки на поверхность резьбы действует сила с большей амплитудой и высокой частотой, а это, в свою очередь, увеличивает сопротивление усталости. Однако этот метод является существенно затратным.

Статико-импульсная обработка обеспечивает формирование упрочненной структуры поверхностного слоя. Суть ее заключается в создании динамических и статических нагружений деформирующего инструмента на обрабатываемую поверхность. Динамическое воздействие создает напряжения в зоне контакта инструмента и заготовки при сравнительно небольшой величине затраченной энергии, а статическое воздействие способствует эффективной пе-

редаче импульса, создаваемого ударным устройством. Для формирования ударных импульсов при статико-импульсной обработке традиционно используют генераторы ударных импульсов на основе гидравлики или электричества. Данные устройства обеспечивают передачу силового воздействия на деформирующий инструмент с помощью ударной системы, формирующей ударные импульсы, приводящие к пластической деформации материала.

Поверхностно-пластическая деформация является одним из эффективных способов повышения сопротивления усталости резьбовых соединений. Достигается этот эффект путем упрочнения поверхности впадины при оптимальной силе прижатия специального профильного ролика.

Использование поверхностного пластического деформирования приводит к формированию в поверхностном слое рациональных сжимающих остаточных напряжений, что повышает сопротивление усталости и долговечность деталей бурового оборудования.

Выводы

В результате исследовательской работы сделаны следующие выводы:

- метод поверхностной пластической деформации является эффективным технологическим методом, повышающим сопротивление усталости резьбовых соединений;
- метод обкатывания поверхности специальным профильным роликом требует минимальных затрат;
- с использованием метода упрочнения резьбы обкатыванием получен значительный экономический эффект за счет увеличения долговечности резьбовых соединений в 3,7 раза;
- повышена конкурентоспособность изделий путем использования упрочнения высоконагруженных резьб.

Статья подготовлена в рамках освоения курса повышения квалификации преподавателей: «Профессионально-ориентированный английский язык для научно-педагогических работников национального исследовательского университета по направлениям “Машиностроение” и “Технологии материалов”. Авторы выражают благодарность ПНИПУ за прохождение повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

Список литературы

1. Песин М.В. Исследование остаточных напряжений при упрочнении резьбы бурильных труб // Экспозиция НефтьГаз. – 2018. – № 4 (64). – С. 67–69.
2. Повышение усталостной прочности резьбы деталей машиностроения / А.В. Григорьева, Р.А. Туранский, Р.К. Шакиров, М.В. Песин // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2014. – Т. 2. – С. 437–443.
3. Песин М.В. К моделированию обкатки резьбовой поверхности бурильных труб // Академический журнал Западной Сибири. – 2013. – № 4 (47). – С. 27–28.
4. Гетерогенное упрочнение резьб и профилей поверхностным пластическим деформированием / А.Н. Афонин, А.В. Макаров, А.И. Ларин, Е.М. Мартынов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 6. – С. 41.
5. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник: в 2 т. / С.К. Амбросимов, А.Н. Афонин А.П. Бабичев [и др.]; под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2014. – Т. 2. – 444 с.

Об авторах

Крутихина Ирина Антоновна – магистр кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, m.pesin@mail.ru.

Макаров Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, makarovvv@pstu.ru.

Песин Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, и.о. декана механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, m.pesin@mail.ru.

Л.Д. Резина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ**

Рассмотрены методы конечно-элементного моделирования, описывающие величину и характер распределения остаточных напряжений в резьбе при обкатывании ее роликом; численное моделирование поверхностной пластической деформации.

Ключевые слова: резьба, упрочнение, обкатывание роликами, математическое моделирование, концентратор напряжений.

L.D. Rezina, V.F. Makarov, M.V. Pesin

**FINITE-ELEMENT SIMULATION METHOD FOR TECHNOLOGICAL
PARAMETERS CALCULATING OF STRENGTHENED DEEPROLLING**

This paper addresses the problems of the methods of the finite-element simulation, which describe value and nature of the distribution of residual stresses in the thread during the rolling by its roller, are examined. This study investigates how to solve the problem of the numerical simulation of the surface plastic deformation.

Keywords: thread, hardening, deeprolling, mathematical modeling, stress concentrator.

Неотъемлемой частью обеспечения эффективности и безопасности эксплуатации деталей машин является проектирование и изготовление их с повышенными прочностными показателями. Так, повышение долговечности резьбовых соединений является актуальной задачей, стоящей перед машиностроителями. Решение этой проблемы возможно путем использования информационных технологий, а именно, методов МКЭ, позволяющих описать величину и характер распределения остаточных напряжений в резьбе при поверхностном пластическом деформировании (ППД) – обкатывании ее роликом. Численное моделирование ППД, включенное в технологический процесс изготовления резьбы, позволило сократить срок разработки новой техники и уменьшить расходы на подготовку ее производства, тем самым повысить устойчивую эксплуатацию оборудования [1].

В машиностроении используются различные виды соединения деталей, и наиболее востребованным из них является резьбовое. Например, для бурения нефтегазовых скважин используются бурильные трубы, ниппельная и муфтовая части показаны на рис. 1. Активное использование резьбовых соединений в проектировании деталей машин обусловлено следующими достоинствами: универсальностью конструкции резьбы, высокой долговечностью и работоспособностью соединения, незначительными габаритными размерами и малым весом резьбовых элементов, возможностью формировать и принимать значительные нагрузки в осевом направлении, высокой технологичностью и возможностью изготовления с малыми значениями допусков на размеры. В основе отрицательной стороны резьбового соединения лежит тот факт, что, как известно, присутствует существенное изменение диаметра вершины резьбы и ее впадины, а это и есть концентратор напряжений, приводящий к уменьшению сопротивления усталости при работе конструкции при знакопеременной нагрузке, также следует отметить невысокий коэффициент полезного действия подвижных резьбовых соединений [2–5].

Резьбе, как описанному выше концентратору напряжений, уделяется особое внимание специалистов для исследования процесса ее упрочнения. Общеизвестно, что при работе изделия в условиях повышенных нагрузок резьба воспринимает значительные напряжения и не всегда увеличение ее размеров представляется возможным, имеется ограничение по массе и используемому материалу. Следовательно, применение основных технологических методов упрочнения поверхностного слоя резьбы является актуальной задачей, которая решает проблему определения параметров сформированного слоя.

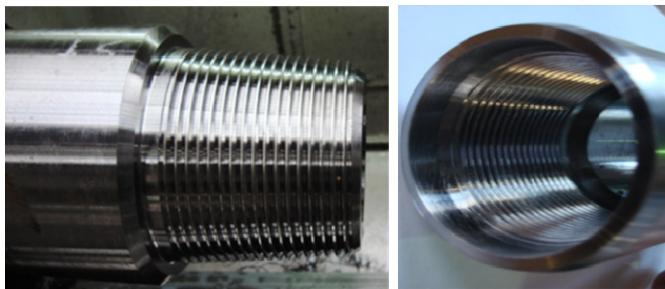


Рис. 1. Ниппельная и муфтовая части бурильных труб

Определение параметров упрочняющей обработки резьбы путем МКЭ-процесса обкатывания является важной задачей на современном этапе развития технологии машиностроения.

При эксплуатации резьбовые соединения подвергаются истиранию, действию ударной и изгибающей нагрузок. В этой связи детали должны обладать износостойкой и твердой поверхностью. Это достигается при помощи применения поверхностного упрочнения, которое имеет ряд основных достоинств, представленных на рис. 2.



Рис. 2. Достоинства поверхностного пластического деформирования

Детали, имеющие резьбу, выполняют путем пластической деформации либо используют лезвийную обработку. В современном машиностроительном производстве используют резьбонакатные станки с плашками круглой или плоской формы с целью получения накатанных резьб.

Дробеструйная обработка как способ упрочнения поверхностного слоя деталей машин заняла достойное место в ряду методов, повышающих эксплуатационные свойства деталей машин. Эффект упрочнения поверхности при дробеструйной обработке обусловлен

формированием в поверхностном слое детали сжимающих остаточных напряжений, при этом в исследованиях многих ученых отмечена однородная структура металла.

Метод поверхностного пластического деформирования является наиболее производительным, и с его помощью выпускают большинство стандартных крепежных деталей, имеющих наружную резьбу. При этом резьба, полученная методом накатывания, в сравнении с нарезанной резцом или гребенкой является более прочной, так как в первом случае не происходит разрезания волокон материала заготовки, а также в обработанной поверхности резьбы сформирован наклеп.

Энергоэффективными и одновременно более простыми в материальном исполнении в условиях серийного производства являются методы пластической деформации. Широкое применение получили такие основные методы упрочнения, как накатка шариками и роликами, дробеструйная обработка, алмазное выглаживание.

Выводы

С использованием МКЭ описаны процессы постановки и решения задачи контактного взаимодействия обкатывающего ролика и резьбовой поверхности.

Определены величина и характер распределения остаточных напряжений в резьбе, сформированных поверхностно-пластическим деформированием на расчетных технологических параметрах.

Использование упрочняющих технологий позволило на этапе проектирования и последующего изготовления изделий с резьбой повысить их устойчивую эксплуатацию в условия повышенных требований.

Статья подготовлена в рамках освоения курса повышения квалификации преподавателей: «Профессионально-ориентированный английский язык для научно-педагогических работников национального исследовательского университета по направлениям “Машиностроение” и “Технологии материалов”». Авторы М.В. Песин и В.Ф. Макаров выражают благодарность ПНИПУ за прохождение повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

Список литературы

1. Песин М.В. К моделированию обкатки резьбовой поверхности бурильных труб // Академический журнал Западной Сибири. – 2013. – № 4 (47). – С. 27–28.
2. Песин М.В. Повышение надежности резьбовых соединений труб // СТИН. – 2011. – № 11. – С. 39–40.
3. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник: в 2 т. / С.К. Амбросимов, А.Н. Афонин, А.П. Бабичев [и др.]; под общ. ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2014. – Т. 2. – 444 с.

Об авторах

Резина Любовь Дмитриевна – магистр кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

Владимир Федорович Макаров – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: makarovv@pstu.ru.

Михаил Владимирович Песин – доктор технических наук, профессор, и.о. декана механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: m.pesin@mail.ru.

Л.Р. Сингатуллина, В.Ф. Макаров, М.В. Песин

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО РОЛИКА ДЛЯ ОБКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБЫ

Рассмотрено влияние методов поверхностного пластического деформирования резьбы, выявлены достоинства упрочняющей обработки; предложено использование метода обкатывания для повышения долговечности изделий нефтегазодобывающей отрасли.

Ключевые слова: резьба, упрочнение, бурильная труба, обкатывание роликами.

L.R. Singatullina, V.F. Makarov, M.V. Pesin

DESIGN FEATURES OF THE DEFORMING INDENTOR FOR DEEPROLING THREAD

This paper addresses the problems of mathematical simulation of contact interaction of the deforming roller with the thread of machine parts is examined. This study investigates how to solve the problem of integrating the results of numerical experiment in the technological process of manufacture of the components of the highly loaded stressed equipment. This paper describes of reduced time by the development of new article and decreased the expenditures for the preparation for production.

Keywords: thread, strengthening, complex surface strengthening, deep-rolling, mathematical modeling, mechanical stresses concentrator.

Для повышения эффективности разработки современных изделий важным является снижение издержек при выполнении их проектирования. Так, перед машиностроителями стоит задача использования инновационных технологий при производстве деталей машин. Как известно, резьбовые соединения получили широкое распространение в машиностроении, и растет их роль в устойчивой работе оборудования [1].

На рис. 1 показано разрушение замковой резьбы бурильных труб в результате циклической нагрузки на специальном испытательном стенде.

К поверхностному слою элементов резьбовых соединений предъявляются повышенные требования для обеспечения заданной

прочности, равномерности нагрузки по виткам и снижения износа витков резьбы. От технологов предприятий машиностроения требуется обеспечить повышение надежности деталей машин технологическими методами обработки без существенного увеличения производственных затрат на единицу выпускаемой продукции. Так, это особенно важно при изготовлении изделий, работающих при значительных нагрузках, близких к допустимым для данного материала. После токарной обработки резьбы на пластинах образуется нагар, характерный для повышенных температур резания. Так, во впадинах под воздействием температуры от 400 до 600 °С сформировались растягивающие напряжения, значительно превышающие значения на боковых поверхностях резьбы. В результате появляется технологический концентратор напряжений, что увеличивает вероятность образования усталостных трещин во впадинах резьбы при знакопеременных нагрузках. Геометрические параметры ролика для обкатывания резьбы показаны на рис. 2.

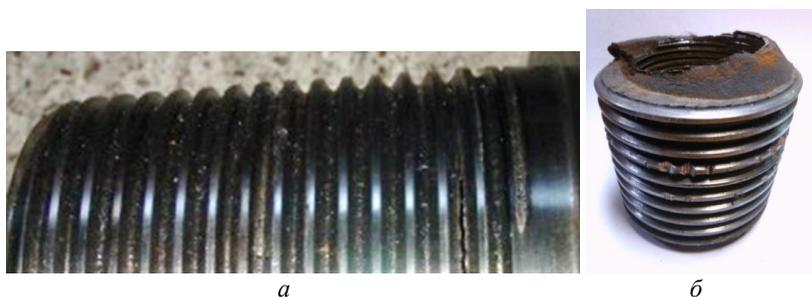


Рис. 1. Разрушение резьбы в результате циклической нагрузки:
a – на стенде; *б* – в реальных условиях

Исследования высоконагруженных резьбовых соединений направлены в основном на повышение их надежности путем применения инновационных технологических процессов, которые можно описать физически и математически, а затем, применив конечно-элементное моделирование (МКЭ), обеспечить управление упрочняющей обработкой резьбы [2–4].

Разработка физических и математических моделей взаимодействия деформирующего ролика с резьбой позволила рассчитать

формируемые остаточные напряжения и пластические деформаций в локальной области впадины резьбы.

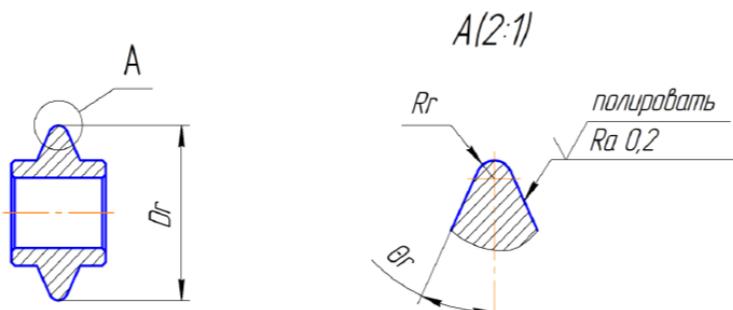


Рис. 2. Геометрические параметры ролика для обкатывания резьбы

Контакт профильного ролика с резьбовой поверхностью можно представить как трехмерную контактную задачу при нестационарном упругом и пластическом деформировании. Переходя к моделированию технологического процесса обкатывания резьбы, следует учесть некоторые допущения, которые упрощают сложные и длительные вычисления:

- в связи с тем, что нагрузки в процессе обработки обкатыванием вызывают только местные, ограниченные определенной областью, локальные пластические деформации во впадине резьбы, следует считать моделируемый объем как область, расположенную во впадине резьбы, ограниченную двумя витками резьбы;

- в этом случае при рассмотрении конической резьбы сделан переход на цилиндрическую поверхность;

- при значительном превышении диаметра резьбы над глубиной ее впадины, а также при наблюдении ограниченной локальной области деформирования можно моделируемый объем перевести с цилиндрической на плоскую поверхность.

Внесенные граничные условия для решения указанной контактной задачи делают ее существенно нелинейной.

В процессе взаимодействия при вдавливании профильного ролика происходит удлинение волокон материала в слоях материала, расположенных во впадине резьбы, и наблюдается пластическая деформация. Далее, после снятия нагрузки внутренние пластически

недеформированные волокна материала стараются сжать другие волокна ставшие более длинными приповерхностные волокна. С целью получения благоприятного распределения остаточных напряжений для повышения сопротивления усталости резьбы выбирают рациональные параметры технологического процесса обкатывания, а именно: профильный радиус деформирующего ролика, материал, шероховатость, профильный угол, силу его прижима.

В результате выполненной работы определена оптимальная величина силы прижима ролика при обкатывании резьбы в зависимости от величины формируемой деформации впадины и величины осевых сжимающих напряжений при упрочняющей обработке.

Разработана оригинальная методика и проведены сравнительные исследования сопротивления усталости образцов труб с упрочнением резьбовых соединений и без упрочнения с целью совершенствования технологического процесса повышения надежности резьб. Определено, что применение технологического процесса обкатывания резьбы специальным профильным роликом на расчетных режимах обеспечивает увеличение числа циклов нагружения по сравнению с необработанной резьбой в 3,7 раза.

Выводы

В процессе обработки детали методом обкатывания деформирующим специальным профильным роликом сформированы рациональные остаточные сжимающие напряжения.

Определен профильный радиус деформирующего ролика, выбран материал ролика, шероховатость рабочей поверхности, величина профильного угла и сила его прижима.

Исследованы технологические режимы, которые увеличили надежность резьбового соединения, повысили сопротивление усталости резьбы и увеличили наработку на отказ в 3,7 раза.

Статья подготовлена в рамках освоения курса повышения квалификации преподавателей: «Профессионально-ориентированный английский язык для научно-педагогических работников национального исследовательского университета по направлениям “Машиностроение” и “Технологии материалов”». Авторы М.В. Песин и В.Ф. Макаров выражают благодарность ПНИПУ за прохо-

ждение повышения квалификации по дополнительному профессиональному образованию.

Список литературы

1. Блюменштейн В.Ю., Киричек А.В., Бабичев А.П. Современные конкурентоспособные технологии отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием // Справочник. Инженерный журнал. – 2011. – № 5. – С. 47–52.
2. Афонин А.Н., Мартынов Е.М. Упрочнение крупногабаритных резб деталей машин горно-металлургического оборудования // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Старый Оскол, 2015. – Т. II. – С. 79–82.
3. Песин М.В. Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы бурильных труб обкатыванием роликом // Экспозиция НефтьГаз. – 2013. – № 5 (30). – С. 68–70.

Об авторах

Сингатуллина Лилия Раисовна – магистр кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, m.pesin@mail.ru.

Макаров Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, makarovv@pstu.ru.

Песин Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, и.о. декана механико-технологического факультета, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, m.pesin@mail.ru.

К.С. Богданов, В.Я. Беленький, Е.С. Саломатова, Т.В. Ольшанская

**ВЛИЯНИЕ ДУГОВЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ ПРИ АДДИТИВНОМ ФОРМИРОВАНИИ
ЗАГOTOВOK ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

Посвящена изменению концентрации легирующих элементов в наплавленных слоях из титановой проволоки типа BT20. При СМТ-наплавке была выращена стенка из титанового сплава BT20. Наплавленная стенка была сформирована из семи последовательных слоев, приготовлены макрошлифы поперечных сечений и проведен анализ химического состава по высоте наплавленной стенки. При рентгенофлуоресцентном анализе было выявлено изменение химического состава по высоте наплавленной стенки.

Ключевые слова: СМТ-наплавка, титановая проволока, рентгенофлуоресцентный анализ, аддитивные технологии, многослойная наплавка, сплав BT20, проволочно-дуговая послойная наплавка, WAAM, дуговая сварка.

K.S. Bogdanov, V.Ya. Belenky, E.S. Salomatova, T.V. Olshanskaya

**INFLUENCE OF ARC SOURCES ON PHYSICAL
AND CHEMICAL PROCESSES IN ADDITIVE FORMATION
OF BILLETS FROM TITANIUM ALLOYS**

The article is devoted to the change in the concentration of alloying elements in the deposited layers of titanium wire type BT20. A wall of BT20 titanium alloy was grown by SMT surfacing. The deposited wall was formed of seven layers, macro sections of cross sections were prepared, and the chemical composition was analyzed by the height of the deposited wall. An X-ray fluorescence analysis revealed a change in the chemical composition along the height of the deposited wall.

Keywords: SMT surfacing, titanium wire, X-ray fluorescence analysis, additive technologies, multilayer surfacing, BT20 alloy, layer-by-layer surfacing, WAAM, arc welding.

Использование аддитивных технологии позволяет значительно сократить время на производство изделий. Применение различных проволочных материалов в данной технологии позволяет значительно расширить спектр производимых изделий. При использовании различных технологии наплавки (лазерная, электронно-лучевая, плазменная, дуга в вакууме, СМТ) проволочных мате-

риалов можно получать изделия с уникальными свойствами [1]. В данной статье представлена СМТ-наплавка (Cold Metal Transfer – холодный перенос металла). Суть СМТ-наплавки заключается в следующем: проволока соприкасается с местом, куда необходимо совершить наплавление, после чего регистрируется короткое замыкание (КЗ) и в этот же момент сила тока понижается почти до нуля, проволока отводится от поверхности, но происходит разрыв и капля наплавляемого материала остается на поверхности. Таким образом, ток при переносе почти равен нулю, тепловое воздействие минимально, отсюда уже берется название метода наплавки [2].

Титан является очень востребованным металлом, и объясняется это тем, что он имеет малую плотность и высокую удельную прочность. Но сам титан не так интересен, как сплавы на его основе. Благодаря легирующим элементам можно добиться повышения прочности, жаропрочности и коррозионной стойкости, что, в свою очередь, делает титановые сплавы очень востребованными в таких отраслях, как авиастроение (детали и лопатки двигателей, топливные баки), ракетостроение (ракетные двигатели), судостроение (обшивка судов и подводных лодок, гребные винты, насосы), химическая промышленность (насосы и реакторы), медицина (протезы и инструменты). Например, ВТ20 является титановым, состав сплава указан ниже.

Химический состав сплава ВТ20

Fe	C	Si	Mo	V	N	Ti	Al	Zr	O	H
до 0,3 %	до 0,1 %	до 0,15 %	0,5–2 %	0,8–2,5 %	до 0,05 %	84,938–91,7 %	5,5–	1,5–2,5 %	до 0,15 %	до 0,012 %

Титановый сплав имеет высокие механические характеристики. Высокое содержание алюминия обеспечивает высокую жаропрочность данного сплава, также алюминий является основным упрочняющим элементом в титановых сплавах и имеет малую плотность. Цирконий и молибден являются β -стабилизаторами и дают дополнительное упрочнение [3]. Данный сплав используется в авиастроении для корпусов компрессоров высокого давления и нагруженных листовых деталей, сварных узлов, изготовления обшивок крыльев летательных аппаратов, а также деталей, длительно работающих при температурах от -70°C до $+500^{\circ}\text{C}$ (примерно 6000 ч.) [4]. Сплав не отличается высокой пластичностью в силу

высокого содержания алюминия, тем не менее имеет хорошую пластичность в горячем состоянии. Также сплав имеет хорошую свариваемость абсолютно всеми способами сварки, применяемыми для титановых сплавов.

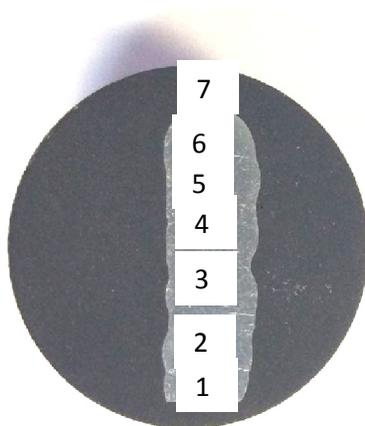


Рис. 1. Поперечный макрошлиф выращенной стенки из VT20 при СМТ-наплавке

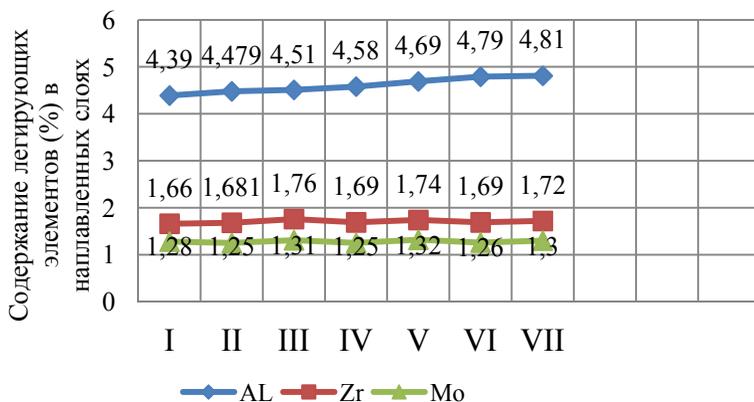


Рис. 2. Изменение концентрации легирующих элементов в наплавленных слоях

Механические свойства сварного шва не уступают механическим свойствам основного материала.

В ходе проведения эксперимента была выращена стенка, состоящая из семи наплавленных слоев из сплава ВТ20, и изготовлены поперечные шлифы (рис. 1).

После наплавки был произведен химический анализ при помощи энергодисперсионного рентгенофлюоресцентного анализа. В ходе химического анализа были получены данные об изменении концентрации легирующих элементов в каждом слое наплавленной стенки, наибольшие изменения происходили с Al, Zr и Mo (рис. 2).

В ходе химического анализа было выявлено, что наибольшие изменения претерпела концентрация алюминия, в то время как остальные элементы сохраняли относительно стабильную массовую долю, каждый новый слой содержал все большую массовую долю алюминия. При этом была выявлена положительная тенденция, так как массовая доля алюминия с каждым слоем возрастала и постепенно подходила к массовой доле алюминия в исходном материале наплавленной проволоки ВТ20. Причиной данных перепадов может являться тепловое воздействие от последующих слоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке правительства Пермского края в рамках соглашения С-26/787 от 21.12.2017 и Российского фонда фундаментальных наук РФФИ № 18-08-01016 А.

Список литературы

1. Microstructure and mechanical properties of wire and arc additive manufactured Ti-6Al-4V and AlSi5 dissimilar alloys using cold metal transfer welding / Tian Yinbao, Shen Junqi, Hu Shengsun, Wang Zhijiang, Gou Jian // Journal of Manufacturing Processes. – 2019. – Vol. 44, № 11. – P. 337–344.

2. Schroth on the analysis of metal droplets during cold metal transfer / Zhou Chen, Wang Hongliang, A. Perry Thomas, G. Schroth James // Procedia Manufacturing. – 2017. – Vol. 10, № 10. – P. 694–707.

3. Ольшанская Т.В. Конструкционные материалы. Свариваемость и сварка. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 242 с.

4. Ильин А.А., Колачев Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справ. – М.: Изд-во ВИЛС-МАТИ, 2009. – 520 с.

5. Титановый сплав VT20: сайт. – URL: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/tit/VT20 (дата обращения: 17.10.2019).

Об авторах

Богданов Константин Сергеевич – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ksbogdanov1996@gmail.com.

Беленький Владимир Яковлевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladimirbelenkij@yandex.ru.

Саломатова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: weld-katy@mail.ru.

Ольшанская Татьяна Васильевна – доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tvo66@mail.ru.

А.Ю. Душина, У.А. Карбатова, Т.В. Ольшанская, Е.М. Федосеева

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛЕЙ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА ПРИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Рассмотрены механизмы кристаллизации высоколегированных сталей аустенитного класса и их зависимость от соотношения аустенитостабилизирующих и ферритостабилизирующих элементов, а также скорости охлаждения. Показано, что при получении изделий методом плазменной наплавки стали 04X19N9 валики могут кристаллизоваться по различным механизмам.

Ключевые слова: аустенитная сталь, аддитивные технологии, послойная наплавка, механизмы кристаллизации, скорости охлаждения.

A.Y. Dushina, U.A. Karabatova T.V. Olshanskaya

CRYSTALIZATION FEATURES OF AUSTENITIC STEELS AT ADDITIVE TECHNOLOGIES

The crystallization mechanisms of high alloy steel of austenitic class and their dependents on the ratio of austenitic-stabilizing, ferrite-stabilizing elements and cooling rates have been reviewed. The layers can crystallize by various mechanisms during manufacture of 04Cr19Ni9 steel products by plasma layer welding.

Keywords: austenitic steel, additive technology, mechanism of crystallization, cooling rate, 3D-printing, layer welding.

Аустенитные стали получили широкое распространение во всех областях промышленности, включая авиационную, космическую и пищевую, а также судостроение и медицину. Данная группа сталей характеризуется оптимальным сочетанием механических свойств с коррозионной стойкостью и магнитной непроницаемостью. Благодаря такой комбинации аустенитные стали используются как для небольших изделий различного применения, так и для крупногабаритных конструкций ответственного назначения.

Большими возможностями для изготовления крупногабаритных конструкций обладают аддитивные технологии, или технологии послойного синтеза. Одним из направлений аддитивных технологий является получение заготовки путем послойной наплавки цельнометаллического присадочного материала по заданной траектории. При

этом каждый слой формируется путем нанесения расплавленного металла на поверхность предыдущего слоя, нагретого до оплавленного состояния. Для этих целей могут использоваться дуговые, лазерные, электронно-лучевые, плазменные и другие технологии [1].

Эксплуатационные свойства получаемых заготовок связаны с конечной микроструктурой формирующихся при кристаллизации валиков. Структура же закристаллизовавшихся валиков зависит от их исходного химического состава и условий охлаждения.

Сложность наплавки сталей аустенитного класса связана с их склонностью к образованию горячих трещин и дендритных ликваций (рис. 1). Наличие дендритных ликваций оказывает значительное влияние на механические свойства и коррозионную стойкость, а также способствует развитию межкристаллической коррозии в процессе эксплуатации.

Для получения оптимальных механических свойств и высокой коррозионной стойкости необходимо получение однородной мелкозернистой структуры. Поскольку данная сталь не испытывает полиморфных превращений, управление структурой возможно только в процессе кристаллизации наплавляемых валиков.

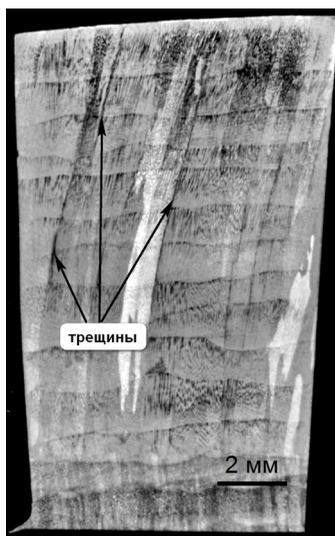


Рис. 1. Горячие трещины при плазменной наплавке проволокой 04X19Н9, диаметр 1,2 мм

Из литературных данных известно, что формирующаяся структура сталей аустенитного класса напрямую зависит от соотношения аустенитостабилизирующих ($Ni_{эКВ}$) и ферритостабилизирующих ($Cr_{эКВ}$) элементов. В зависимости от соотношения $Cr_{эКВ}/Ni_{эКВ}$ кристаллизация в данных сталях может протекать через первичный аустенит или феррит с последующим образованием аустенита по разным механизмам затвердевания. Исследователи, занимающиеся данным вопросом, утверждают, что уровень механических свойств и коррозионная стойкость сталей зависят от механизма кристаллизации. В статьях [2, 3] выделяют четыре механизма кристаллизации: аустенитный (А), аустенитно-ферритный или первичный аустенитный (АF), ферритно-аустенитный или первичный ферритный (FA) и ферритный (F). Микроструктура и морфология фаз во время и после затвердевания схематически показаны на рис. 2.

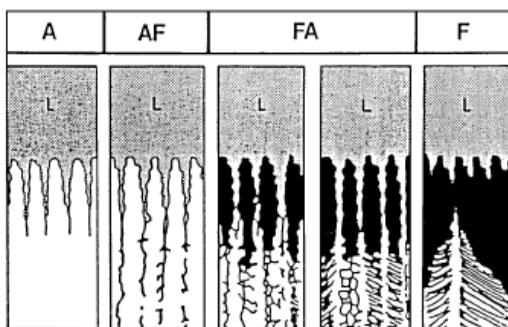


Рис. 2. Схематическое представление режимов затвердевания в сварных швах из аустенитной нержавеющей стали с фазовыми морфологиями: L – жидкость [3]

Структура сплавов, затвердевающих по аустенитному механизму (А), остается неизменной до низких температур. При затвердевании по аустенитно-ферритному механизму (AF) в структуре будет образовываться некоторое количество эвтектического феррита. Сплавы, которые затвердевают по ферритно-аустенитному (FA) и ферритному (F) механизмам, в процессе охлаждения могут претерпевать повторное фазовое перетектическое превращение. Авторы статьи [3] считают, что при кристаллизации сплавов по механизмам затвердевания FA и F значительно снижается вероятность образования горячих трещин.

В публикации [4] выделяют пять механизмов кристаллизации: аустенитный (А), аустенитно-ферритный или первичный аустенитно-ферритный (АФ), эвтектический феррит и эвтектический аустенит (Е), ферритно-аустенитный или первичный ферритный (FA) и ферритный (F). Кроме этого, указывается, что особенности кристаллизации аустенитных сталей связаны не только с химическим составом, но и со скоростью охлаждения.

Предварительно проведенные исследования микроструктуры изделий, полученных плазменной наплавкой из стали 04X19N9, показали, что валики могут кристаллизоваться по различным механизмам (рис. 3).

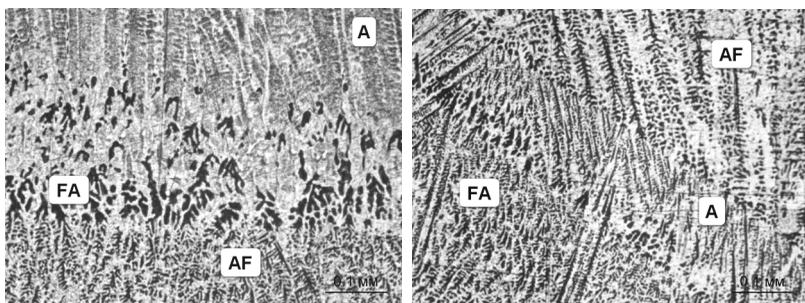


Рис. 3. Микроструктура наплавленных слоев при разных механизмах кристаллизации

Условия охлаждения наплавленных слоев одинаковые, следовательно, и скорости охлаждения будут одинаковыми. Соответственно, разные механизмы кристаллизации наплавленных валиков обусловлены разным соотношением аустенитостабилизирующих и ферритостабилизирующих элементов в них.

Такая неоднородность химического состава может быть связана с теплофизическим процессом расплавления проволоки и гидродинамическими процессами в жидком наплавленном валике. Формирование слоев по разным механизмам влияет на разброс механических свойств по толщине наплавленной стенки.

Таким образом, важным становится исследование по определению основных критериев процессов наплавки, приводящих к кристаллизации валиков по одинаковому механизму, желательно по механизмам затвердевания FA и F. Это позволит управлять процессом кри-

сталлизации слоев с целью получения однородных механических свойств и коррозионной стойкости по толщине наплавляемой стенки.

Список литературы

1. Формирование структуры и свойств стали 04X18H9 при аддитивном производстве заготовок / Ю.Д. Щицын, С.А. Терентьев, С.Д. Неулыбин, Д.С. Белинин, А.О. Артемов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 55–61.
2. Differential scanning calorimetry study of solidification sequence of austenitic stainless steel / D.S. Petrovič, G. Klančnik, M. Pirnat, J. Medved // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – July 2011. – Vol. 105, iss. 1. – P. 251–257.
3. Solidification cracking in austenitic stainless steel welds / V. Shankar, T.P.S. Gill, S.L. Mannan, S. Sundaresan // Sadhana, June/August 2003. – Vol. 28, p. 3 & 4. – P. 359–382.
4. Elmer J.W., Allen S.M., Eagar T.W. Microstructural Development during Solidification of Stainless Steel Alloys // Met Trans. October. – 1989. – Vol. 20A. – P. 2117–2131.

Об авторах

Ольшанская Татьяна Васильевна – доктор технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tvo66@rambler.ru.

Федосеева Елена Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: emfedoseeva@pstu.ru.

Душина Алена Юрьевна – аспирант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alenadushina@yandex.ru.

Карабатова Ульяна Андреевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: uly.kar@mail.ru.

Д.В. Захарова, А.В. Селезнева

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА СКОБА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Рассмотрена методология оптимизации технологических процессов, описан принцип действия электроэрозионной обработки металлов, выделены преимущества метода, описаны методы формообразования при электроэрозионной обработке. Выделены причины повышенной дефектности при изготовлении детали «скоба», рассчитан коэффициент использования материала для существующего технологического процесса изготовления детали и для применения метода профильной вырезки.

Ключевые слова: оптимизация, технологический процесс, электроэрозионная обработка, электрическое поле, напряженность, конденсатор, электрод.

D.V. Zaharova, A.V. Selezneva

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING PARTS OF TYPE " BRACKET" THROUGH THE APPLICATION OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Examines the methodology of optimization of technological processes, the principle of operation of electrical discharge machining of metals, the advantages of the method described in methods of forming electrical discharge machining. Causes of the increased defects in the manufacture of the part " Bracket", the calculated utilization of the material for an existing process to manufacture parts and to apply the relevant clippings.

Keywords: optimization, technological process, electrical discharge machining, the electric field, the tension, the capacitor electrode.

Эффективность производства в целом зависит от применяемых технологий, правильно подобранных режимов обработки, квалификации персонала, возможностей оборудования и многих других факторов. Управление любым технологическим процессом (ТП) происходит за счет изменения параметров и режимов обработки. Параметры технологического оборудования определяют методику обработки изделий и возможные технологические режимы,

которые, в свою очередь, влияют на показатели качества обработки и создают структуру операций и технологического процесса в целом. В связи с этим для сокращения производственного цикла и поиска оптимального алгоритма, сокращающего материальные затраты на изготовление и повышающего качество готового изделия, проводят оптимизацию технологии изготовления.

Надежность и качество детали «скоба» во многом определяется технологией ее изготовления (ТУ-5-357–75). Это обусловлено сложностью самого процесса изготовления, а также малым коэффициентом использования материала, непосредственно влияющего на технологичность изделия.

Традиционная технология изготовления детали «скоба» имеет ряд недостатков, связанных с повышенной дефектностью детали при получении сквозных отверстий и низким уровнем технологичности изготовления. Рассматриваемая деталь «скоба» изготавливается механическим способом из титановой плиты марки ПТ-3В с размером 35×1500×4000 мм на фрезерном станке (рис. 1). Для изготовления данной детали используются титановые сплавы, которые характеризуются высокой стойкостью к коррозии и отличной устойчивостью в условиях кавитации. Также важным показателем титановых сплавов является предел текучести. С увеличением этого показателя улучшается сопротивление деталей из титана эксплуатационным нагрузкам. При изготовлении детали «скоба» основная проблема заключается в том, что при обработке сквозных отверстий деталь изгибается, тем самым не обеспечивая значение допуска круглости, заданного на внутренний радиус.

Для оптимизации существующего технологического процесса изготовления детали типа «скоба» с целью уменьшения технологичности предлагается применение метода электроэрозионной обработки. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ технологической возможности применения электроэрозионной обработки;
- снижение коэффициента использования материала при применении электроэрозионной обработки.

Электрическая эрозия – это процесс разрушения поверхности токопроводящих материалов под действием электрических разрядов [1]. Электроэрозионная обработка (ЭЭО) широко применяется для получения деталей различных размеров и профилей, для полу-

чения сквозных отверстий, фасонных полостей, профильных канавок и пазов в деталях из твердых сплавов. Процесс электроэрозионной обработки осуществляется за счет появления электрического поля между электродами. Расстояние между электродами пропорционально величине напряженности поля. При достаточно большом расстоянии пробоя диэлектрической жидкости не наступает. По степени сближения электродов напряженность увеличивается, а при оптимальном межэлектродном расстоянии происходит пробой. Вследствие чего появляется электрический разряд, под воздействием которого наблюдается разрушение участков электродов. Разрушение происходит за счет теплового воздействия разряда. В месте пробоя на поверхностях электродов выплавляется металл, образуются углубления.

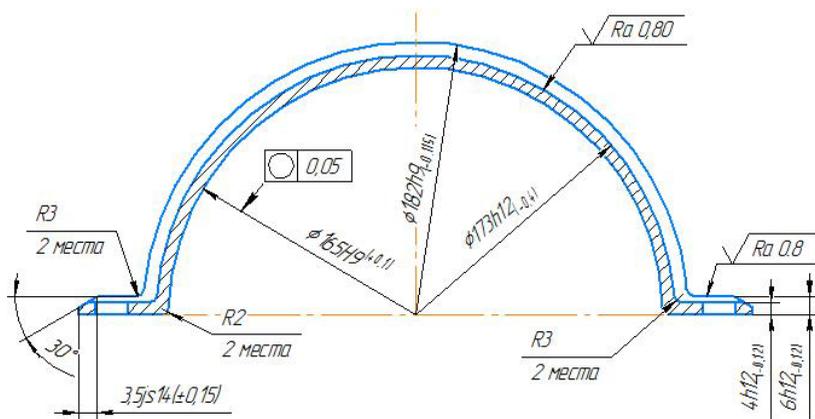


Рис. 1. Скоба

Метод электроэрозионной обработки в сравнении с обработкой металлов резанием обладает следующими достоинствами:

- на производительность процесса электроэрозионной обработки не влияют механические характеристики обрабатываемого материала;
- низкая величина силового воздействия на обрабатываемую заготовку;
- высокая точность обработки и качество полученной поверхности;

- низкая стоимость проволоки, используемой при обработке;
- почти полное отсутствие шума при работе на специальном оборудовании.

При электроэрозионной обработке материалов применяется два метода формообразования: метод копирования поверхности и профильная вырезка.

Метод копирования подобен методу штамповки. В отличие от метода штамповки, при котором форма детали получается за счет пластической деформации металла, при электроэрозионной обработке полость формируется путем расплавления и частичного испарения металла. Заготовка располагается на столе станка, а электрод-инструмент перемещается в направлении заготовки [3].

Профильная вырезка отличается от методов копирования тем, что в данной схеме инструментом является тонкая латунная, медная или вольфрамовая проволока диаметром от нескольких микрометров до 0,5 мм, которая является в электрической схеме катодом. Износ проволоки существенно влияет на точность обработки, поэтому используется несколько катушек для перематывания проволоки, обеспечивающих участие в работе новых частей проволоки. К основным достоинствам электроэрозионной обработки проволочным электродом-инструментом относится повышенная точность и возможность применения автоматизации процесса [2].

Для изготовления детали «скоба» предлагается использовать метод профильной вырезки, так как при использовании данного метода нет необходимости изготовления сложного инструмента, имеющего форму заданного профиля детали. Достаточно подобрать материал и толщину проволоки, с помощью которой будет вырезан профиль детали с высоким качеством поверхности, тем самым стоимость применения метода профильной вырезки будет существенно ниже, чем у метода копирования. Выбор проволоки осуществляется по трем критериям: общая эффективность применяемого оборудования, средняя скорость проволоки и лучшее качество поверхности, которое может обеспечить проволока. В качестве проволоки предлагается применить проволоку Thermo SE с CuZn-покрытием, имеющую латунный сердечник.

Также преимущество применения метода профильной вырезки для изготовления детали «скоба» – обеспечивает практически безотходный раскрой титановой плиты, используемой в качестве заготовки. Для обоснования данной схемы обработки необходимо

рассчитать коэффициент использования материала (КИМ) при изготовлении механическим способом и с применением метода профильной вырезки.

КИМ при изготовлении с помощью фрезерования – по формуле

$$\text{КИМ}_1 = \frac{M_d}{M_3} = \frac{0,190}{2100} = 9,$$

где M_d – масса готовой детали; M_3 – масса заготовки.

КИМ при изготовлении с помощью метода профильной вырезки рассчитывается по формуле (2)

$$\text{КИМ}_2 = \frac{M_d}{M_3} = \frac{0,190}{0,250} = 0,76.$$

Анализ метода оптимизации технологического процесса обеспечивает возможность применения метода контурной эрозии для получения детали «скоба». Применение метода профильной вырезки позволит повысить технологичность изделия и снизить КИМ в 12 раз. Это является экономически обоснованным решением применения данного метода для улучшения процесса изготовления детали.

Список литературы

1. Киселев М.Г., Ляшук Ю.Ф., Габец В.Л. Электроэрозионная обработка материалов: учеб.- метод. пособие. Минск: Технопринт, 2004. – 111 с.
2. Назаров О., Хасанов Г. Электроэрозионная обработка – современная технология механической обработки конструкционных материалов // Современные исследования. – 2018.
3. Попов И.С., Железняков Д.А. Электроэрозионная обработка как один из перспективнейших методов обработки металла // Наука молодых – будущее России: сб. науч. ст. 3-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых: в 6 т. – 2018. – 263 с.

Об авторах

Захарова Дарья Валерьевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: samomile_94@mail.ru.

Селезнева Алевтина Владимировна – старший преподаватель кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: msi@pstu.ru.

Л.М. Меркушева, К.В. Шаров

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ РАСПЛАВА
В ЯРУСНЫХ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ
С КЕРАМИЧЕСКОЙ СЕТКОЙ**

Рассмотрены гидродинамические процессы, происходящие в ярусных литниковых системах со свободным уровнем в распределительном стояке, создающимся за счет керамической сетки. Также оценено влияние такой конфигурации литниковой системы на распределение температуры в отливке.

Ключевые слова: ярусная литниковая система, фильтровальная керамическая сетка, коллектор, чугун.

L.M. Merkusheva, K.V. Sharov

**RESEARCH OF METAL FLOW IN STEP GATING
SYSTEMS WITH CERAMIC GRID**

The work considers hydrodynamic processes taking place in step gating systems with a free level in the distribution riser created due to the ceramic grid. The influence of a configuration of the gate system on the temperature distribution in the casting was also evaluated.

Keywords: step gating system, filter ceramic mesh, collector, cast iron.

В правильно сконструированной ярусной литниковой системе (ЯЛС) вначале заливки металл должен поступать только через нижний ярус питателей, обеспечивая спокойное и плавное заполнение формы без разбрызгивания, заплесков, размыва формы. Из верхнего яруса литниковой системы металл должен начать течь только после достижения зеркалом расплава определенной высоты. При таком режиме заполнения металл из верхних ярусов не размоет форму, не приведет к образованию корольков и избыточному перемешиванию, а будет обеспечивать создание положительного по высоте температурного градиента. Обеспечить последовательность включения питателей возможно за счет создания дополнительных сопротивлений, соответствующей геометрии каналов, устройств для направления потока, плавких перемычек и т.д. В работе [1] Б.В. Рабиновичем было предложено обеспечить требуемый ре-

жим заполнения формы за счет создания свободного уровня посредством свободно падающей струи в распределительном стояке.

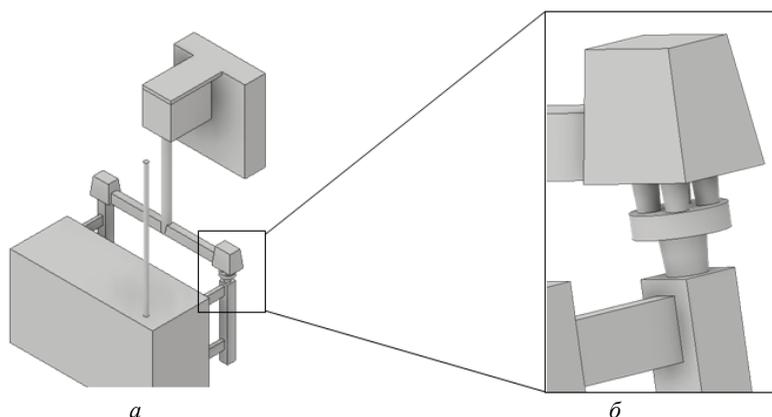


Рис. 1. 3D-модель отливки с литниковой системой: *а* – модель полости формы; *б* – модель полости фильтровальной сетки и металлоприемника

Была рассмотрена ЯЛС, 3D-модель которой представлена на рис. 1, состоящая из чаши, стояка, шлакоуловителя и двух распределительных стояков с двумя питателями каждый. Левый распределительный стояк представлен в традиционном исполнении, а правый содержит дополнительную керамическую фильтровальную сетку и металлоприемник для создания падающей струи. Для исследования такой системы в работе [1] применялось гидромоделирование. Исследование показало эффективность подобной конфигурации ЯЛС, однако некоторых количественных характеристик, таких как скорости потока во всех элементах, а также распределение температуры в форме, при данном подводе металла получено не было. Для решения этой задачи можно воспользоваться средствами численного моделирования, такими как программный комплекс ProCAST.

Исследование проводили на представленной 3D-модели. По методике, представленной в работах [2, 3], с помощью сливного резервуара обеспечивался постоянный напор. Заливался чугун (*cast iron*) при температуре 1420 °С в разовую песчано-глинистую форму (*sand silica*) с коэффициентом теплообмена (*heat transfer coefficient*) $h = 300 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Результаты исследований и их обсуждение

Распределение скоростей в каналах литниковой системы можно оценить по цветовой шкале (рис. 2, *а*). Проведенное моделирование заливки показало несвоевременное включение в работу питателей традиционной литниковой системы (рис. 2, *б*), тогда как литниковая система с фильтровальной сеткой обеспечивала должную последовательность заполнения формы (рис. 2, *в*).

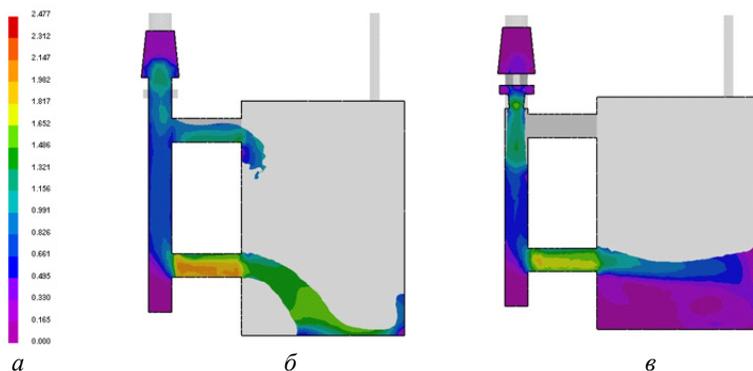


Рис. 2. Поля скоростей в начале заполнения формы: *а* – цветовая шкала, м/с; *б* – заполнение через традиционную систему; *в* – заполнение через систему с керамической фильтровальной сеткой

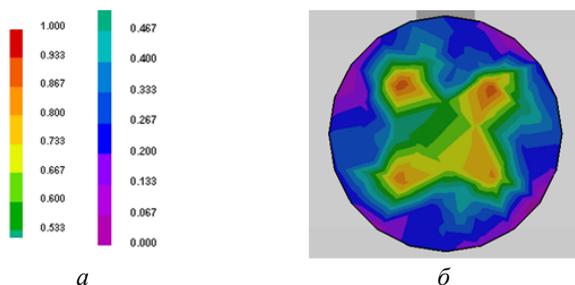


Рис. 3. Поля скоростей в фильтровальной сетке: *а* – цветовая шкала, м/с; *б* – поля скоростей

В самой сетке скорость потока металла не превышала критических значений (рис. 3), следовательно, сетка не будет размываться потоком.

Также через традиционную систему металл интенсивно поступал в форму через нижний питатель на всем протяжении заливки, что пагубно сказалось на температурном градиенте (рис. 4). Такое заполнение ухудшит качество отливки и приведет к избыточному расходу металла на прибыльную часть отливки.

Традиционная литниковая система не обеспечивает ни принципа направленного, ни принципа одновременного затвердевания.

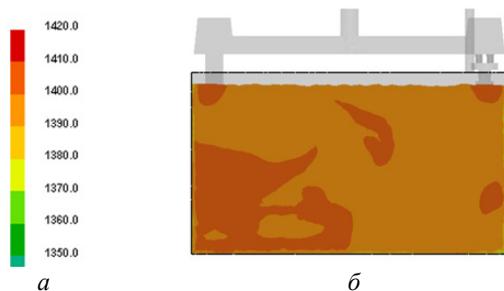


Рис. 4. Поля температур в отливке: *a* – цветовая шкала, °С; *б* – температура в полости формы

Выводы

Проведенное исследование не только показало целесообразность установки фильтровальных керамических сеток для создания требуемой структуры потока, но и позволило лучше понять гидродинамические и тепловые процессы, происходящие при заполнении формы через такую систему, что важно при проектировании ЯЛС других типов, но с подобными элементами. Обеспечение положительного по высоте температурного градиента может понизить ресурсоемкость технологического процесса получения отливок.

Список литературы

1. Рабинович Б.В. Введение в литейную гидравлику. – М.: Машиностроение, 1966. – 443 с.
2. Методика моделирования течения расплава в литниковой системе с постоянным напором / Д.О. Пустовалов, Ю.А. Набокова,

К.А. Мазуренко, К.В. Шаров, А.А. Шумков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 2(4).

3. Богомятков А.В., Пустовалов Д.О., Шаров К.В. Исследование течения расплава в ярусной и кольцевой литниковых системах с питателями различных площадей поперечных сечений // Металлообработка. – 2015. – № 3(87).

Об авторах

Меркушева Людмила Михайловна – магистрант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: merkushevalyus@mail.ru.

Шаров Константин Владимирович – старший преподаватель кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ksharov@yandex.ru.

Н.В. Тутынин

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОЙ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Выделены основные группы методов обеспечения стойкости, а также рассмотрены пути обеспечения стойкости твердосплавного инструмента на этапе проектирования. На примере оптимизационного алгоритма выбора параметров твердосплавной концевой фрезы представлена упрощенная схема работы алгоритма, параметры и результат решения оптимизационной задачи.

Ключевые слова: стойкость, режущий инструмент, износостойкое покрытие, фреза концевая.

N.V. Tutynin

ENSURING THE SPECIFIED DURABILITY OF CARBIDE CUTTERS AT THE DESIGN STAGE

The article highlights the main groups of methods for ensuring durability, and also considers ways to ensure the durability of a carbide tool at the design stage. Using the example of the optimization algorithm for selecting parameters of a carbide end mill, a simplified scheme of the algorithm, parameters, and the result of solving the optimization problem is presented.

Keywords: stability, cutting tool, wear-resistant coating end mill.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что качество, точность, производительность и себестоимость изготовления изделий зависят от свойств применяемого режущего инструмента. Даже при использовании прогрессивного станочного оборудования с ЧПУ невозможно достичь высоких технико-экономических показателей процесса механической обработки без качественного режущего инструмента. Разнообразные условия его эксплуатации вызывают множество видов повреждений и отказов технологической системы, а скорости изнашивания инструмента значительно выше, чем скорости изнашивания деталей и узлов станков. Поэтому работоспособность технологической системы в целом в первую очередь зависит именно от качества применяемого инструмента. В металлообрабатывающей промышленности > 65 % от общего

количества брака выпускаемых деталей вызвано недостаточным качеством инструмента. При этом расходы на металлообрабатывающий инструмент могут достигать до 45 % от общих затрат на механическую обработку деталей. Роль режущего инструмента еще больше возрастает на операциях механической обработки, характеризующихся повышенными теплосиловыми нагрузками, а именно: при высокоскоростном резании, обработке деталей из закаленных, коррозионностойких, жаропрочных сталей и сплавов, а также различных композиционных материалов.

Анализ методов прогнозирования стойкости, представленных в работах авторов [1–6], позволяет выделить 3 основные группы в зависимости от этапа производственного процесса:

1. Методы прогнозирования стойкости на этапе проектирования:

- способ, основанный на параметрической взаимосвязи геометрических характеристик инструмента и физико-механических характеристик инструментального материала от заданных ограничений системы СПИД;

- компиляционный метод;

- аналоговый метод.

Способы, основанные на моделировании инструмента.

2. Методы прогнозирования стойкости на этапе изготовления инструмента:

- способ, основанный на контроле фактических параметров режущего клина в процессе изготовления;

- способы, основанные на моделировании процесса изготовления по УП.

3. Методы прогнозирования стойкости на этапе использования:

- способы, основанные на измерении некоторых характеристик процесса резания;

- способы, основанные на математических моделях изнашивания режущих инструментов;

- способы, основанные на связи стойкости инструмента с каким-либо физическим свойством инструментального материала, количественные характеристики которого могут быть измерены без проведения процесса резания.

Обеспечение качества инструмента на стадии проектирования основано на взаимосвязи стойкости металлорежущего инстру-

мент с параметрами инструментального и обрабатываемого материала, геометрией режущего клина, свойствами износостойкого покрытия и параметрами технологического процесса: применяемое оборудование, состояние обрабатываемого материала, СТО и др.

Рассмотрим 1-й этап процесса и 1-ю группу методов применительно к обеспечению стойкости твердосплавной концевой фрезы.

Алгоритм влияния выбора параметров фрез представлен на рис. 1. Все параметрические зависимости для реализации оптимизационного алгоритма представлены в научных работах [1–7].

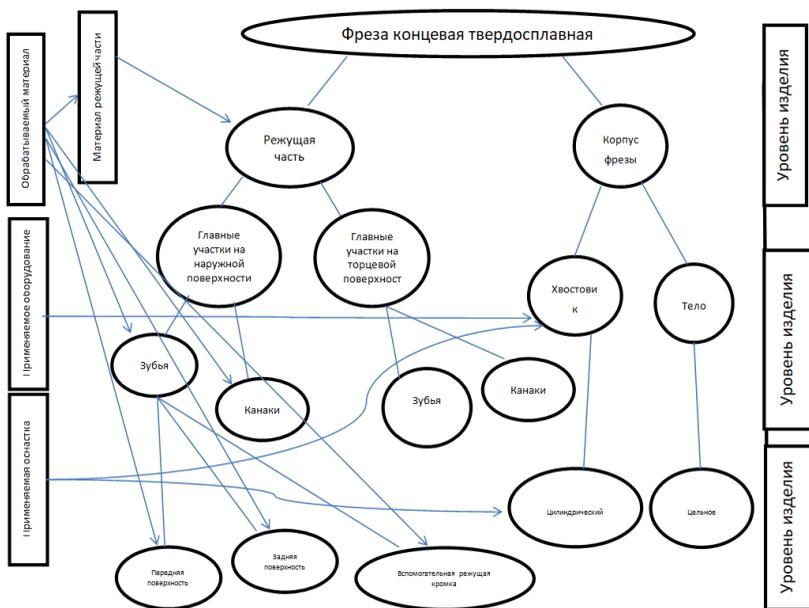


Рис. 1. Алгоритм выбора параметров фрезы

Результат реализации алгоритма влияния технологических параметров процесса согласно таблице представлен на рис. 2.

Результаты проведенных испытаний, представленные в работе [8], показывают обеспечение заданных параметров стойкости спроектированной конструкции фрезы на уровне мировых аналогов.

Технологические параметры

№ п/п	Параметры выбора	Значение параметра	Примечание
1	Обрабатываемый материал	Титановый сплав ВТ23	Класс: титановый деформируемый сплав. $\sigma_b = 1450\text{--}1600$ МПа
1.1	Режущий материал	Твердый сплав марки А04	Ультрамелкозернистый твердый сплав группы ВК производства АО «КЗТС»
2	Применяемое оборудование	DMU85-FD	5-осевой фрезерный станок с ЧПУ
3	Применяемая оснастка для установки инструмента	HSK-A100-EMC32-110	Силовой фрезерный патрон с конусом HSK 100.
4	Наличие охлаждения зоны резания	Да	Внешний полив под давлением, ECOCOOL SOLUBLE 20 - 20 – универсальная смазочно-охлаждающая жидкость
5	Применяемая оснастка для закрепления заготовки	Тиски станочные HEAV-200	Тиски станочные с ручным приводом, удлиненные, прецизионной точности. Широкой губок 100–320 мм

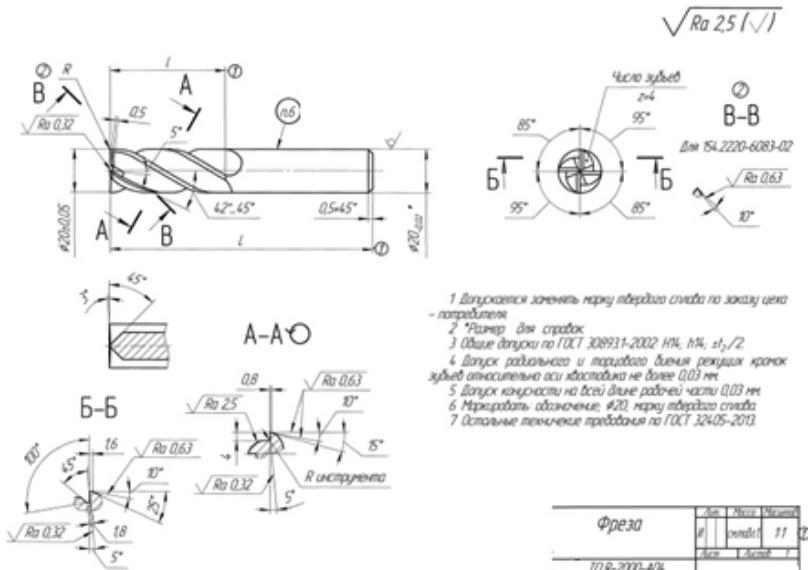


Рис. 2. Чертеж концевой фрезы – результат работы алгоритма

Выводы

1. Все параметрические зависимости для реализации оптимизационного алгоритма представлены в научной литературе.

2. Результаты проведенных испытаний подтверждают эффективность выбранных конструктивных решений и видов покрытий, как путей обеспечения заданной стойкости твердосплавной фрезы (рис. 2) из сплава А04.

2. В условиях экономической постановки вопроса одним из основных методов повышения стойкости инструмента принимается нанесение комбинированных износостойких покрытий.

4. Необходимо проведение дополнительных исследований в части распространения алгоритма на другие виды инструмента и группы материалов.

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учеб. для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2011. – 368 с.

2. Внуков Ю.Н., Марков А.А. Нанесение износостойких покрытий на режущий инструмент. – Киев: Техника, 1992. – 134 с.

3. Иващенко А.П. Анализ и синтез причин, приводящих к снижению стойкости режущего инструмента при резании материалов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.

4. Бржозовский Б.М., Плотников А.Л. Обеспечение надежности определения режимов лезвийной обработки для автоматизированного станочного оборудования / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2001. – 88 с.

5. Кибальченко А.В. Контроль состояния режущего инструмента: Обзорная информация / ВНИИТЭМР. – М., 1986. – 44 с.

6. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. – М.: Машиностроение, 1989. – 269 с.

7. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов. – М.: Машиностроение, 2009. – 640 с.

8. Тутынин Н.В. Повышение стойкости твердосплавных фрез: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. Липецкого государственного технического университета, 17–18 ноября 2016 г. – Липецк: Изд-во Липец. гос. техн. ун-та, 2016. – Ч. 1. – 356.

Об авторе

Тутынин Николай Викторович – аспирант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nikola_viktorovich@mail.ru.

И.В. Юзько

ПРОБЛЕМЫ АВИАСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Рассмотрены и выделены основные проблемы, оказывающие влияние на качество производимых самолетов и комплектующих изделий, входящих в них. Проведен обзор проблем, связанных с сертификацией и послепродажным обслуживанием. Разработаны рекомендации для решения выделенных проблем.

Ключевые слова: авиационная техника, авиастроение, авиапромышленность, сертификация предприятий и самолетов, послепродажное обслуживание воздушных судов.

I.V. Yuzko

PROBLEMS OF AIRCRAFT CONSTRUCTION IN RUSSIA

The main problems affecting the quality of manufactured aircraft and components included in them are considered and highlighted. A review of issues related to certification and after-sales service. Was conducted recommendations for solving the highlighted problems have been developed.

Keywords: aircraft industry, aircraft industry, certification of enterprises and aircraft, after-sales service of aircraft.

На сегодняшний день российская авиационная промышленность относится к перспективным направлениям развития экономики, куда направлены большие финансовые и интеллектуальные ресурсы, в связи с чем актуальность данной отрасли высока. В то же время на фоне последних событий в геополитике явно прослеживается и выполняется программа импортозамещения, которая, в свою очередь, также стимулирует и поддерживает всевозможными средствами и ресурсами авиационную промышленность.

Одной из главных проблем и главным препятствием к развитию авиастроения в России является «советское прошлое» в виде устаревшей, не развивающейся долгое время инфраструктуры и неактуальной нормативно-технической документации (НТД) [1], не позволяющей в полной мере реализовать и удовлетворять новые и со временем изменившиеся требования при производстве новых самолетов. В СССР устройство промышленности, включая авиационную промышленность, создавалось с учетом необходимости

иметь замкнутый жизненный цикл разработки и производства в целях обеспечения экономической, технологической и оборонной безопасности страны. Со временем такой подход устарел и результатом данного подхода стало ухудшение качества проектирования авиационной техники и воздушного судна (ВС). Ухудшение качества проектирования было связано с характеристиками авиационной промышленности того времени в виде специализации сборочных предприятий по сферам деятельности (в соответствии со спецификой типа производимого изделия) под централизованным управлением производством и поставки авиатехники (Министерство авиационной промышленности). После развала СССР итогом такой организации промышленности и производства стало отсутствие взаимодействия между поставщиками комплектующих изделий (КИ), агрегатов, узлов и так далее (из-за отсутствия централизованного управления), что стало сказываться на качестве продукции, где самым главным следствием стало малое количество производимых запчастей, а иногда и вовсе отсутствие необходимых запчастей для последующего техобслуживания и ремонта по причине малосерийности производимых ВС и низких показателей производства. Из-за малосерийности производных ВС также снижается и их экономичность, так как возрастают затраты на производство одной итоговой единицы ВС [2]. Возрастают же затраты из-за появляющихся простоев на производстве, когда временами конвейер в таком случае попросту пустует.

Поддержание летной годности самолетов и послепродажное обслуживание в эксплуатации – это важнейший аспект комплекса услуг, оказываемых после продажи и реализации продукции. Однако в России данная услуга развита слабо по причине отсутствия единой системы послепродажного обслуживания новых модификаций производимых самолетов [3]. Существующая система по сей день не смогла быстро адаптироваться еще со времен развала СССР к новой экономической среде, и в результате она перестала соответствовать современным требованиям рыночной экономики. Современная система послепродажного обслуживания характеризуется большими простоями авиатехники на стадиях обслуживания и ремонта, большим расходом использования ресурсов в ходе оказания интегрированной логической поддержки на стадиях жизненного цикла продукции и низкой квалификацией персонала, занятого в сфере сервиса. Итогами низкого качества системы по-

слепродажного обслуживания являются более дорогостоящий ремонт и высокие сроки его проведения, что уменьшает покупательский спрос на отечественные самолеты и ведет к уменьшению прибыли предприятий, производящих самолеты, и их предприятий-поставщиков.

Кроме вышеуказанных проблем, множество предприятий сталкиваются с проблемами при прохождении сертификации. Сертификация выступает в качестве инструмента для подтверждения соответствия и является важным доказательством того, что организация деятельности в отношении сертифицируемого объекта (куда может входить организация и изделие, производимое организацией) выстроена эффективно. Как известно на примере большого множества предприятий, правильно выстроенная сертифицированная деятельность содействует повышению технического уровня организации, повышает качество выпускаемых изделий, а также увеличивает их конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

В данный момент с учетом отмеченных мною факторов российская авиапромышленность имеет ряд проблем в области подтверждения соответствия АТ при проведении сертификационных работ [3]:

- неудовлетворительное состояние действующей нормативной базы и НТД, а также необходимость работы сразу по нескольким стандартам с разными требованиями (РФ, ЕС) [4];
- несоответствующая в полной мере требованиям международных нормативных документов действующая НТД и ее недостаточная гармонизация (идентичность);
- устаревшие методологии и технологии, применяемые при сертификации АТ в сравнении с международным уровнем.

Выявленные проблемы и недостатки оказывают существенное влияние на время, качество и стоимость проведения сертификационных работ у отечественных органов по сертификации [3]. Если проведение сертификации и сертификационных работ выстроено не лучшим образом, то сам процесс сертификации не будет позволять достигать главной цели сертификации, а именно подтверждение показателей качества сертифицируемого объекта. Если организация сертификационных работ налажена не лучшим образом, то и конечный результат продукции в плане соответствия предъявляемым требованиям будет вызывать сомнения.

В совокупности перечисленные проблемы может решить установление более тесного и близкого сотрудничества между авиаперевозчиками, авиапроизводителями и российскими авиационными властями. Установленное взаимодействие позволит лучше определять и поддерживать в актуальном состоянии постоянно меняющиеся требования к авиатехнике. Вторым фактором для решения поставленной задачи является ведение рациональной государственной политики в плане управления и финансирования всей сферы деятельности в области авиации. На данный момент в проекты и предприятия вкладываются большие денежные средства и их результат зачастую не соответствует заявленным ожиданиям. Во многом это связано с плохой исполнимостью самих предприятий, но помимо этого сам выбор финансирования проектов оставляет желать лучшего, так как кроме финансирования самих проектов необходимо финансирование предприятий для обновления их материальной и технологической базы. Третьим фактором может стать актуализация авиационного законодательства для обеспечения оптимального функционирования всей отрасли в целом.

Таким образом, основной проблемой для авиастроения в России является качество производимой продукции и государственное регулирование авиаотрасли.

Список литературы

1. Лесничий И.В., Самойлов И.А., Страдомский О.Ю. Мировые системы сертификации авиационной техники // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2017. – № 16. – С. 16–26.
2. Цуканов К.Ю. Проблемы авиационной промышленности России // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. – 2010. – № 4–2. – С. 232–236.
3. Смоленцева А.С. Подтверждение соответствия авиационной техники // XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых), Казань, 08–10 ноября 2017 г. – Казань, 2017. – С. 275–280.
4. Современные проблемы разработки технической и эксплуатационной документации на авиационную технику в рамках управления жизненным циклом изделий / А.С. Газов [и др.] // Вестник Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. – 2017. – № 4. – С. 97–103.

Об авторе

Юзько Иван Валерьевич – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e mail: vany.yuzko@mail.ru.

А.М. Найчук, М.М. Базуев, В.С. Кокшаров

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ КИНЕМАТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА НА ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Проводится анализ влияния отклонения действительных размеров на перемещение элементов цепи рычажного механизма. Предложена возможная схема выбора действительных размеров с учетом результатов полученного анализа.

Ключевые слова: машиностроение, действительный размер, номинальный размер, механизм, математическая модель, звено, перемещение, сопряжение.

A.M. Naichuk, M.M. Bazuev, V.S. Koksharov

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE ACTUAL SIZES OF ELEMENTS IN KINEMATIC MECHANISM ON IT'S WORKING CAPACITY

In this article we analyze the effect of deviations of actual dimensions on the movement of chain elements of the lever mechanism. There was proposed a possible scheme for choosing real sizes taking into account the results of the received analysis.

Keywords: mechanical engineering, actual size, nominal size, mechanism, mathematical model, element, movement, mating.

На сегодняшний день в конструкторской практике при расчете перемещений звеньев механизмов, как правило, используются номинальные размеры без учета совокупности влияния интервала реальных размеров звеньев. Может наблюдаться большой разброс в величине перемещения конечного элемента из-за совокупности интервалов возможных реальных размеров деталей. Это может повлечь за собой неправильную работу изделия, заклинивание механизмов или деформации деталей. Подобные ситуации возникают из-за того, что в технологической практике допуск размеров на деталь ставится исходя из рекомендаций, данных в справочниках, которые были получены, как правило, на основе экспериментов и технологической практики изготовления. Эти значения адекватно работают для сопряжения двух звеньев, но могут быть некорректными для совокупности сопряжений деталей в механизме, т.е. не весь интервал воз-

можных реальных размеров будет удовлетворять критерию работоспособности. Чаще всего подобные ошибки проявляют себя на этапе разработки отдельных деталей, сопряжений и при тестировании прототипов механизмов, эчто может привести к дополнительным затратам ресурсов, как материальных, так и трудовых.

В данной работе был предложен вариант анализа выбора диапазона действительных размеров звеньев цепи кинематического механизма, который рассчитывает путь звеньев в зависимости от заданных интервалов по максимально возможным величинам реальных размеров и позволяет выбрать их оптимальные значения, зная критерий работоспособности, т.е. положения звеньев, в котором механизм будет работать исправно.

Рассмотрим влияние действительных размеров звенов на работоспособность на примере механизма скалочной полуавтоматики артиллерийской системы (рис. 1).

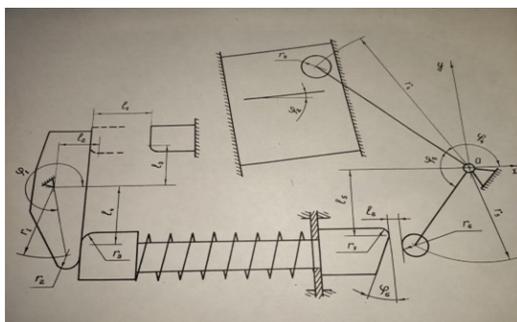


Рис. 1. Расчетная схема скалочной полуавтоматики

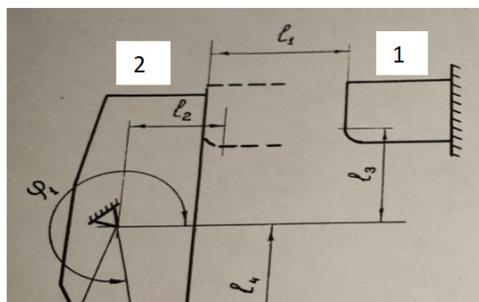


Рис. 2. Место стыка звена толкателя (звено1) с рычагом (звено2)

Определим подвижность всего механизма согласно формуле Чебышева

$$W = 3n - 2p_5 - p_4.$$

Механизм обладает одной степенью свободы. Начальный и конечный элементы двигаются поступательно (рис. 2).

Опишем перемещение рычага (см. рис. 2, звено 2) относительно толкателя (см. рис. 1, звено 1): Во время выстрела ствол орудия движется в сторону, обратную вылету снаряда, под действием отдачи (происходит откат ствола). Толкатель (звено 1) движется вместе со стволом орудия. Пройдя путь l_1 , толкатель (звено 1) упирается в рычаг (звено 2) и двигается, поворачивая его. Примем, что толкатель (звено 1) начинает свое движение в момент контакта с рычагом (звено 2), т.е. приравняем $l_1 = 0$.

Крайнее положение толкателя (звено 1) может меняться в зависимости от величины отката.

Рассмотрим сопряжение звена 1 со звеном 2, построим математическую модель движения этих звеньев. В данном сопряжении контакт идет по радиусу кривизны скругления толкателя и поверхности рычага. Поверхность рычага мы принимаем как окружность бесконечно большого радиуса. Тогда справедливо утверждать, что перед нами высшая кинематическая пара.

Для построения математической модели сопряжения произведем замену высшей кинематической пары на низшую с сохранением степени свободы и в рассматриваемом положении движения всех звеньев механизма.

Тогда структурная модель сопряжения примет следующий вид (рис. 3).

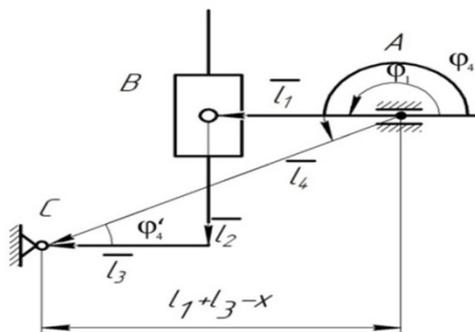


Рис. 3. Векторные расстояния и обозначения углов

Разложив векторы по осям и сделав преобразования, получаем уравнения вида

$$oX: l_1 \cdot \cos(\varphi_1(x)) + l_2(x) \cdot \cos\left(\varphi_1(x) \frac{\pi}{2}\right) + l_3 \cdot \cos(\varphi_1(x)) = l_4 \times \cos\left(\arctg\left(\frac{l_2}{l_1+l_3-x}\right) + \pi\right);$$

$$oY: l_1 \cdot \sin(\varphi_1(x)) + l_2(x) \cdot \sin\left(\varphi_1(x) \frac{\pi}{2}\right) + l_3 \cdot \sin(\varphi_1(x)) = l_4 \times \sin\left(\arctg\left(\frac{l_2}{l_1+l_3-x}\right) + \pi\right).$$

Задаем перемещения толкателя. Подставляем крайние значения возможных реальных размеров звеньев. Получаем модель движения звена 1 относительно звена 2 с учетом размеров (рис. 4).

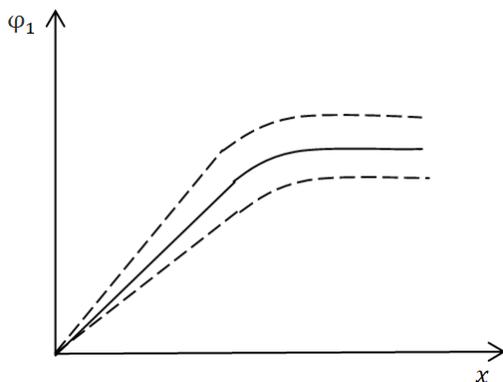


Рис. 4. Зависимость вращательного движения звена 2 (рычага) от поступательного движения звена 1 (толкателя) с учетом возможных реальных размеров

Задав критерий работоспособности, мы можем выбрать интервал действительных размеров таким образом, чтобы обеспечить надежную работу механизма. Найдя зависимость перемещения одного звена от другого для каждого сопряжения, мы будем иметь возможность построить зависимость движения конечного элемента (клина) от начального элемента (толкателя). Вводя в модель различные интервалы возможных реальных размеров, мы можем предсказать, как будет перемещаться каждое звено механизма, что

позволит подобрать крайние значения величин действительных размеров более рационально, т.е. так, чтобы механизм мог работать при самых экстремальных значениях действительных размеров всех звеньев. Данный подход к решению задач проектирования также будет справедлив для любого другого механизма машиностроительных конструкций.

Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 122 с.
2. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / М.А. Палей [и др.]. – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2001. – Ч. 1. – 207 с.
3. Польский Е.А. Технологическое обеспечение требуемой точности сборочной единицы методом генерации технологических процессов для условий современного производства на основе анализа размерных связей с учетом условий эксплуатации // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – 2011. – № 10. – С. 297–299 с.

Об авторах

Найчук Алексей Михайлович – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Alex-3XD@yandex.ru.

Базуев Михаил Максимович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bazuev.m@gmail.com.

Кокшаров Виталий Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: koksharovVS@gmail.com.

М.Ю. Каплун

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ДУАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы актуальности системы дуального образования в России. Проанализирован опыт практического применения дуального образования за рубежом. Обоснованы недостатки и преимущества дуальной системы образования для предприятий, обучающихся и государства.

Ключевые слова: система дуального образования, высококвалифицированные кадры, машиностроение.

M.Yu. Kaplun

TRAINING OF PERSONNEL FOR THE MODERN MACHINE-BUILDING COMPLEX ON THE BASIS OF THE DUAL EDUCATION SYSTEM

The issues of relevance of the dual education system in Russia are considered. The experience of practical application of dual education abroad is analyzed. The author substantiates the disadvantages and advantages of the dual education system for enterprises, students, and the state.

Keywords: dual education system, highly qualified personnel, mechanical engineering.

Одной из важнейших проблем современного машиностроения является нехватка и увеличение среднего возраста высококвалифицированных инженерных и рабочих кадров. На сегодняшний день традиционная образовательная практика недостаточно оперативно совершенствует формы, методы, средства и технологии обучения. Становится очевидным, что дальнейшее развитие профессионального образования обусловлено необходимостью создания в регионах инновационной образовательной среды, способной обеспечивать модернизацию профессионального образования и четко реагировать на потребности экономики регионов. В последнее время эта тема неоднократно становилась предметом серьезного и всестороннего обсуждения Правительством Российской Федерации, органов законодательной и исполнительной власти, представителей

работодателей и систем образования [1]. Одним из инновационных методов образовательной системы является система дуального образования.

Система дуального образования – это образовательный процесс, при котором практическая часть подготовки проходит на рабочем месте, а теоретическая часть – на базе образовательной организации.

Понятие «дуальная система» впервые было использовано в ФРГ в середине 1960-х гг., для обозначения новой формы профессионального обучения. Дуальная система профессионального образования в Германии организована по следующему принципу: 1–2 дня в неделю студенты обучаются в учебном заведении, а оставшиеся 3–4 дня – приобретают практические навыки на рабочем месте (в компании или на предприятии). Аналогичным образом была построена система профессионально-технического образования в СССР, которая впоследствии была утрачена [2].

На сегодняшний день в России происходит реализация «пилотного» проекта по внедрению системы дуального образования. Реализуя практику дуального образования, следует учесть положительного опыта Германии. Регионы России, принявшие инициативу Агентства стратегических инициатив (АСИ), были готовы к внедрению дуальной модели. Каждый из регионов обладал необходимым набором условий, в числе которых наличие высокотехнологичных предприятий, благоприятный инвестиционный климат, высокое качество государственного управления, ответственная бюджетная политика.

Лидерами «пилотного» проекта по разработке, внедрению и распространению дуальной системы образования стали 13 субъектов Российской Федерации: Республика Татарстан, Красноярский и Пермский края, Белгородская, Волгоградская, Калужская, Московская, Нижегородская, Самарская, Свердловская, Тамбовская, Ульяновская, Ярославская области. Все они славятся разнообразными природными ресурсами, имеют хорошую транспортную инфраструктуру, многие из них выгодно расположены в непосредственной близости от крупных мегаполисов. Но самым главным достоинством является хорошо подготовленная и относительно дешевая рабочая сила. Однако, по данным рейтинга мониторинга качества подготовки кадров, только четыре региона распространили эту

практику более чем на половину профессиональных образовательных организаций [3].

Результаты реализации «пилотного» проекта на 2019 год

Субъект Российской Федерации	Доля организаций, реализовавших элементы дуального обучения, %
Белгородская область	85,7
Нижегородская область	63,0
Тамбовская область	51,3
Самарская область	50,0
Московская область	23,2
Волгоградская область	18,9
Калужская область	17,1
Республика Татарстан	16,9
Пермский край	16,2
Красноярский край	15,4
Ярославская область	11,1
Ульяновская область	10,8
Свердловская область	7,1

Вместе с тем для слаженной работы дуальной системы на российских машиностроительных предприятиях необходимо реализовать механизм тесного взаимодействия государства, работодателей, представителей профсоюзов и образовательных объединений по подготовке высококвалифицированных кадров в соответствии с требованиями рынка труда. Немаловажным фактором выбора профессий для дуального образования является востребованность этой профессии у работодателей.

На сегодняшний день выпускники дуальных программ и представители предприятий по достоинству оценили результаты качественной подготовки. Стоит отметить, что данная система образования отвечает интересам всех участников: организаций и предприятий, обучающихся и государства. Для предприятий – это возможность подготовить необходимые кадры, сократить расходы, затрачиваемые на подбор или поиск необходимых сотрудников, а также исключить затраты на переучивание и адаптацию. Для обучающихся – это получение бесплатного образования, дополнительная стипендия от работодателя, обязательное получение рабочего места на предприятии, а также адаптация выпускников к реальным производственным условиям. В выигрыше остается и государство,

которое эффективно решает задачу подготовки квалифицированных кадров для всей экономики [4].

Но все же эта система имеет свои недостатки, особенно остро проявляющиеся в периоды экономической нестабильности и кризисов. Во-первых, это ограниченный выбор дуальных программ. Количество специальностей, включенных в данную программу, невелико. Работодатель выбирает только те специальности, в области которых ощущается огромная нехватка высококвалифицированных кадров. Во-вторых, высокая конкуренция. Поступить в группу дуального обучения достаточно трудно, здесь одного желания студента недостаточно, необходимо иметь за плечами отличный запас знаний, так как отбор в группы даже рабочих специальностей производится с помощью тестирования и высокого среднего балла за обучение в школе.

В заключение следует отметить, что дуальное образование только делает первые шаги в подготовке высококвалифицированных кадров для машиностроения. Между работодателями и образовательной организацией существуют реальные возможности для взаимодействия в развитии системы дуального образования.

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 295. – URL: <http://www.consultant.ru/document>.
2. Образование в Германии. Дидактика: междунар. семинар [Электронный ресурс]. – Дюссельдорф, 2015. – URL: <http://www.ica-amk.ru/despo/event>.
3. Некрасов С.И., Захарченко Л В., Некрасова Ю.А. Пилотный проект «Дуальное обучение»: критический взгляд специалистов // Профессиональное образование. Столица. – 2015. – № 4. – С. 9–16.
4. Мазунина Н.М. Особенности организации дуального обучения в учреждениях СПО по специальности 44.02.01 «Дошкольное образование» // Концепт: науч.-метод. электрон. журнал – 2016. – Т. 46. – С. 244–248. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/76521.htm>.

Об авторе

Каплун Марина Юрьевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: marina.kaplun.76@mail.ru.

В.А. Суханова

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Посвящена проблеме внедрения бережливого производства на российских предприятиях. Приводятся определения и принципы бережливого производства. Исследуется необходимость правильной организации процесса обучения на предприятиях.

Ключевые слова: обучение, бережливое производство, потери.

V.A. Sukhanova

LEAN PRODUCTION IN MODERN ENGINEERING

The article is devoted to the problem of implementing lean production at Russian enterprises. Definitions and principles of lean manufacturing are given. The necessity of the proper organization of the training process in enterprises is investigated.

Keywords: training, lean manufacturing, losses.

На современных машиностроительных производствах существует тенденция к понижению металлоемкости изделий без снижения требований к точности изготовления и физико-механическими характеристиками. Для этого на производствах все чаще встречаются детали из труднообрабатываемых материалов и сложные дорогостоящие операции.

Для уменьшения потерь от применения дорогих материалов, операций и оборудования для них требуется специальная политика управления производством, получившая устоявшееся название «бережливое производство».

Концепция бережливого производства стала всемирно известной благодаря ее первому успешному применению компанией Toyota в 60-х гг. прошедшего века. Концепция, целью которой является максимизация потребительской ценности за счет снижения различного рода потерь при помощи принципов производственной системы (точно-в-срок, дзидока, кайдзен и др.) и использования различных инструментов (таких как канбан, быстрая переналадка, организация рабочего места, всеобщий уход за оборудованием и

др.), стала использоваться не только в Японии, но и в США, странах Европы, Нигерии, Индии, Турции, России и других странах и получила сегодня наибольшее распространение за счет небольших затрат и значительного экономического эффекта, выраженного в повышении производительности труда, высвобождении производственных площадей, сокращении брака, росте качества продукции, сокращении запасов и производственного цикла [3].

Суть бережливого производства состоит не в сокращении расходов, что впоследствии могло привести к снижению качества продукции, а, наоборот, в сокращении потерь, которые есть на каждом рабочем месте [2, с. 202].

Потери, возникающие в процессе производства:

1. Перепроизводство – это основной вид потерь, при котором изготавливается больше изделий, чем необходимо.

2. Запасы – ненужное складирование и слишком большие запасы сырья, незавершенного производства или готовых изделий – требуют расходов на хранение, порождают плохое качество, требуют площади, времени на поиски, скрывают простои и т.д.

3. Транспортировка – излишняя транспортировка или перемещение, не добавляющие ценности конечному продукту или услуге.

4. Простои – ожидание (потери времени). Рабочие, которые наблюдают за работой автоматического оборудования, простаивают в ожидании очередной рабочей операции, инструмента, деталей и так далее или просто сидят без работы из-за отсутствия деталей, задержек в ходе обработки, простоя оборудования и нехватки мощностей.

5. Лишние этапы обработки – ненужные операции при обработке деталей. Неэффективная обработка из-за низкого качества инструмента или непродуманного конструктивного решения, которая влечет за собой лишние движения и ведет к появлению дефектов.

6. Ненужные движения рабочих – все лишние движения, которые приходится делать сотрудникам в процессе работы: поиски того, что нужно, необходимость тянуться за инструментами, деталями и прочим или заниматься их укладкой. Сюда же относится ходьба.

7. Переделка, дефекты, брак – производство дефектных деталей и исправление дефектов.

8. Нереализованный творческий потенциал сотрудников. Если мы не используем таланты, способности и знания своих сотрудников – это тоже потери!

Бережливое производство в России уже не является чем-то новым, однако не все предприятия в России, внедряя его, добились отличных результатов. Возможных причин много:

- нехватка информации (книг, семинаров, конференций);
- работники, до которых плохо довели цели и аспекты внедрения, просто делают вид, что внедряют;
- нехватка российских специалистов, которые знали бы изнутри особенности этой системы и были способны возглавить процессы модернизации производственных систем в компаниях;
- нежелание руководителя вместе с работниками участвовать во внедрении;
- отсутствие понимания прохождения обязательных этапов внедрения.

Такое зачастую случается из-за неправильной организации процесса обучения концепции бережливого производства.

На многих российских предприятиях процесс обучения сотрудников производится по мере необходимости, т.е. когда предприятием выявлена какая-либо проблема, которую необходимо решить. Отдел кадров предприятия ищет курсы повышения квалификации, проводимые сторонними организациями или собственными силами предприятия, куда направляет сотрудников. При этом совершенно не учитывается мотивация сотрудника, соотнесение выполняемых им ежедневных производственных задач с его личными целями и целями предприятия. В результате создается впечатление, что сотрудник, получив документ, подтверждающий прохождение курса, усвоил все необходимые ему знания и навыки и может реализовать их на практике. Но в большинстве случаев оказывается, что сотрудник посещал занятия «для галочки», чтобы не уволили, и работает по-старому, а предприятие напрасно потратило ресурсы (деньги на обучение, переобучение, время).

Чтобы такие случаи не стали обыденностью, необходимо понимать, что процесс обучения на предприятии нужно дополнять самообучением, постоянным и непрерывным. Для предприятий самоорганизующихся и саморазвивающихся характерно, что обучение предполагает формирование нового знания и его распространение и систематизацию. Сотрудники, доводя свою квалификацию до требуемого уровня при помощи самообучения, могут трансформировать ее в деньги путем активного использования предприятием.

Подводя итог, можно выделить основные действия и направления, которые способны помочь внедрению бережливого производства на российских предприятиях:

- обучение сотрудников (в том числе самообучение) организовывать на регулярной систематической основе, что будет способствовать более качественному и полному усвоению теоретического и практического материала;

- создавать благоприятную среду для проявления инициативного поведения сотрудников;

- выстроить программу обучения таким образом, чтобы занятия имели практическую направленность и способствовали использованию полученных знаний, не отходя от рабочего места;

- приглашать для обучения специальных сотрудников, имеющих практический опыт внедрения бережливого производства;

- создание специального обучающего центра на предприятии, сотрудники которого будут заниматься разработкой программ обучения, проводить аудит, оценку достижений сотрудников в бережливом производстве, формировать базу знаний предприятия для успешного обмена опытом между подразделениями, а также обучения вновь принятых сотрудников.

Дополнив обучение самообучением, можно добиться синергии, когда сотрудники будут иметь желание и возможность учиться, продвигаться по карьерной лестнице, при этом принесут пользу предприятию, регулярно занимаясь поиском объектов для улучшения, думая о ценности для потребителя.

Список литературы

1. Вумек Д., Джонс Д. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 480 с.

2. Джордж М. Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 464 с.

3. Маркова Н.А., Марков Д.А. Особенности процесса обучения в бережливом производстве // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2018. – Т. 11, № 5. – С. 129–141. DOI: 10.18721/JE.11512

Об авторе

Суханова Вера Андреевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vera.suhanova.98@mail.ru.

Т.И. Сахаудинов

МЕТОД КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОНИЧЕСКИХ РЕЗЬБ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН

Исследованы существующие методы контроля конических замковых резьб для элементов бурильных колонн, указанных в ГОСТ Р 50864–96. На конкретном примере полученных результатов контроля сделан вывод и предложен дополнительный этап контроля конических резьб элементов бурильных колонн – контроль расстояния между упорными торцами nipples и муфты.

Ключевые слова: контроль, расстояние, коническая резьба, бурильные колонны, резьбовые соединения

T.I. Sakhautdinov

METHOD FOR MONITORING THREADED CONNECTIONS OF CONICAL THREADS FOR DRILL STRING ELEMENTS

The existing methods of control of conical locking threads for drill string elements specified in GOST R 50864-96 are investigated. Using a specific example of the control results obtained, conclusions are drawn and an additional stage of control of conical threads of drill string elements is proposed - control of the distance between the thrust ends of the nipple and the coupling.

Keywords: control, distance, conical thread, drill strings, threaded connections.

Резьбовые соединения являются наиболее нагруженными элементами в бурильной колонне, поэтому особенности конструкции замковой резьбы должны учитывать большие статические и динамические нагрузки, возникающие при ее эксплуатации. Эксплуатационные характеристики резьбовых соединений, такие как статическая и усталостная прочность, герметичность, долговечность и другие, в существенной степени зависят от марки материала, технических требований и точности изготовления. В связи с этим являются актуальными исследование влияния отклонений параметров профиля шага резьбы для элементов бурильных колонн и разработка метода контроля конических резьб, позволяющего выявить отклонения, возникшие в процессе производства.

Объектом исследования являются резьбы 3-102 ГОСТ Р 50864–96 (рисунок). Зарубежный аналог резьбы по стандарту API 7. Форма профиля по ГОСТ Р 50864–96 «Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн».

Исследование проводилось на машиностроительном предприятии Пермского края, предприятие занимается проектированием и изготовлением техники для бурения нефтяных и газовых скважин.

Для сравнения результатов – измерения проводились на КИМ и приборами контроля параметров резьбовых соединений, указанных в ГОСТ 34438.2–2018.

На основании проведенного исследования было определено, что результаты приборов контроля параметров резьбовых соединений, указанных в ГОСТ 34438.2–2018, не соответствуют результатам КИМ. А также если профиль, размеры и технические требования выполнены по ГОСТ Р 50864–96, между свинчиваемыми деталями при определенном моменте, должен образоваться зазор 0,2–0,4 мм. Далее зазор устраняется при приложенном повышенном моменте на гидравлическом ключе.

На основании проведенного исследования необходимо ввести дополнительный этап контроля расстояния между торцами свинчиваемых деталей, так как данный метод обнаруживает недостаток (ошибку) в п. 4. 4 ГОСТ Р 50864–96. Предельные отклонения от номинальных значений параметров резьбы не должны быть более: шаг резьбы с полным профилем на всей длине $\pm 0,11$ мм [1].

Об авторе

Сахаутдинов Тимур Ильдусович – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: army7@mail.ru.

А.Л. Каменева, Н.В. Каменева

**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДВУХ-
И ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ НИТРИДОВ Ti, Zr и Al ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Представлены результаты испытания сверл из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 8 мм. Описан метод проведения экспериментальных стойкостных исследований. Проведено исследование износа сверл, упрочненных всеми разработанными покрытиями. Подобран оптимальный состав покрытий для упрочнения и защиты резцов РС-14 в горнодобывающей промышленности в зависимости от метода осаждения покрытия.

Ключевые слова: электродуговое испарение, комбинированный метод, резцы РС-14, покрытия: TiN, ZrN, TiN-ZrN, $Ti_xZr_{1-x}N$, $Ti_{1-x}Al_xN$.

A.L. Kameneva, N.V. Kameneva

**STUDYING THE EFFICIENCY OF USING ION-PLASMA COATINGS
BASED ON TWO AND THREE-COMPONENT Ti, Zr,
AND Al NITRIDES TO INCREASE THE STABILITY
OF A CUTTING TOOL IN THE MINING INDUSTRY**

The results of testing drills from high-speed steel P6M5 with a diameter of 8 mm are presented. A method for conducting experimental persistent studies is described. A study was made of the wear of drills hardened by all developed coatings. The optimal coating composition for hardening and protecting the RS-14 cutters in the mining industry was selected depending on the coating deposition method.

Keywords: electric arc evaporation, combined method, RS-14 cutters, coatings: TiN, ZrN, TiN-ZrN, $Ti_xZr_{1-x}N$, $Ti_{1-x}Al_xN$

В горнодобывающей промышленности для обработки сильвинитовой руды различной твердости (Красный П и АБ) в качестве режущего инструмента используют составные резцы РС-14, твдосплавная пластина которых впаяна в стальную державку. Работоспособность твдосплавной пластины и реальный ресурс работы резца в значительной степени зависят от изменяющихся в про-

цессе работы истирающих и ударных нагрузок при воздействии агрессивной среды.

Анализ эксплуатационных отказов резцов РС-14 показывает, что основными причинами выхода из строя твердосплавной пластины резцов являются случайные удары, вызывающие разрушение кромки, а также перегрев, смягчение, интенсивный износ зерен карбида вольфрама, повышенный износ и выкрашивание режущих кромок. Потеря функциональных свойств резцов в первую очередь зависит от физико-механических свойств рабочей поверхности твердосплавной пластины резца, сопротивляемости сильвинтовой руды резанию и ее физико-химических и механических свойств, прочности паяного соединения и державки резца. В связи с этим для повышения ресурса работы резцов при добыче сильвинитовой руды целесообразно использовать методы поверхностного упрочнения твердосплавной пластины [1,2].

Целью настоящей работы – изучение эффективности покрытий (TiN , ZrN , $\bullet\text{TiN-ZrN}\bullet$, $\text{Ti}_x\text{Zr}_{1-x}\text{N}$, $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$), широко используемых для упрочнения и защиты режущего инструмента, и выбор оптимального состава покрытия для упрочнения и защиты резцов РС-14 (рис. 1).

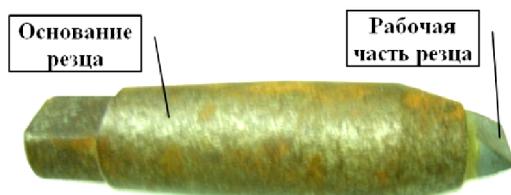


Рис. 1. Резец РС-14 до упрочнения

В связи со сложностью и многовариантностью поставленной задачи была выработана методика ее решения: выбор состава и оптимизация метода осаждения покрытия, проведение коррозионных лабораторных испытаний с заменой резца РС-14 на сверло Ø 8 мм. *Характеристики сверла:* Ø сверла – 8 мм; тип сверла – спиральное с цилиндрическим хвостовиком, правое; величина перемычки – 1,5 мм, угол наклона винтовой канавки (α) – 27°C , угол при вершине сверла (2α) – 120°C , заточка – одинарная, материал сверла – быстрорежущая

сталь Р6М5. *Экспериментальное оборудование* – вертикально-сверлильный станок 2В125, число оборотов шпинделя во время испытаний – 90 об/мин, скорость резания (окружная скорость точки, наиболее удаленной от оси сверла) – $V = \pi dn/1000 = 3,14 \cdot 8 \cdot 90/1000 = 2,26$ м/мин. *Обрабатываемый материал* – сильвинитовая руда (КС).

Методы осаждения покрытий. TiN, ZrN, TiN-ZrN, $Ti_xZr_{1-x}N$, $Ti_{1-x}Al_xN$ получали на автоматизированной установке УРМ 3.279.048 электродугового испарения (ЭДИ) и магнетронного распыления (МР) методом ЭДИ и его комбинированием с МР (ЭДИ+МР). Покрытия ZrN и покрытие с чередующимися слоями TiN и ZrN ($\bullet TiN-ZrN \bullet$) получали только методом ЭДИ. В качестве материалов катодов для ЭДИ и мишеней для МР использовали цирконий марки Э110 и алюминий марки А99.

Методика эксперимента. Количество сквозных отверстий, просверленных одним сверлом, – 20 шт., скорость шпинделя – 90 об/мин, скорость подачи – 2,26 м/мин. Контролируемый параметр – продолжительность сверления одного сквозного отверстия. Подточки перемычки, повторная заточка и подточка ленточек не применялись. При проведении испытаний изменяли только материал покрытий. За износ принимали изменение геометрических параметров сверла по основным конструктивным элементам, включая режущие кромки, основные и вспомогательные поверхности. Для всех опытов толщина МП не превышала 3 мкм.

Исследование характера износа сверла Р6М5 после завершения процесса резания сильвинитовой руды выявило выкрашивание ленточки и нагрев сверла (рис. 2, а). После сверления 13 отверстий наблюдается смятие материала на выходе и затупление режущих кромок. На 17-м отверстии резко возрастает величина осевого усилия на инструмент, что свидетельствует о затуплении перемычки сверла. Характер процесса резания неравномерный, присутствуют рывки и скрип.

При резании сверлом с покрытиями TiN (рис. 2, б), ZrN (рис. 2, в) и $\bullet TiN-ZrN \bullet$ (рис. 2, г) наблюдается незначительный износ задней (ЗП) и передней (ПП) режущих кромок. Присутствует заметный износ угла, образованного между ПП и ленточкой сверла. Присутствует выкрашивание первой ленточки. Вторая ленточка, включая вспомогательную поверхность, сколота. Покрытия разрушены как на перемычке, так и на ленточке, на ЗП и ПП – изношено до быстрорежущей матрицы.

Исследование поверхности сверла, упрочненного покрытиями $Ti_xZr_{1-x}N$ (рис. 2, *д*) и $Ti_{1-x}Al_xN$ (рис. 2, *е*), выявили, что наблюдается незначительный износ ЗП и ПП поверхности режущей кромки сверла. Присутствует незаметный износ угла, образованного ПП режущей кромки и ленточкой сверла. Покрытия $Ti_{1-x}Al_xN$ и $Ti_xZr_{1-x}N$ разрушены только на перемычке и ленточке. Целостность $Ti_{1-x}Al_xN$ покрытия на ЗП и ПП практически не изменилась.

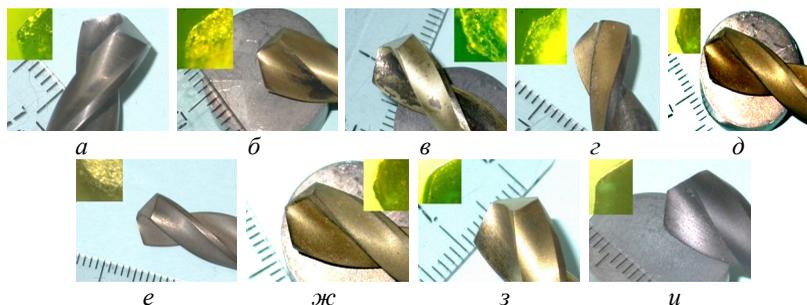


Рис. 2. Износ режущей части не упрочненного сверла (*а*) и сверл с покрытиями, осажденными методом ЭДИ: *б* – TiN; *в* – ZrN; *г* – •TiN–ZrN•; *д* – $Ti_xZr_{1-x}N$; *е* – $Ti_{1-x}Al_xN$ и комбинированным методом: *ж* – TiN; *з* – $Ti_xZr_{1-x}N$; *и* – $Ti_{1-x}Al_xN$

Эффективность покрытия TiN (рис. 2, *ж*), сформированного комбинированным методом незначительно превышает аналогичное покрытие, осажденное ЭДИ (рис. 2, *б*). Защитный эффект покрытий $Ti_xZr_{1-x}N$ (рис. 2, *з*) и $Ti_{1-x}Al_xN$ (рис. 2, *и*) значительно выше аналогичных покрытий (рис. 2, *д* и *е*).

По времени обработки и количеству просверленных отверстий можно судить о максимальной эффективности защиты поверхности материала режущего инструмента при обработке сylvинитовой руды у покрытий TiN, $Ti_xZr_{1-x}N$, $Ti_{1-x}Al_xN$, сформированных комбинированным методом (таблица).

Промышленные испытания сверл из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 8 мм, упрочненных всеми разработанными покрытиями, проводились с целью определения наиболее эффективного покрытия для упрочнения резцов РС-14 в горнодобывающей промышленности. К наиболее эффективным для обработки сylvинитовой руды относятся покрытия $Ti_xZr_{1-x}N$ и $Ti_{1-x}Al_xN$, сформиро-

рованные комбинированным методом по разработанным оптимальным технологиям.

Результаты стойкостных испытаний сверл Р6М5
с покрытиями TiN, ZrN, Ti_xZr_{1-x}N и Ti_{1-x}Al_xN,
сформированными ЭДИ и комбинированным методом

Метод осаждения	Материал покрытия	Время обработки, мин	Количество отверстий	Номер рисунка
ЭДИ	Нет	4	20	рис. 2, а
	TiN	3	20	рис. 2, б
	ZrN	2	5	рис. 2, в
	TiN-ZrN	2	10	рис. 2, г
	Ti _x Zr _{1-x} N	1	16	рис. 2, д
	Ti _{1-x} Al _x N	0,5	28	рис. 2, е
Комбинированный метод	TiN	10	max 60	рис. 2, ж
	Ti _x Zr _{1-x} N	30	300	рис. 2, з
	Ti _{1-x} Al _x N	30	280	рис. 2, и

Исследование выполнено в ФГБОУ ВО ПНИПУ.

Список литературы

1. Повышение эффективности обработки калийных руд путем упрочнения и защиты твердосплавного инструмента / В.Н. Анциферов, А.Л. Каменева, С.М. Вдовин, Е.М. Трофимов, Е.А. Шестаков // Труды 5-й Межрег. науч.-практ. конф. / СПГГИ (ТУ) ВГИ. – Воркута, 2007. – С. 6–9.
2. Каменева А.Л. Износостойкое и коррозионностойкое покрытие на основе TiC-(Ti,Zr)N-TiC для повышения стойкости режущего инструмента в горнодобывающей промышленности // Народное хозяйство республики Коми; науч.-техн. журн. / Воркут. горн. ин-т. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 93–97.
3. Каменева А.Л., Каменева Н.В. Воспроизводимость состава наноструктурированных покрытий на основе нитридов переходных металлов при ионноплазменных процессах // Тр. X Междунар. науч.-практ. конф. / Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2019. – С. 360–366.

Об авторах

Каменева Анна Львовна – профессор кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: annkam789@mail.ru.

Каменева Наталья Владимировна – магистрант кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: knv143@mail.ru.

А.В. Селезнева

**ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
УСЛУГ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

Определены составляющие качества образования по уровням: технический, технологический, производственный, управленческий, этический и мировой. Проанализированы и сформированы основные структурные элементы, определяющие качество образовательной услуги в политехническом вузе. Выявлены основные показатели внутренней системы оценки качества образования в вузе.

Ключевые слова: высшее образование, качество образования, образовательная услуга, оценка качества, уровни качества образования, политехнический вуз.

A.V. Selezneva

**FORMATION OF STRUCTURAL ELEMENTS
DETERMINING THE QUALITY OF EDUCATIONAL SERVICES
OF POLYTECHNICAL UNIVERSITY**

The components of the quality of education are determined by levels: technical, technological, industrial, managerial, ethical and global. The basic structural elements that determine the quality of educational services at a polytechnic university are analyzed and formed. The main indicators of the internal system for assessing the quality of education at the university are identified.

Keywords: higher education, quality of education, educational service, quality assessment, quality levels of education, polytechnic university.

На сегодняшний день жизненно важной задачей для стремящихся к лидерству вузов является создание культуры всеобщего управления качеством [1]. Застывшее на устаревших представлениях о качестве образования высшее руководство организации находит множество причин, по которым отказывается реализовывать принципы менеджмента качества. Среди этих причин стоит отметить следующие: узость взглядов, нежелание меняться, удовлетворенность текущим состоянием дел внутри организации и положе-

нием дел на рынке образовательных услуг, отсутствие ориентации на требования внутренних и внешних потребителей, ниведение проблем, старые подходы, довольствие существующей эффективностью, слабое понимание методов менеджмента и пр.

Однако в последние годы бурная конкуренция среди высших учебных заведений привела к появлению новых задач и ориентиров. Главный вопрос связан с качеством образовательных услуг [2, 3]. Результаты образования как «продукт» (выход) процесса образования по факту неосязаемы и трудно поддаются количественной оценке, поскольку продолжается их (результатов) трансформация в конкретном индивиде. Одна из задач высшего образования – интеллектуальное развитие личности, помощь в развитии творческих, критических, аналитических и других способностей, которые ему пригодятся в течение всей жизни. Кроме того, федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) описывают перечень компетенций, которые следует сформировать у студентов в течение времени обучения в вузе [4].

С 2019 учебного года в Пермском национальном исследовательском университете разработаны, утверждены и введены в действие самоустанавливаемые образовательные стандарты (СУОС), которые прошли независимую оценку качества у заинтересованных лиц – представителей работодателей. Подобная независимая оценка, однако, не дает полноценной гарантии соответствия требованиям потребителей образовательных услуг и вместе с тем позволяет понять и учесть некоторые особые пожелания работодателей.

Качество образования вуза является совокупным результатом взаимосвязанных видов деятельности отдельных структурных подразделений, управлений и факультетов с учетом эффективности принимаемых управленческих решений и исходя из выполняемых функций в соответствии с имеющимся ресурсным обеспечением (профессорско-преподавательский состав (ППС), материально-техническое обеспечение (МТО), инфраструктура, коммуникационные сети и пр.). На входе в образовательный процесс образовательной организации – имеющиеся характеристики абитуриента и их уровень. На выходе – качество образовательной услуги, первые результаты которой можно оценить уже в процессе образования, а конечные результаты которой влияют на уровень качества образования. Схема взаимодействия основных элементов, составляющих качество образовательной услуги, представлена на рисунке.

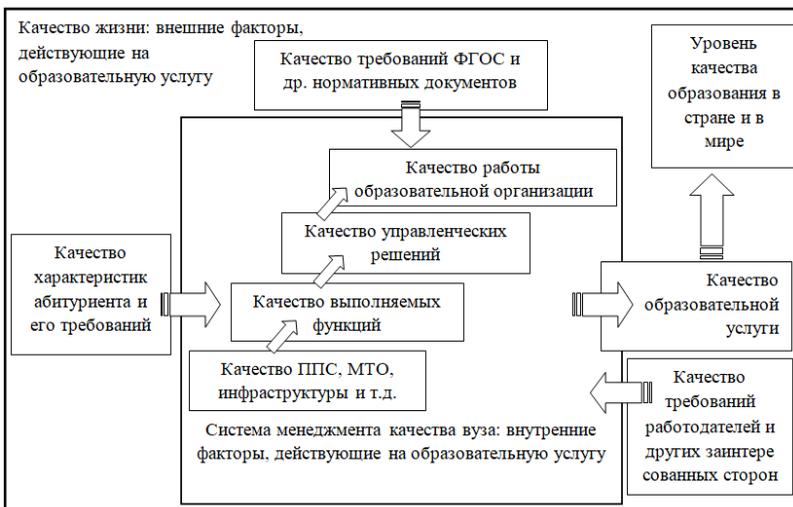


Рис. Схема внутренних и внешних факторов и элементов, определяющих качество образовательной услуги в вузе

Конкретными составляющими качества образования являются:

- степень соответствия стандартам: ФГОС, СУОС, профессиональному стандарту и т.д. (технический уровень качества);
- степень соответствия образовательных процессов установленным внутренним и/или внешним требованиям (технологический уровень качества);
- степень соответствия материально-технического обеспечения, научно-исследовательского потенциала, оборудования лабораторий и квалификации ППС современным запросам потребителей (производственный уровень качества);
- степень соответствия системы менеджмента качества образовательной организации требованиям международных стандартов в области качества ИСО серии 9000 (формальный управленческий уровень качества) и/или моделям совершенства, например участие в конкурсе на соискание премии Правительства Российской Федерации в области качества и др. (неформальный управленческий уровень, когда не требуется прохождение независимой процедуры подтверждения соответствия в органах по сертификации);

- степень соответствия требованиям и ожиданиям потребителей и других заинтересованных сторон, например работодателей (эксплуатационный уровень качества);
- степень соответствия требованиям и запросам общества (этический уровень качества);
- степень соответствия уровню качества образования в мире (мировой уровень качества).

Проведенный анализ теоретических и практических основ положений по оценке качества образования в различных вузах Российской Федерации позволил сделать ряд выводов.

Во-первых, существующие методы оценки качества образования нельзя считать окончательно завершенными и достаточными для измерения сложной категории, какой является «качество». Во-вторых, наличие разнообразия подходов и методов измерения качества образования свидетельствует о многогранности и многоаспектности анализируемой категории. В-третьих, ни одно из проанализированных положений, на наш взгляд, не обеспечивает полностью выяснения качества образования в вузе.

При создании внутренней системы оценки качества образования в вузе следует на первый план выдвинуть такие показатели качества, как условия реализации образовательных программ, непосредственно образовательные программы, результаты освоения образовательных программ, уровень квалификации преподавателей, культура общения, эстетичность помещений, материально-техническое оснащение аудиторий и лабораторий, обеспечение бесперебойной и безопасной работы инженерных сооружений и коммуникационных сетей и т.д. Показатели качества должны отражать все требования, которые выдвигаются требованиями ФГОС, нормами техники безопасности, различного рода технологических нормативных документов, и в то же время соответствовать всем требованиям их конечных потребителей. Достижение успехов в области качества образования возможно только при условии, что соответствующие усилия будут интегрированы в ежедневную деятельность высшего руководства с учетом результатов оценки качества образовательных услуг. Таким образом, только полная интеграция системы менеджмента качества в деятельность организации обеспечит достижение стратегических целей политехнического вуза.

Список литературы

1. Качалов В.А. Проблемы управления качеством в вузах // Стандарты и качество. – 2000. – № 11. – С. 82–91.
2. Азарьева В.В., Звездова А.Б., Мартюкова Е.С. / Разработка комплексного подхода к оценке качества образования // Качество. Инновации. Образование. – 2016. – № 8–10 (135–137). – С. 5–10.
3. Navodnov V., Motova G. The balance of stakeholder interests in the procedures of HE quality evaluation // Globalization and Diversification of Quality Assurance of Higher Education : Academic Proceeding of 2015 APQN Conference. – 2015. – P. 389–391.
4. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение (уровень бакалавриата): приказ Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. № 957 [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/150301.pdf>.

Об авторе

Селезнева Алевтина Владимировна – аспирант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: selezneva@pstu.ru.

Н.А. Лобанов, Е.М. Федосеева

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Проведен обзор исследований в области методов и способов прогнозирования структуры сварного шва, краткий анализ преимуществ и проблем в данной области исследований. Рассмотрены такие способы, как математические и численные методы, практические, а также базирующиеся на них программные обеспечения.

Ключевые слова: сварка, методы прогнозирования, структура сварных соединений, аналитический метод, математический метод.

N.A. Lobanov, E.V. Fedoseeva

COMPARISON OF METHODS FOR PREDICTING THE STRUCTURE OF WELDED JOINTS

In this paper, a review of scientific research in the field of methods and methods for predicting structural processes carried out in a brief analysis of the advantages and problems in this research area is carried out. We consider such methods as: mathematical and numerical methods, practical, as well as software based on them.

Keywords: welding, forecasting methods, structure of welded joints, analytical method, mathematical method.

На сегодняшний день для развития науки и техники характерна разработка, внедрение, а также широкое использование различных моделей, создаваемых как на базе традиционного экспериментального подхода, так и с применением новейших информационных технологий. Один из шагов в разработке сварочного процесса – это расчет состава шва или наплавленного металла, выбор способов влияния на формирование микроструктуры металла с помощью выбора процесса сварки, вариантами его параметров химического состава металла сварного шва.

На схеме (рис. 1) показана схема моделирования формирования структуры сварного шва [1,2]. На данной схеме авторы делят процесс формирования структуры на две части: макро- и микромоделирование. Далее кратко рассматривается каждый из этих факторов.



Рис. Схема моделирования структуры металла сварного шва

Моделирование кристаллизации металла в сварочной ванне. Если знать, как проходит процесс кристаллизации в сварочной ванне, можно прогнозировать размер и форму зерен. Однако моделирование кристаллизации в сварочной ванне затрудняется по следующим причинам:

- динамический характер процесса сварки;
- неопределенность формы ванны;
- разные температура и скорость, которые зависят от областей сварочной ванны.

Для описания этих причин модели массо- и теплообмена нужно связать с вероятностными моделями, такими как клеточные автоматы или демонтированные модели с использованием фундаментальных уравнений зарождения [3]. Теоретическому и практическому применению клеточных автоматов также посвящено множество работ.

Аналитическое моделирование. Данный способ моделирования имеет широкое применение в прогнозировании сварных соединений. Он основан на косвенном описании моделируемого объекта при помощи математических формул. Также при этом моделировании предполагается использование математических моделей.

К примеру, в работе [4] авторами рассмотрена возможность прогнозирования структурно-фазового состояния металла сварного шва на основании метода определения критических скоростей образования различных фаз, основанного на анализе процессов перераспределения углерода в зерне аустенита при охлаждении.

– для феррита:

$$\omega_{\text{кр}}^{\phi} = \frac{\left(\omega_{\text{кр}}^{0,1} + \frac{\Sigma N_j \Delta \omega}{0,01}\right) \cdot 0,1}{C_{\text{и}} - 0,02};$$

– для перлита:

$$\omega_{\text{кр}}^{\phi} = \frac{\left(\omega_{\text{кр}}^{0,1} + \frac{\Sigma N_j \Delta \omega}{0,01}\right) \cdot 0,1}{0,8 - C_{\text{и}}};$$

– для бейнита:

$$\omega_{\text{кр}}^{\phi} = \frac{\left(\omega_{\text{кр}}^{0,1} + \Sigma N_j \Delta \omega\right) \cdot 6,65}{0,01(C_{\text{и}} - 0,02)}.$$

Можно так же оценить скорость выделения различных фаз в легированном аустените, используя значения, процесс получения которых подробно описан в работе [4].

Математические (компьютерные) модели. Как уже было сказано ранее, их широко используют для моделирования сварочных процессов.

Математическая модель – это эквивалент объекта, отражающий в математической форме интересующие нас свойства – законы и связи.

Математическое моделирование незаменимо в тех случаях, когда практический эксперимент невозможен или экономически нецелесообразен. Но такой эксперимент можно без проблем провести, используя компьютер с наличием на нем программного обеспечения, позволяющего построить математическую модель изучаемого процесса.

Математическое моделирование процессов сварки охватывает следующие области [5]:

1. Прямое и обратное математическое моделирование и оптимизация сварочных процессов. Что позволяет определить оптимальные режимы сварки.

2. Теория сварочных процессов деформаций и напряжений. С ее помощью можно определить, какие напряжения возникнут в конструкции при различных режимах сварки.

3. Тепловые процессы при сварке. Позволяют провести решение задач теплопроводности аналитическими и численными методами. Можно понять, как распространяется тепло при сварке, как от этого зависит форма сварного шва, размеры ЗТВ, деформации и напряжения, когда происходят структурные превращения металла.

4. Диффузионные процессы при сварке. Делается разработка физико-математических моделей, анализ химической микро- и макронеоднородности сварных соединений. Также позволяет определить распределение химических элементов при сварке в металле шва, а также в околошовной зоне.

5. Металлургия сварки. Производится моделирование плавления и затвердевания металла шва, фазовые превращения в твердом состоянии. Позволяет определить характер кристаллизации сварочной ванны, рост и строение кристаллов и свойства различных зон их соединения. С помощью этого можно подобрать наиболее рациональный режим сварки, а также выбрать ее последовательность, оптимальную температуру подогрева и материалы.

Математическое моделирование сводит к минимуму расходы ресурсов при изучении и прогнозировании структуры сварных соединений.

На сегодняшний день существует достаточное количество аналитических и математических методов прогнозирования структуры и свойств сварных соединений. Обзор научных работ по данной теме показал широкое применение различных подходов для прогнозирования сварных соединений. Также прогнозирование состава металла шва дает возможность совершенствования процесса сварки еще на стадии расчетов, поэтому исследование, анализ и разработка методов и способов прогнозирования структуры сварного шва являются актуальной задачей в настоящее время.

Список литературы

1. Grong O. Metallurgical modeling of welding / The Institute of Materials. – London, 1997. – 605 p.

2. Mathematical models of transport phenomena associated with arc-welding processes: a survey / P.G. Jonsson, J. Szekely, R.T.T. Choo,

T.P. Quinn // Modeling and Simulation in Material Sci. and Eng. – 1994. – No. 2. – P. 995–1016.

3. Development of macro- and microstructures of C–Mn low alloy steel welds –inclusion formation / S.S. Babu, S.A. David, J.M. Vitek [et al.] // Mat. Sci. and Techn. – 1995. – No. 11. – P. 186–199.

4. Ефименко Л.А., Прыгаев А.К., Елагина О.Ю. Металловедение и термическая обработка сварных соединений: учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2007.

5. Математическое моделирование сварочных процессов [Электронный ресурс]. – URL: <https://eta-group.ru/info/technology/matematiceskoe-modelirovanie-svarochnykh-protsessov/>.

Об авторах

Лобанов Никита Андреевич – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национально исследовательский политехнический университет, e-mail: nikita.lbnv@yandex.ru.

Федосеева Елена Михайловна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: emfedoseeva@pstu.ru.

О.С. Чернавина

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Рассмотрены проблемы отсутствия на машиностроительных предприятиях целевых образовательных программ в областях автоматизации контроля и координатной метрологии, отсутствие стандартов, технических регламентов и методик выполнения координатных измерений типовых деталей. При решении проблем в области автоматизации контроля и координатной метрологии измерения автором определена важность наличия высококвалифицированных специалистов, что отвечает современным требованиям.

Ключевые слова: координатно-измерительные машины, координатные измерения, высококвалифицированные кадры, автоматизация процесса.

O.S. Chernavina

PROBLEMS OF ORGANIZATION OF HIGH-PRECISION MEASUREMENTS AT A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

The article deals with the problems of absence of target educational programs in the fields of control automation and coordinate Metrology at machine-building enterprises, as well as the lack of standards, technical regulations and methods for performing coordinate measurements of typical parts. When solving problems in the areas of control automation and coordinate measurement Metrology, the author defines the importance of having highly qualified specialists who meet modern requirements.

Keywords: coordinate measuring machines, highly qualified personnel, process automation.

Анализ проблем развития машиностроительного комплекса показывает, что в наши дни обеспечение качества выпускаемой продукции в современном инновационном производстве невозможно без гибких автоматизированных систем управления. Повышение качества изготовления деталей машин становится все более актуальной задачей в связи с вступлением Российской Федерации во Всемирную торговую организацию (ВТО). Формируется запрос на совершенствование процесса контроля деталей с учетом современных и перспективных методов измерения и контроля [1].

Цель исследования – рассмотреть проблемы внедрения контрольно-измерительных машин на машиностроительных предприятиях и пути их решения.

Постановка задачи.

Отметить важность автоматизации измерений в машиностроительной отрасли, необходимость наличия высококвалифицированных кадров для машиностроения. Выявить проблемы внедрения контрольно-измерительных машин на машиностроительных предприятиях и пути их решения.

Автоматизация процесса измерений в настоящее время является важной задачей, необходимой для повышения управляемости процессов изготовления продукции машиностроительной отрасли. Координатно-измерительные машины (КИМ) – это измерительное оборудование, вводимое в технологический процесс с целью оценки точности размеров деталей машин. КИМ представляют собой технически совершенные трехмерные измерительные механизмы с точки зрения их совместимости с общей гибкостью, точностью и скоростью процесса измерения [2].

Выполнение измерений с использованием координатных методов измерения способно автоматизировать процесс измерения деталей сложной формы. Однако этот процесс влечет за собой необходимость соответствующей подготовки кадров высокой квалификации и опыта персонала (оператора). Именно поэтому высококвалифицированные кадры являются принципиально важной составляющей конкурентоспособности любой организации, особенно тех, где наблюдается дефицит специалистов.

Компетентный, отвечающий современным требованиям специалист по направлению «стандартизация, сертификация и управление качеством в производстве» должен: знать и разбираться в производственных процессах различной степени технологичности; обладать навыками использования современных технических средств обеспечения качества, а также способностью разработки и внедрения эффективных мер по обеспечению качества продукции. Важную роль в этом играет высшее образование, а именно глубокие знания и профессионализм преподавателей, богатая и современная лабораторная база [3].

Для выполнения измерений на КИМ инженер должен обладать широким кругом профессиональных знаний, опытом, умением принимать решения, навыками получения требуемых резуль-

татов. Они должны знать основы машиностроения и метрологии, уметь работать с данными, системами автоматизированного проектирования (САПР) координатно-измерительного оборудования, разбираться в стандартах и методах управления качеством, знать основы аналитической геометрии и статистики, а также иностранные языки.

В развитых странах ведущие промышленные предприятия и разработчики измерительной техники объединяют усилия для совместной разработки и реализации программ подготовки специалистов в области координатных измерений.

В нашей стране широкое внедрение координатно-измерительных методов в производство сдерживается рядом факторов:

- отсутствие подготовленных кадров и целевых образовательных программ в области автоматизации управления и координирующей метрологии на машиностроительных предприятиях;
- высокая стоимость координатно-измерительного оборудования и программного обеспечения для него;
- зависимость от зарубежных производителей;
- отсутствие современных стандартов, технических регламентов и методик выполнения координатных измерений типовых деталей;
- несовершенство российских стандартов на координатно-измерительные приборы.

Эффективное использование координатно-измерительных и вычислительных систем заключается не только в автоматизации рабочих мест, где установлено новое оборудование, но и в обучении людей новым способам работы, переподготовке специалистов и переосмыслении всех процессов, происходящих на рабочем месте. Это потребует существенных изменений в организации предприятия. Если ИВК (инженерно-вычислительный комплекс) не будет должным образом внедрен в производство, то возникнет ситуация, когда его использование станет недостатком, а не преимуществом. При покупке оборудования в бюджет следует включать расходы не только на аппаратное и программное обеспечение, техническую поддержку, но и на обязательное обучение персонала.

На данный момент очевидно, что на машиностроительных предприятиях должны быть внедрены новые методы и средства контроля, в том числе наиболее эффективные для координатно-

измерительных машин (КИМ) различных компоновок и размеров. Метод координатных измерений, основанный на работе координатно-измерительных машин (КИМ), является наиболее универсальным и может быть эффективно использован для автоматизированного контроля широкого спектра деталей (в том числе измерений зубчатых колес различного профиля) [6].

Так, оснащение предприятия современными средствами измерений и внедрение соответствующих прогрессивных методов измерений не планируется и не направляется, а осуществляется от случая к случаю, что приводит к разногласиям в метрологическом обеспечении предприятия и, как следствие, сказывается на качестве выпускаемой продукции. Практическое отсутствие специализированных учебных заведений не позволяет пополнить штат метрологической службы предприятия молодыми квалифицированными специалистами. В то же время количество метрологов сокращается [5].

Очевидно, что для широкого внедрения современных систем координат и методов управления в производство необходима координация усилий государственных органов и общественных организаций в рамках реализации государственной программы.

В заключение отметим, что измерительная техника – один из важнейших факторов ускорения научно-технического прогресса практически во всех отраслях экономики. Нынешний этап развития измерительной техники требует переосмысления старых и рассмотрения новых проблем промышленных предприятий. Прежде всего это связано с принципиальными новациями законодательных актов, которые были приняты в обстановке жестких дискуссий различных субъектов метрологической деятельности.

Сегодня как никогда важно для восстановления промышленного производства и технического развития производства в России совершенствовать координатно-измерительные машины. Должен быть создан механизм, который представляет собой взаимосвязь организационно-экономических и финансовых мероприятий. Именно поэтому государственная политика должна быть направлена на осуществление организационных, финансовых и технических мер, направленных на восстановление и совершенствование качественной и конкурентоспособной продукции.

Список литературы

1. Бiryukova E.A., Mигачева Г.Н. Процессный подход в организации обучения студентов работе на учебной координатно-измерительной машине с ЧПУ // Педагогические науки. Наука без границ. – 2019. – № 12 (40).
2. Зубарев Ю.М., Косаревский С.В., Ревин Н.Н. Автоматизация координатных измерений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. – 160 с.
3. Кузьмина А.В., Чернов В.Ю., Анисимов Э.А. К вопросу применения координатно-измерительных машин в учебном процессе при подготовке специалистов по стандартизации и метрологии // Современная наука: Актуальные проблемы и пути их решения. – Март. – 2017.
4. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Академия, 2012. – 320 с.
5. Weckenmann A., Beetz S. AUKOM training concept for Coordinate Metrology // Probing. – 2003. – Vol. 9. – P. 12–13.
6. Челябинский научно-исследовательский и конструкторский институт средств контроля и измерения в машиностроении [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.toolmaker.ru/main.php>.

Об авторе

Чернавина Ольга Сергеевна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chernavina_olya@mail.ru.

И.П. Попов

МНОГОКОМПОНЕНТНАЯ КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Рассматривается механическая колебательная система с однородными элементами, а именно, с n -массивными грузами (мультиинертный осциллятор). Показана возможность возникновения в такой системе свободных гармонических колебаний грузов.

Ключевые слова: осциллятор, инертный, гармонический, реактивность, пространственный сдвиг, фазовый сдвиг, кинетическая энергия.

I.P. Popov

MANY COMPONENT OSCILLATORY SYSTEM

A mechanical oscillatory system with homogeneous elements, namely, with n massive loads (multi-inert oscillator), is considered. The possibility of the appearance of free harmonic oscillations of loads in such a system is shown.

Keywords: oscillator, inert, harmonic, reactivity, spatial shift, phase shift, kinetic energy.

Свободные гармонические колебания классического маятника обусловлены взаимным преобразованием кинетической энергии груза в потенциальную энергию пружины. Разработаны осцилляторы с другим характером энергообмена [1, 2], например, преобразованием кинетической энергии груза в энергию магнитного поля соленоида или энергию электрического поля конденсатора. Все эти колебательные системы и подобные им явились предпосылкой создания биинертного осциллятора, в котором ускорение одного груза происходит за счет торможения другого, т.е. происходит обмен только кинетическими энергиями.

Целью работы является моделирование мультиинертного осциллятора.

Синтез колебательной системы. Пусть в плоскости Z имеются не две, а n координатных осей $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$, образующих центрально симметричную звезду с центром в точке 0 . Угол между осями составляет π/n . Из начала координат 0 отложен вектор R . Направление вектора произвольное $R \subset Z$.

Теорема 1.

1. Отрезки, соединяющие координаты x_1, x_2, \dots, x_n вектора R в системе координат $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$, образуют правильный n -угольник.

2. Размер n -угольника не зависит от ориентации вектора R .

3. Середина вектора R совмещена с центром n -угольника.

Доказательство. Вектор R имеет координаты:

$$\begin{aligned} x_1 &= R \cos \varphi, \quad x_2 = R \cos \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right), \quad \dots, \\ x_i &= R \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right], \quad \dots, \quad x_n = R \cos \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right]. \end{aligned} \quad (1)$$

В соответствии с теоремой косинусов

$$\begin{aligned} (x_i x_{i+1}) &= R^2 \left\{ \cos^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] + \cos^2 \left(\frac{i\pi}{n} - \varphi \right) - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \cos \left(\frac{i\pi}{n} - \varphi \right) \cos \frac{\pi}{n} \right\} = \\ &= R^2 \sin^2 \frac{\pi}{n} (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = R^2 \sin^2 \frac{\pi}{n}. \end{aligned}$$

Из этого следует, что все стороны n -угольника одинаковы по длине. При этом их длина не является функцией φ , т.е. не зависит от ориентации вектора R .

Далее середина вектора R обозначается r . В соответствии с теоремой косинусов

$$\begin{aligned} (x_i r)^2 &= R^2 \left\{ \cos^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] + \frac{1}{4} - \right. \\ &\quad \left. - 2 \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \frac{1}{2} \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \right\} = \frac{R^2}{4}. \end{aligned}$$

Из этого следует, что все отрезки, связывающие точку r с вершинами n -угольника, имеют одинаковую длину. Это означает, что n -угольник является правильным, и точка r совпадает с его центром.

Теорема доказана.

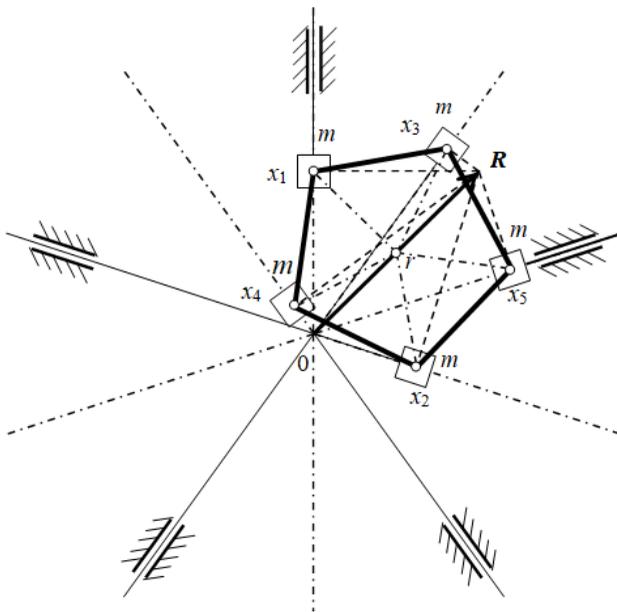


Рис. 1. Мультиинертный осциллятор

Теорема 1 позволяет определить конфигурацию мультиинертного осциллятора, упрощенная схема которого показана на рисунке.

Для целей теоремы 1 вершины правильного многоугольника рассматривались в одной плоскости Z . Для инженерных целей траектории грузов не должны пересекаться, поэтому грузы и их направляющие расположены в параллельных плоскостях подобно цилиндрам, шатунам и кривошипам в кривошипно-шатунном механизме. Для обеспечения этого, например, стержень x_1x_3 закреплен «сверху» (ближе) груза, находящегося в координате x_1 , а стержень x_1x_4 – «снизу» (дальше, на рисунке не показано).

Анализ колебательной системы. Внешние силы к системе не приложены. Скорости инертных тел массой m каждое определяются как производные их координат. В соответствии с (1)

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= -R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}, \dots, \frac{dx_i}{dt} = R \sin \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] \frac{d\varphi}{dt}, \dots, \\ \frac{dx_n}{dt} &= R \sin \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right] \frac{d\varphi}{dt}. \end{aligned}$$

Для того чтобы в системе происходили свободные гармонические колебания, необходимо, чтобы ее полная энергия оставалась постоянной. В данном случае полная энергия системы имеет вид:

$$\begin{aligned} T = \frac{1}{2} m R^2 \left\{ \sin^2 \varphi + \sin^2 \left(\frac{\pi}{n} - \varphi \right) + \dots + \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \varphi \right] + \dots \right. \\ \left. \dots + \sin^2 \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \varphi \right] \right\} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Теорема 2. При $n \geq 2$ имеет место выражение:

$$\sum_{i=1}^n \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} \pm \varphi \right] = \frac{n}{2}. \quad (3)$$

Доказательство

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sin^2 \left[\frac{(i-1)\pi}{n} \pm \varphi \right] &= \frac{n}{2} - \\ - \frac{1}{2} \cos 2\varphi \sum_{i=1}^n \cos \frac{(i-1)2\pi}{n} \mp \frac{1}{2} \sin 2\varphi \sum_{i=1}^n \sin \frac{(i-1)2\pi}{n}. \end{aligned}$$

Если вдоль координатных осей $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$ отложить единичные векторы, то их сумма вследствие центральной симметрии будет равна нулю. Следовательно, сумма проекций этих единичных

векторов на любую из осей $0x_1, 0x_2, \dots, 0x_n$ также будет нулевой. По этой причине последние две суммы тождественно равны нулю.

Теорема доказана.

С учетом теоремы 2 (выражение (3)) полная (она же кинетическая) энергия (2) равна

$$T = \frac{1}{4}nmR^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = \text{const}.$$

Из последнего выражения следует $\frac{d\varphi}{dt} = \text{const}$. $\varphi = C_1 t + C_2$.

Начальные условия для фазы и угловой скорости: $\varphi(0) = \varphi_0$,

$$\frac{d\varphi}{dt}(0) = \omega_0.$$

Отсюда $C_2 = \varphi_0$, $C_1 = \omega_0$.

Формулы для координат грузов (1) принимают вид:

$$x_1 = R \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \dots, x_i = R \cos \left[\frac{(i-1)\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right], \dots,$$

$$x_n = R \cos \left[\frac{(n-1)\pi}{n} - \omega_0 t - \varphi_0 \right].$$

Начальные условия для перемещения и линейной скорости:

$$x_1(0) = x_{10}, \quad \frac{dx_1}{dt}(0) = v_{10}.$$

$$\text{Отсюда} \quad \cos \varphi_0 = \frac{x_{10}}{R}, \quad \varphi_0 = \arccos \frac{x_{10}}{R} = \arcsin \sqrt{1 - \frac{x_{10}^2}{R^2}},$$

$$-R\omega_0 \sin(\omega_0 0 + \varphi_0) = v_{10},$$

$$\omega_0 = -\frac{v_{10}}{\sqrt{R^2 - x_{10}^2}}. \quad (4)$$

Инертные тела массой m каждое осуществляют гармонические колебания, обусловленные взаимным обменом кинетической

энергией. Потенциальная энергия пружин для этого не требуется. Колебания тел являются свободными.

Особенностью мультиинертного осциллятора является то, что частота его свободных колебаний (4) не фиксирована и определяется преимущественно начальными условиями. Эта особенность может оказаться весьма полезной для технических приложений, например, для самонейтрализации механической реактивной (инерционной) мощности.

При расположении направляющих грузов не в виде звезды, а параллельно друг другу углы между соответствующими кривошипами необходимо составят $360/n$ градусов.

Мультиинертный осциллятор имеет перспективу промышленного применения. Некоторые вибромашины, в частности сортировальные, имеют более трех массивных подвижных рабочих органов [3]. Построение их по схеме мультиинертного осциллятора позволит существенно сократить потребление энергии, которая в этом случае *не будет* расходоваться на сообщение массивным рабочим органам колебательных движений (около 90 % полной мощности), а будет направлена только на компенсацию трения и на совершение полезной работы.

Список литературы

1. Прокопов Е.Е., Горин А.В. Методы исследования процессов в системах виброзащиты с управляемой жесткостью // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2019. – № 2 (334). – С. 52–59.
2. Муртазина С.А. Расчет устойчивости вынужденных колебаний многопараметрических динамических систем // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2011. – № 1-1. – С. 198–203.
3. Гудушаури Э.Г. Применение вибрационной технологии в сельском хозяйстве // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2018. – № 3. – С. 145–148.

Об авторе

Попов Игорь Павлович – ГИП ЗАО «Курганстальмост»,
e-mail: ip.popov@yandex.ru.

О.Б. Санникова

**АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Представлены формы управления бизнес-процессами предприятия. Определены возможные инструменты управления бизнес-процессами. Рассмотрены проблемы управления машиностроительными предприятиями и причины их возникновения. Предложены способы устранения этих причин. Обозначены преимущества использования инструмента управления предприятием автоматизация бизнес-процессов.

Ключевые слова: управление предприятием, автоматизация бизнес-процессов, функционирование бизнес-процессов, система менеджмента качества.

O.B. Sannikova

**AUTOMATIZATION OF BUSINESS PROCESSES
AS A TOOL FOR EFFECTIVE MANAGEMENT
AT A MACHINE-ENGINEERING FACILITY**

The forms of facility's business processes management are presented. Possible business processes management tools are identified. The problems of managing machine-engineering facilities and the reasons for their occurrence are considered. Methods for eliminating these causes are proposed. The advantages of using the facility management tool - the automatization of business processes- are determined.

Keywords: enterprise management, automation of business processes, functioning of business processes, quality management system.

Актуальность проблемы управления машиностроительными предприятиями обусловлена необходимостью повышения эффективности и качества функционирования всех бизнес-процессов за счет использования инструментов, соответствующих тенденциям рынка.

В современных условиях развития бизнеса при активно изменяющейся конъюнктуре рынка, многозадачности управления, высокой скорости принятия решений возникает необходимость пересмотра методов управления, а зачастую и поиска новых принципов организации управления производством машиностроительного предприятия.

Интенсивное воздействие внешней среды обуславливает актуальность детального изучения бизнес-процессов, протекающих на предприятии, и поиска инструментов и методов организации управления производством. Появление новых форм управления и организации производства является ответной реакцией на фундаментальные процессы технического прогресса. В настоящее время ощущается нехватка методов и инструментов управления бизнес-процессами, соответствующих всем требованиям рынка и способных оказать существенное влияние как на удовлетворенность всех участников бизнес-процесса, так и на динамично изменяющиеся требования к качеству продукции [1].

Одним из самых известных и широко используемых инструментов управления бизнес-процессами является внедрение на машиностроительных предприятиях системы менеджмента качества (СМК). СМК стала неотъемлемой частью большинства предприятий, с помощью которой оно управляет видами деятельности, которые связаны с достижением намеченных результатов – от анализа контракта, проектирования до выпуска продукции, оказания услуг и т.д.

К сожалению, система менеджмента качества, сертифицированная в соответствии с требованиями международного стандарта ИСО 9001:2015, не является залогом успешного управления предприятием. Руководителю предприятия зачастую сложно оценить реальное состояние того или иного бизнес-процесса, так как функционирование бизнес-процессов СМК напрямую зависит от человеческого фактора – владельцев этих бизнес-процессов и их исполнителей. В большинстве случаев общая картина функционирования предприятия представляется руководителю в виде отчетов на бумажных или электронных носителях. Владея такой информацией, сложно полноценно оценить качество функционирования бизнес-процессов, а соответственно, и общую картину управления предприятия в целом.

В последнее время решение этой проблемы успешно достигается путем использования одного из современных инструментов управления бизнес-процессами – автоматизацией бизнес-процессов. Она позволяет высвободить внутренние (финансовые и человеческие) ресурсы для повышения производительности труда и сконцентрировать менеджмент на ключевых направлениях деятельности предприятия [2].

Автоматизация бизнес-процессов представляет собой перевод простых операций и бизнес-задач под контроль информационной системы или программного комплекса и является следующим этапом регламентации бизнес-процессов – описания порядка взаимодействия всех включенных в конкретный бизнес-процесс пользователей. Регламентация, в свою очередь, является необходимым предварительным этапом автоматизации бизнес-процессов, от качества выполнения которого зависит результативность проведения автоматизации.

Если обратиться к определению регламентации бизнес-процессов, можно увидеть, что регламентация – это и есть внедренная на предприятии система менеджмента качества. Иными словами, предприятия, внедряющие систему менеджмента качества, автоматически выполняют предварительный этап автоматизации бизнес-процессов [3].

В настоящее время трудно найти машиностроительное предприятие, которое не заявляло бы о наличии сертифицированной системы менеджмента качества (численность и объемы производства не имеют значения). Однако если судить по данным источников компаний, оказывающих услуги по автоматизации бизнес-процессов, лидирующее место среди организаций, осуществивших автоматизацию бизнес-процессов, занимают организации банковской сферы. На следующем месте предприятия, с достаточно большой численностью, машиностроения и оборонного комплекса. Таким образом, мнение о том, что сложность регламентации и автоматизации бизнес-процессов зависит от размера компании, количества сотрудников и объемов производства, является ошибочным [4].

В связи с этим возникает вопрос: «Почему машиностроительные предприятия с небольшой численностью, имеющие функционирующую систему менеджмента качества, сложнее переходят на следующий этап управления бизнесом – автоматизацию бизнес-процессов?»

По мнению автора, причиной этого является ошибочное мнение руководителей предприятия о том, что и при такой системе управления деятельность предприятия под контролем (привычка работать «по старинке»). Причину этого автор описывает выше.

Дополнительно приведем несколько причин (и предложений по их устранению), которые затрудняют переход на следующий шаг управления – автоматизацию.

1. В определенных бизнес-процессах отсутствует логика – дублирование бизнес-процессов либо наличие сфер деятельности предприятия, не охваченных ни одним бизнес-процессом. Устранение данной причины возможно проведением анализа всей деятельности предприятия с выделением четкой структуры сквозных бизнес-процессов и подпроцессов. Прорисовка схем протекания бизнес-процесса с выделением участников позволяет увидеть избыточные и повторяющиеся действия, которые излишне потребляют ресурсы и время сотрудников.

2. Затруднен учет бизнес-процессов (отсутствие сбора информации и статистики по времени протекания каждого бизнес-процесса, количества участвующего персонала, потреблению ресурсов). Применение детальной статистики при сборе указанной информации помогает разобраться в реальном положении дел предприятия.

3. Отсутствие формализации бизнес-процессов, выражающееся в отсутствии зон ответственности персонала, задержке сроков выполнения задач. Как следствие, хаотичность деятельности предприятия и персонала. Решением устранения данной проблемы является применение систем автоматизации бизнес-процессов [5].

Таким образом, автоматизация бизнес-процессов позволяет устранить все указанные проблемы и решить следующие задачи:

- организация учета и контроля деятельности предприятия;
- оперативная отчетность о состоянии дел предприятия;
- повышение эффективности использования рабочего времени;
- безопасное хранение информации;
- минимальное влияние человеческого фактора на функционирование бизнес-процессов.

Стоит отметить следующие преимущества автоматизации бизнес-процессов:

- увеличение скорости решения задач;
- увеличение согласованности действий;
- автоматизация ручного труда;
- рост объема контроля информации;
- снижение количества ошибок, вызванных человеческим фактором;
- повышение прозрачности бизнеса.

Таким образом, автоматизация бизнес-процессов позволяет существенно повысить качество управления и качество продукции предприятий любого типа, размера и сферы деятельности. В результа-

те автоматизации управления бизнес-процессами руководитель получает больше адекватной информации для анализа функционирования бизнес-процессов, что приводит к повышению управляемости предприятия с учетом внешних и внутренних факторов.

Список литературы

1. Cyberleninka: научная электронная библиотека: сайт. – М., 2019. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-biznes-protsessami-na-mashinostroitelnom-predpriyatii/viewer> (дата обращения: 25.02.2020).
2. Репин В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 512 с.
3. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 543 с.
4. Business Studio. Система бизнес моделирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.businessstudio.ru/clients/> (дата обращения: 26.02.2020).
5. Типичные проблемы бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.comindware.com/ru/blog-business-process-fozmalization-benefits/> (дата обращения: 26.02.2020).

Об авторе

Санникова Оксана Борисовна – магистрант кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: troks_1982@mail.ru.

А.М. Долгошапко, В.В. Карманов, А.А. Ширяев, А.А. Бакунов

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ НАКАТКИ

Предложена доработанная конструкция накатного устройства. В качестве индентора используется шарик и устанавливается в установку для сварки трением. Может быть использовано для упрочнения плоских и цилиндрических поверхностей деталей машиностроения.

Ключевые слова: накатка, упрочнение, устройство для упрочнения, поверхностная пластическая деформация.

A.M. Dolgoshapko, V.V. Karmanov, A.A. Shiryayev, A.A. Bakunov

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR STRENGTHENING ROLLING

A modified design of the rolling device is proposed. A ball is used as an indenter and is installed in an installation for friction welding. It can be used for hardening flat and cylindrical surfaces of engineering parts.

Keywords: knurling, hardening, hardening device, surface plastic deformation.

Актуальность проблемы

Как правило, эксплуатационные свойства детали могут быть улучшены за счет проведения термической обработки (ТО): закалка, отпуск, отжиг и т.д. Несмотря на их высокую стоимость и временные затраты, ТО иногда недостаточно для получения необходимых свойств материала. Вот почему в производстве прибегают к процессам поверхностной пластической деформации (ППД), таким как обкатывание роликом или шариком. Из-за локальной пластической деформации топография поверхности изменяется, поверхностные слои измельчаются и возникают сжимающие остаточные напряжения. Обработка ППД увеличивает усталостную прочность, которая остается основной причиной разрушения деталей. Ввиду этого важно подобрать такую технологию ППД и режимы обработки, чтобы обеспечить требуемые показатели качества поверхности.

Данная технология может использоваться на цилиндрических, плоских, сложнопрофильных поверхностях, зонах резких изменений сечения и т.д. Основное ограничение этого процесса в основном геометрическое. Несмотря на сложность программирования

процессов в пятиосевой области, использование поворотного центра, фрезерного станка с ЧПУ или робота может помочь справиться с этим ограничением.

Устройство относится к машиностроению и может быть использовано при ППД плоских и цилиндрических поверхностей. На исходном инструменте сферический деформирующий элемент установлен на опорном подшипнике, который закреплен в цилиндрическом корпусе приспособления (рис. 1, 2). Внутри приспособления находится смазка, которая уменьшает коэффициент трения между сферическим деформирующим элементом крышкой приспособления и заготовкой. В результате повышается производительность, снижается усилие деформирования, улучшается теплоотвод из зоны обработки и формируются остаточные напряжения.

Главная идея доработки заключалась в том, чтобы при накатывании сам шарик мог свободно двигаться во всех трех направлениях (x , y , z) без какого-либо изменения самого положения хвостовика детали (рис. 3–5).



Рис. 1. Устройство для накатки в сборе



Рис. 2. Устройство для накатки: 1 – шарик \varnothing 6 мм; 2 – опорная крышка; 3 – осевой палец; 4 – корпус; 5 – роликовый подшипник

Данные устройства устанавливаются в установку I-STIR PDS-5 для перемешивающей сварки трением.

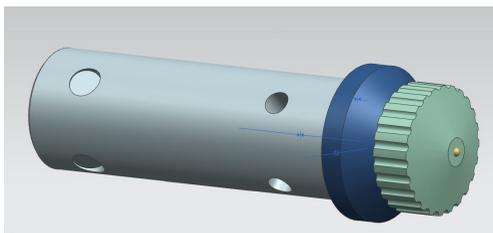


Рис. 3. Улучшенная деталь для накатки в полной сборке

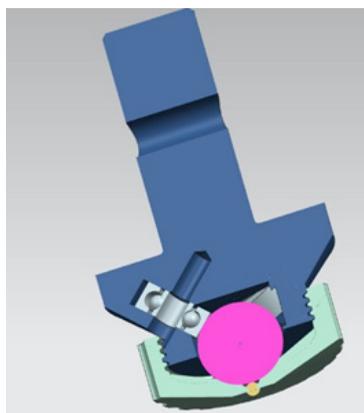


Рис. 4. Инструмент в разрезе



Рис. 5. Большой, малый шарик и радиально-упорные подшипники

Выводы

Доработана конструкция устройства для накатки, движение инструмента может осуществляться в любом направлении;
Получено КД на устройство.

Об авторах

Долгошапко Александр Михайлович – студент кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: adolgoshapko@mail.ru.

Карманов Вадим Владимирович – заведующий кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: karmanovs@yandex.ru.

Ширяев Алексей Александрович – ассистент кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alex_sh_23-1@mail.ru.

Бакунов Алексей Александрович – магистрант кафедры «Инновационные технологии машиностроения», Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

**М.Р. Миндибаев, Д.А. Ощепков, А.С. Чунарев,
Т.В. Ольшанская, Е.С. Саломатова**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В MATHCAD 15

Проведено моделирование мгновенного теплового источника при сварке бесконечной пластины из сплавов 09Г2С и АМг5. По результатам моделирования проведен анализ и сделаны выводы о работоспособности модели и дальнейших перспективах ее использования.

Ключевые слова: моделирование тепловых процессов, сварка плавлением, алюминиевый сплав, низколегированная сталь.

**M.R. Mindibaev, D.A. Oshchepkov, A.S. Chunarev,
T.V. Olshanskaya, E.S. Salomatova**

MODELING OF HEAT PROCESSES IN WELDING BY MELTING OF VARIOUS MATERIALS IN MATHCAD 15

Simulation of an instantaneous heat source during welding of an endless plate of 09G2S and AMg5 alloys is carried out. Based on the simulation results, an analysis is made and conclusions are drawn about the performance of the model and further prospects for its use.

Keywords: modeling of thermal processes, fusion welding, aluminum alloy, low alloy steel.

Сварочные процессы относятся к высокотемпературным технологическим процессам, при которых нагрев и охлаждение свариваемых изделий вызывают разнообразные физические и химические процессы в материале сварных конструкций: плавление, кристаллизацию, структурные превращения, появление напряжений и пластических деформаций [1].

Моделирование сварки плавлением производилось в программе MathCad 15. В качестве моделируемых материалов были выбраны алюминиевый сплав АМг5 и низколегированная сталь 09Г2С. Данные материалы были выбраны из-за их широкого использования в промышленности. В табл. 1 приведен химический состав сплава АМг5, в табл. 2 приведен химический состав сплава 09Г2С [2].

Таблица 1

Химический состав алюминиевого сплава АМг5

Fe, %	Si, %	Mn, %	Ti, %	Al, %	Cu, %	Be, %	Mg, %	Zn, %
До 0,5	До 0,5	0,3–0,8	0,02–0,1	91,9–94,68	До 0,1	0,0002–0,005	4,8–5,8	До 0,2

Таблица 2

Химический состав низколегированной стали 09Г2С

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
До 0,12	0,5–0,8	1,3–1,7	До 0,3	До 0,035	До 0,3	До 0,3	До 0,3

Теплофизические характеристики материалов представлены в табл. 3. Для моделирования была использована стандартная функция [3, 4]

$$T2(r, z, t) = \frac{2Q}{cp(4\pi at)^{\frac{3}{2}}} \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{4al}\right) \cdot \sum_{n=-5}^5 \exp\left[-\frac{(z + 2n\delta)^2}{4at}\right],$$

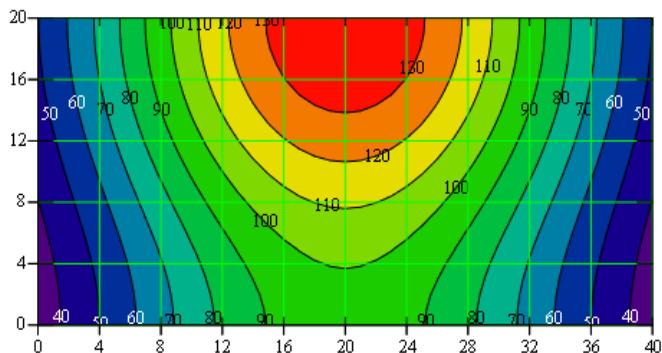
где Q – количество теплоты, Дж; c – удельная теплоемкость тела, Дж/(кг·К); a – коэффициент температуропроводности м²/с; ρ – плотность тела, кг/м³.

Таблица 3

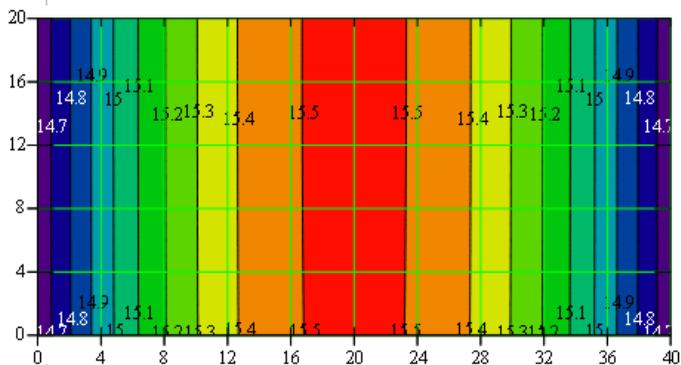
Теплофизические характеристики стали 09Г2С и алюминиевого сплава АМг5 [3]

Материал	Q , Дж	λ , Дж/(с·м·К)	a , м ² /с	cp , Дж/(м ³ ·К)	δ_1 , м	α , Вт/(м ² ·К)
09Г2С	2000	27	$0,486 \cdot 10^{-5}$	$5,556 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^{-3}$	7,9
АМг5	2000	205	$2,44 \cdot 10^6$	$8,402 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-3}$	23,9

В результате аналитического моделирования тепловых процессов сварки были получены изотермы для разных материалов (рисунок).



a



б

Рис. Изотермы, полученные при моделировании:
a – 09Г2С; *б* – АМг5

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что при одинаковом тепловложении и времени после воздействия источника материалы ведут себя по-разному. Это объясняется разными теплофизическими свойствами материалов. Теплопроводность сплава 09Г2С ниже, чем теплопроводность сплава АМг5. Данную модель в дальнейшем можно использовать для прогнозирования тепловых процессов и структуры металла при моделировании сварочных процессов различных деталей из различных материалов.

Список литературы

1. Язовских В.М. Моделирование тепловых процессов при сварке: учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – Ч. 2. – 204 с.
2. Письма о материалах / Валитова [и др.]. – 2014. – № 4 (3). – С. 191–194.
3. Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне / Рыбачук А.М. [и др.].
4. Судник В.А., Ерофеев В.А. Компьютерные методы исследования процессов сварки / ТПИ. – Тула, 1988. – 94 с.

Об авторах

Миндибаев Максим Ринатович – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: max.mindibaevv@gmail.com.

Ощепков Даниил Александрович – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: strong.oshchepkov@inbox.ru.

Чунарев Алексей Сергеевич – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chunarev.aleksey@mail.ru.

Ольшанская Татьяна Васильевна – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технологии материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tvo66@mail.ru.

Саломатова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: weld-katy@mail.ru.

**И.В. Усанин, Д.А. Лютов, Т.В. Ольшанская,
Е.С. Саломатова, Е.М. Федосеева**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

Рассмотрено влияние теплофизических параметров разнородных материалов на формирование изотерм при моделировании сварки плавлением. Для сравнения были выбраны два материала: алюминиевый сплав АМг6 и титановый сплав ВТ1-0. Установлено, что наибольшее влияние на изменение температуры в процессе сварки плавлением оказывает теплопроводность материала: чем выше теплопроводность, тем больше распределяется тепло по моделируемому телу.

Ключевые слова: математическое моделирование, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, сварка плавлением, теплопроводность.

**I.V. Usanin, D.A. Lyutov, T.V. Olshanskaya,
E.S. Salomatova, E.V. Fedoseeva**

STUDY OF THE INFLUENCE OF THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS ON THE THERMAL PROCESSES IN THE SIMULATION OF FUSION WELDING

In the article the influence of thermophysical parameters of heterogeneous materials on the formation of isotherms, when modeling fusion welding is considered. Two materials were chosen for comparison: aluminum alloy АМг6 and titanium alloy ВТ1-0. It is established that the greatest influence on temperature change in the process of fusion welding is the heat conductivity of the material, the higher the heat conductivity, the more heat is distributed over the simulated body.

Keywords: mathematical modeling, aluminum alloys, titanium alloys, fusion welding, heat conductivity.

В современном авиастроении, ракетостроении и машиностроении большой объем изделий изготавливают из алюминиевых и титановых сплавов [1]. Данные сплавы характеризуются малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью. Существуют особенности при сварке данных групп материалов. На поверхности алюминиевых сплавов находится тугоплавкая оксидная пленка, при

сварке этот окисел затрудняет сплавление кромок и проникает в шов через расплавленную ванну в виде включений, чем снижает механические свойства шва [2]. Алюминиевые сплавы обладают при сварке, после сварки повышенной склонностью к короблению, пористостью шва, металл шва склонен к образованию трещин и т.д. В отличие от алюминиевого сплава, титановые сплавы обладают высокой температурой плавления, коэффициент теплопроводности титана в 13 раз меньше, чем у алюминия, поэтому при сварке титановых сплавов наблюдается меньше потерь энергии, осуществляется концентрированный нагрев при значительном градиенте температурных напряжений. Это может привести к значительному возрастанию напряжений, что необходимо учитывать при выборе оптимальных режимов сварки титановых сплавов [3].

Таким образом, моделирование сварочных процессов для различных материалов, с различными теплофизическими характеристиками представляет большой интерес.

В данной работе представлена математическая модель, описывающая мгновенный плоский источник в бесконечном стержне (1). Источник выбран стандартный, полное описание граничных и начальных условий выложено в работах В.М. Язовских [4].

$$T(x, t) = \frac{Q}{2c\rho\sqrt{a\pi t}} \cdot \exp\left[-\frac{x^2}{4at}\right],$$

где Q – количество теплоты, Дж; c – удельная теплоемкость тела, Дж/(кг·К); a – коэффициент температуропроводности м²/с; ρ – плотность тела, кг/м³.

Геометрические размеры стержня представлены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические характеристики стержня

	Диаметр, м	Площадь S м ²	Периметр P м
Стержень	$5 \cdot 10^{-3}$	$7,854 \cdot 10^{-5}$	0,031
Количество теплоты $Q = 2000$ Дж	–	–	–

При моделировании были исследованы два материала: алюминиевый деформируемый сплав АМг6 и титановый α -сплав ВТ1-0. Теплофизические характеристики материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Теплофизические характеристики АМг6 и ВТ1-0

Моделируемые материалы	Теплопроводность, Дж/(с·м·К)	Коэф. температуропроводности, м ² /с	Объемная теплоемкость, Дж/(м ³ ·К)	Коэф. поверхностной теплоотдачи, Вт/(м ² ·К)	Коэф. поверхностной теплоотдачи, 1/с
АМг6	138	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$2,816 \cdot 10^6$	23,9	$3,394 \cdot 10^{-3}$
ВТ0	18,85	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$2,356 \cdot 10^6$	9,1	$1,545 \cdot 10^{-3}$

При использовании математического пакета MathCad 15 были получены следующие графические зависимости (рисунок).

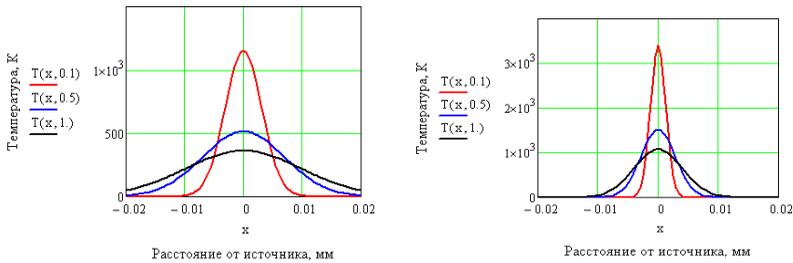


Рис. Зависимость температуры от удаления источника нагрева: а – для алюминиевого сплава АМг6; б – титановые сплавы ВТ1-0

При сравнении двух графиков можем наблюдать, что распределение температур для алюминиевого сплава АМг6 имеет максимум при температуре 1200 К, а для титанового сплава ВТ1-0 при 3150 К.

Список литературы

1. Simulation of thermal processes at electron-beam welding with beam splitting / T.V. Olshanskaya [et al.] // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – Vol. 12, no. 4. – P. 3525–3534.
2. Ольшанская Т.В. Конструкционные материалы. Свариваемость и сварка: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл.-политехн. ун-та, 2015. – 242 с.

3. Теория сварочных процессов: учеб. для вузов / под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.

4. Язовских В.М. Моделирование тепловых процессов при сварке. учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – Ч. 2. – 204 с.

Об авторах

Усанин Игорь Владимирович – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: igor_usanin@mail.ru.

Лютов Даниил Андреевич – студент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lfybkf1111@mail.ru.

Ольшанская Татьяна Васильевна – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрология и технологии материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tvo66@mail.ru.

Саломатова Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: weld-katy@mail.ru.

Федосеева Елена Михайловна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: emfedoseeva@pstu.ru.

Е.А. Мугизова, В.М. Осокин, К.А. Пеленев

МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ПОДОБНОГО ЭЛЕМЕНТА ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ВКЛЮЧЕННЫМ ДЕФЕКТОМ ТИПА ПОРА

Рассматривается влияние дефекта типа пора, расположенного в месте загиба слоев, на механические характеристики конструктивно-подобного элемента фланцевого соединения Г-образного сечения. Прогнозирование влияния дефектов на прочностные характеристики конструкции проводилось с помощью программного комплекса Ansys Workbench. Были разработаны трехмерные модели фланцевого соединения: бездефектный конструктивно-подобный элемент фланцевого соединения и с дефектом типа пора, расположенным между слоями 10 и 11 в зоне перегиба слоев. В результате расчета и анализа напряженно-деформированного состояния фланцевого соединения было выявлено, что наибольшее влияние на прочность конструкции оказывают межслойные отрывные напряжения, которые возникают в зоне перегиба слоев. Проведены механические лабораторные испытания конструктивно-подобного элемента фланцевого соединения без дефектов и с внедренным дефектом типа пора. Получено, что разрушение фланцев с дефектом типа пора происходит раньше, чем бездефектных, отличие по средней максимальной нагрузке составляет 17,76 %. Сравнение результатов, полученных в ходе лабораторных механических испытаний, и результатов численного моделирования показало разброс, равный 20 %. Это обусловливается нестабильными характеристиками материала и идеальностью использованных моделей, которые не учитывают реальную внутреннюю структуру фланцев.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, пора, численное моделирование.

E.A. Mugizova, V.M. Osokin, K.A. Pelenev

MECHANICAL BEHAVIOR OF A STRUCTURALLY-SIMILAR FLANGED CONNECTION ELEMENT WITH AN INCLUDED PORE TYPE DEFECT

The influence of a pore-type defect located at the point where the layers bend on the mechanical characteristics of a structurally similar element of an L-shaped flange connection is considered. Predicting the impact of defects on the strength characteristics of the structure was carried out using the Ansys Workbench software package. Three-dimensional models of the flanged connection were developed: a defect-free design - like element of the flanged connection and with a pore-type defect located between layers 10 and 11 in the zone of inflection of the layers.

As a result of calculation and analysis of the stress-strain state of the flange connection, it was found that the greatest influence on the strength of the structure is provided by interlayer separation stresses that occur in the zone of inflection of layers. Mechanical laboratory tests of a structurally similar element of a flanged connection without defects and with an embedded pore-type defect were carried out. It is found that the destruction of flanges with a pore-type defect occurs earlier than those without defects, the difference in the average maximum load is 17.76%. Comparison of the results obtained during laboratory mechanical tests and the results of numerical modeling showed a 20% spread. This is due to the unstable characteristics of the material and the ideality of the models used, which do not take into account the actual internal structure of the flanges.

Keywords: polymer composite materials, pore, numerical modeling

В настоящее время при изготовлении изделий в различных отраслях промышленности, особенно в таких как авиационная и ракетно-космическая, интенсивно заменяют металлические сплавы на полимерные композиционные материалы (ПКМ). Использование ПКМ позволяет значительно снизить массу конструкции без потери прочностных и жесткостных характеристик.

Отличительной особенностью композиционных материалов является возможность создания элементов конструкции с высокими удельными характеристиками без изменения геометрических параметров. Однако композиционные материалы имеют ряд недостатков, одним из которых является низкая межслоевая прочность, вследствие которой конструкции, изготовленные из ПКМ, обладают высокой восприимчивостью к образованию межслоевых дефектов.

К тому же детали и узлы авиационной и ракетно-космической техники имеют сложную геометрию, а их изготовление подразумевает применение сложных схем армирования и технологических оснасток. Вследствие чего вероятность возникновения внутренних межслоевых дефектов в местах перегиба слоев в процессе изготовления деталей и их эксплуатации достаточно высока [1]. Основными дефектами, встречающимися в конструкциях из слоистых композиционных материалов, являются дефекты типа расслоения, непроклеи, замятия, поры. Подобные дефекты могут оказывать существенное негативное влияние на прочностные характеристики конструкции [2]. Вследствие чего возникает необходимость анализа влияния внутренних межслоевых дефектов на эксплуатационные свойства изделий из композиционных материалов.

Исследование влияния внутренних межслоевых дефектов на прочностные характеристики конструкции проводилось на конструктивно-подобных элементах (КПЭ) фланцевого соединения. Для этого было изготовлено две партии по пять образцов из углепластика без дефектов и с дефектом типа поры. Размеры имитатора дефекта были определены исходя из наиболее часто встречающихся размеров дефектов, выявляемых в типовых элементах фланцевого соединения. В качестве поры было выбрано цилиндрическое тело диаметром 1 мм и длиной 30 мм, внедренное посередине длины фланцевого соединения в зоне перегиба слоев. Были проведены механические лабораторные испытания на растяжение партии образцов и получены их диаграммы деформирования (рис. 1).

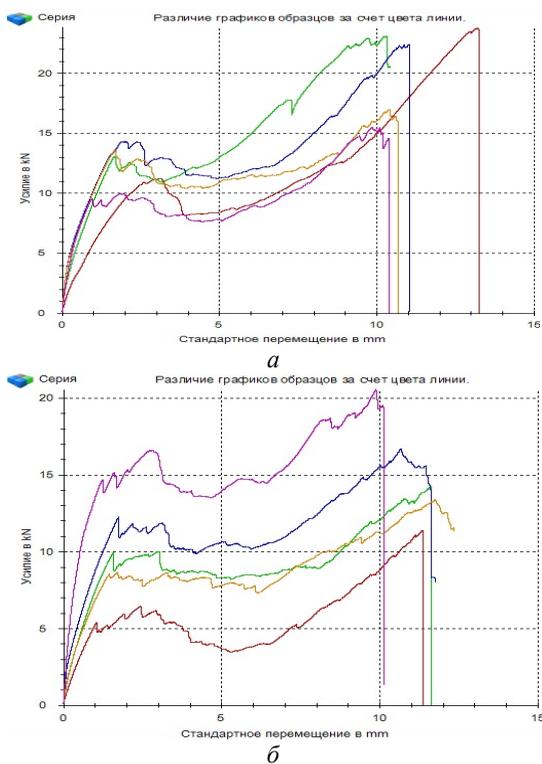


Рис. 1. Диаграммы деформирования: *a* – бездефектные образцы, *б* – образцы с дефектом типа поры

Анализируя диаграммы деформирования, можно сделать вывод, что разрушение КПЭ фланцевого соединения с внедренным дефектом типа пора происходит при нагрузке 10,19 кН, что на 17,76 % меньше, чем разрушение бездефектного фланца. Дефект типа пора является опасным технологическим дефектом.

С целью подтверждения результатов, полученных в ходе механических лабораторных испытаний фланцевого соединения, проводилось их численное моделирование. Решение данной задачи осуществлялось методом конечных элементов в пакете ANSYS Workbench. Для этого были разработаны трехмерные компьютерные модели КПЭ фланцевого соединения без дефектов и с включением дефекта типа пора: между слоями 10 и 11. На рис. 2 приведены полученные в ходе численного моделирования поля межслоевых отрывных напряжений для бездефектного фланца и фланца с внедренным дефектом типа пора.

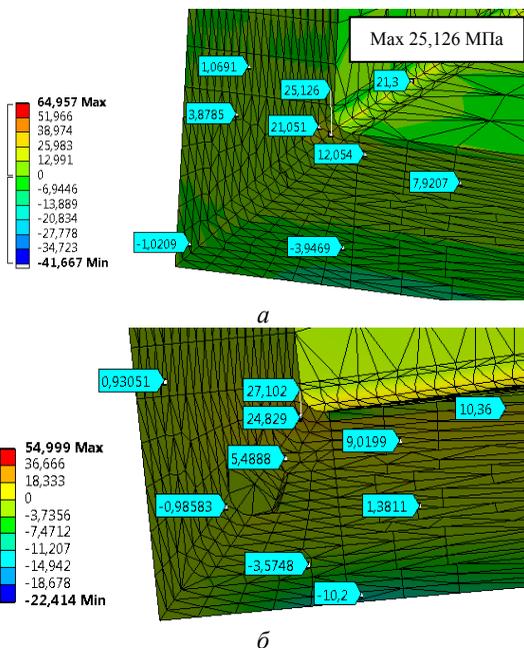


Рис. 2. Распределение напряжений σ_{33} во фланцевом соединении при нагрузке 6 кН: *a* – бездефектный; *б* – с дефектом типа пора, МПа

Анализ результатов, полученных в ходе численного моделирования, показал, что максимальные межслоевые отрывные напряжения возникают в зоне перегиба между первым и вторым слоями. Разрушение КПЭ фланцевого соединения с внедренным дефектом типа пора происходит при нагрузке 9,8 кН, что на 7,2 % меньше, чем разрушение бездефектного фланца.

Верификация результатов численного моделирования с результатами натуральных испытаний показала, что различие значений нагрузки, при которой происходит разрушение фланцевого соединения с дефектом типа пора, составляет 20 %, а бездефектного фланца 14 %. Можно предположить, что это отличие заключается в нестабильных характеристиках материала и идеальности использованных моделей, которые не учитывают реальную внутреннюю структуру фланцев.

Работа выполнена в рамках НИРС [3].

Список литературы

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение. – 2008. – Т. 2. – 368 с.
2. Воробей В.В., Маркин В.Б. Контроль качества изготовления и технология ремонта композитных конструкций. – Новосибирск: Наука, 2006. – 190 с.
3. Макарова Е.Ю., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А. Методические указания по проведению научно-исследовательской работы для студентов бакалавриата по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 40 с.

Об авторах

Мугизова Екатерина Андреевна – студент кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ekaterinamugizova@yandex.ru.

Осокин Владимир Михайлович – младший научный сотрудник научно-образовательного центра авиационных композит-

ных технологий, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: osokin.ndt@yandex.ru.

Пеленев Константин Александрович – младший научный сотрудник научно-образовательного центра авиационных композитных технологий, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kpelenev@yandex.ru.

И.П. Попов

ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ ВИБРАЦИОННЫХ СОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИН

Показано, что смещение фаз колебаний массивных рабочих органов вибрационных сортировальных машин на девяносто градусов помимо полной самонейтрализации непроизводительной реактивной механической мощности приводит к снижению в 4,8 раза неравномерности производительной (активной) мощности при сортировке сыпучих материалов с одновременным уменьшением ее пикового значения почти на тридцать процентов.

Ключевые слова: колебания, фаза, самонейтрализация, реактивная, активная мощность.

I.P. Popov

LOAD OPTIMIZATION OF VIBRATION SORTING MACHINES

It is shown that the shift of the oscillation phases of the massive working bodies of vibratory sorting machines by ninety degrees, in addition to the complete self-neutralization of unproductive reactive mechanical power, leads to a 4.8-fold decrease in the unevenness of the productive (active) power when sorting bulk materials with a decrease in its peak value by almost thirty percent.

Keywords: oscillations, phase, self-neutralization, reactive, active power.

В существующих вибрационных сортировальных машинах часто используют два массивных рабочих органа, колебания которых вместе с сыпучим материалом осуществляются в противофазе, что приводит к развитию существенной непроизводительной реактивной механической мощности [1]. Смещение фаз колебаний на девяносто градусов приводит к полной самонейтрализации этой мощности. Этим положительное влияние смещения фаз колебаний не ограничивается

Цель исследования состоит в установлении влияния смещения на девяносто градусов фаз колебаний массивных рабочих органов на производительную (активную) мощность при сортировке сыпучих материалов.

Производительная (активная) мощность при штатных колебаниях рабочих органов (смещение фаз – π). Выражение для мощности в этом случае имеет вид:

$$p_{z\pi} = 2P_{z\max} |\cos \omega \cdot t|,$$

где $P_{z\max}$ – амплитуда активной (тепловой) мощности для одного рабочего органа. На рис. 1 представлен график этой мощности.

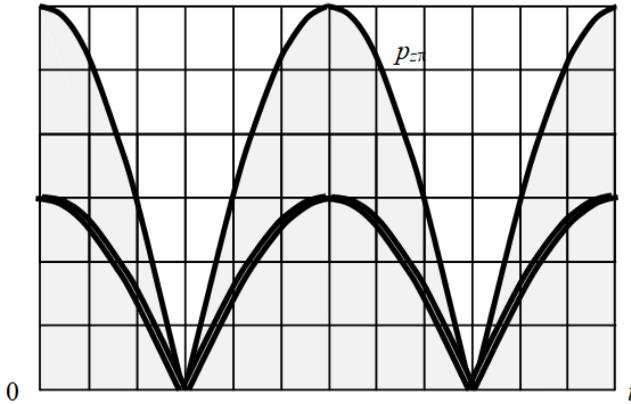


Рис. 1. Активная мощность. Смещение фаз – π

Пиковая суммарная мощность для этого случая равна

$$P_{z\pi\max} = 2P_{z\max}.$$

Производительная (активная) мощность при смещении фаз на $\pi/2$. Выражение для мощности в этом случае имеет вид:

$$p_{z\pi/2} = P_{z\max} (|\cos \omega \cdot t| + |\sin \omega \cdot t|) = \sqrt{2}P_{z\max} \sin \left[\left(\omega \cdot \tau + \frac{\pi}{4} \right) + n \frac{\pi}{2} \right] = \\ = \sqrt{2}P_{z\max} \sin \left[\omega \cdot \tau + (1 + 2n) \frac{\pi}{4} \right], \left(t = \tau + n \frac{\pi}{2}, 0 \leq \omega \cdot \tau \leq \frac{\pi}{2}, n \in \mathbb{Z} \right).$$

На рис. 2 представлен график этой мощности.

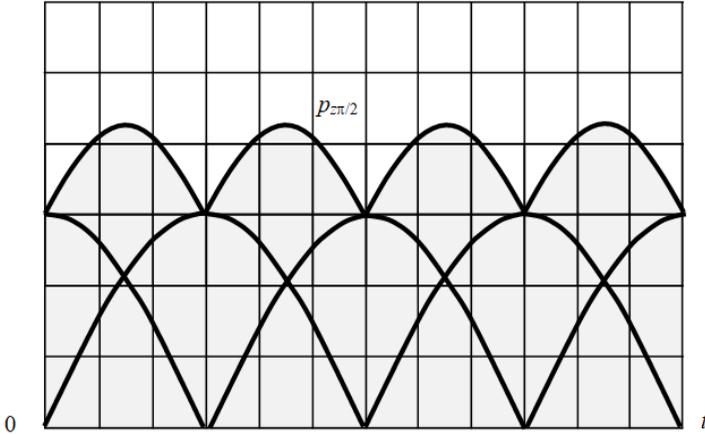


Рис. 2. Активная мощность. Смещение фаз $-\pi/2$

Пиковая суммарная мощность для этого случая равна

$$P_{z(\pi/2)\max} = \sqrt{2}P_{z\max}.$$

Сопоставление рассмотренных вариантов. Нагрузка сортировальной вибрационной машины при штатных колебаниях рабочих органов (смещение фаз $-\pi$) по существу является импульсной [2]. Нагрузка машины со смещением фаз колебаний рабочих органов на $\pi/2$, существенно равномернее. Пиковая суммарная мощность во втором варианте меньше в $\sqrt{2}$ (это около тридцати процентов). Для штатного варианта коэффициент неравномерности активной (тепловой) мощности определяется по известной формуле [3]:

$$\delta_{\pi} = \frac{P_{z\pi\max} - P_{z\pi\min}}{P_{z\pi\text{mid}}} = \frac{P_{z\pi\max} - P_{z\pi\min}}{(P_{z\pi\max} + P_{z\pi\min})/2} = 2. \quad (\text{Здесь } P_{z\pi\min} = 0).$$

Для второго варианта:

$$\begin{aligned} \delta_{\pi/2} &= \frac{P_{z(\pi/2)\max} - P_{z(\pi/2)\min}}{\left[P_{z(\pi/2)\max} + P_{z(\pi/2)\min} \right] / 2} = \\ &= \frac{\sqrt{2} - 1}{(\sqrt{2} + 1) / 2} = \frac{(\sqrt{2} - 1)(\sqrt{2} - 1)}{(\sqrt{2} + 1)(\sqrt{2} - 1) / 2} = 2(\sqrt{2} - 1)^2 \approx 0,343. \end{aligned}$$

Преимущество второго варианта следует из отношения

$$\frac{\delta_{\pi}}{\delta_{\pi/2}} = \frac{2}{0,343} \approx 5,8.$$

Строго говоря, среднее значение функции, представленной на рис. 1, не является среднеарифметическим от ее экстремумов

$$P_{z\pi\text{mid}} \neq (P_{z\pi\text{max}} + P_{z\pi\text{min}}) / 2.$$

Поэтому неравномерность мощностей можно уточнить следующим образом.

$$\begin{aligned} P_{z\pi\text{mid}} &= P_{z\pi\text{max}} \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin \varphi d\varphi = -P_{z\pi\text{max}} \frac{1}{\pi} \cos \Big|_0^{\pi} = \frac{2}{\pi} P_{z\pi\text{max}}. \\ \delta_{\pi} &= \frac{\pi}{2}, \quad P_{z(\pi/2)\text{min}} = \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2}. \\ P_{z(\pi/2)\text{mid}} &= \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2} + \frac{2}{\pi} \left[P_{z(\pi/2)\text{max}} - \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2} \right] = \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2} + \frac{2}{\pi} \left[\frac{P_{z\pi\text{max}}}{\sqrt{2}} - \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2} \right] \\ P_{z\pi\text{max}} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\sqrt{2}\pi} - \frac{1}{\pi} \right) &= P_{z\pi\text{max}} \frac{\sqrt{2}\pi + 4 - 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}\pi}. \\ \delta_{\pi/2} &= \frac{P_{z(\pi/2)\text{max}} - P_{z(\pi/2)\text{min}}}{P_{z(\pi/2)\text{mid}}} = \frac{\frac{P_{z\pi\text{max}}}{\sqrt{2}} - \frac{P_{z\pi\text{max}}}{2}}{\frac{P_{z\pi\text{max}}}{2} \frac{\sqrt{2}\pi + 4 - 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}\pi}} = \\ &= \frac{2 - \sqrt{2}}{2\sqrt{2}} \frac{2\sqrt{2}\pi}{\sqrt{2}\pi + 4 - 2\sqrt{2}} = \frac{\pi(2 - \sqrt{2})}{\sqrt{2}\pi + 4 - 2\sqrt{2}} \approx 0,328. \\ \frac{\delta_{\pi}}{\delta_{\pi/2}} &= \frac{\pi}{2} \frac{1}{0,328} \approx 4,8. \end{aligned}$$

Этот результат более точен.

Смещение фаз колебаний массивных рабочих органов вибрационных сортировальных машин на девяносто градусов помимо полной самонейтрализации непроизводительной реактивной механической мощности приводит к снижению в 4,8 раза неравномер-

ности производительной (активной) мощности при сортировке сыпучих материалов с одновременным уменьшением ее пикового значения почти на 30 %.

Список литературы

1. Гудушаури Э.Г. Применение вибрационной технологии в сельском хозяйстве // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2018. – № 3. – С. 145–148.

2. Муртазина С.А. Расчет устойчивости вынужденных колебаний многопараметрических динамических систем // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2011. – № 1-1. – С. 198–203.

3. Прокопов Е.Е., Горин А.В. Методы исследования процессов в системах виброзащиты с управляемой жесткостью // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2019. – № 2(334). – С. 52–59.

Об авторе

Попов Игорь Павлович – ГИП ЗАО «Курганстальмост»,
e-mail: ip.popov@yandex.ru.

Научное издание

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)*

г. Пермь, 23–24 апреля 2020 г.

Том 1

Корректоры *Е.Б. Денисова, Е.И. Герман*

Подписано в печать 21.04.2020. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 26,5. Тираж 30 экз. Заказ № 16/2020.

Отпечатано в типографии ООО «Цифровые решения»
г. Пермь, ул. Т. Барамзиной, 42/3