Seventh International Environmental Congress
(Ninth International Scientific-Technical Conference)
"ECOLOGY AND LIFE PROTECTION
OF INDUSTRIAL-TRANSPORT COMPLEXES"
25-28 September, 2019 SAMARA-TOGLIATTI, RUSSIA

ELPIT 2019

Volume 6 Том 6

SCIENTIFIC SYMPOSIUM "PROBLEMS AND INNOVATIVE DECISIONS IN THE FIELD OF ENGINEERING PROVISION OF ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF URBAN TERRITORIES"

НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ "ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ"

седьмого международного экологического конгресса (девятой Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2019"

Россия, Самарская область, гг. Самара, Тольятти,

Самарский федеральный исследовательский центр РАН

Самарский государственный технический университет

25-28 сентября 2019 г.

EDITOR: DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE, PROFESSOR ANDREY VASILYEV

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР А.В. ВАСИЛЬЕВ

УДК 504: 331
ББК 20.1:20.18:68.9
Е46

Е46 Proceedings of the Seventh International Environmental Congress (Ninth International Scientific-Technical Conference) "Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes" ELPIT 2019 25-28 September, 2019 Samara-Togliatti, Russia: Edition ELPIT. Printed in Publishing House of Samara Scientific Centre, 2019. V. 6., Scientific symposium Problems and Innovative Decisions in the Field of Engineering Provision of Ecological and Industrial Safety of Urban Territories"– 172 p.

Е46 Сборник трудов седьмого международного экологического конгресса (девятой международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2019, 25-28 сентября 2019 г., гг. Самара - Тольятти, Россия: Издательство "ELPIT". Отпечатано в АНО "Издательство СНЦ". 2019. Т.6, Научный симпозиум Научный симпозиум "Проблемы и инновационные решения в области инженерного обеспечения экологической и промышленной безопасности урбанизированных территорий" – 172 с.

Scientific Redactor of Proceedings: Andrey V. Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Samara Federal Research Center of RAS, Head of Department of Chemical Technology and Industrial Ecology of Samara State Technical University, Russia
Scientific Board: Carmine Gambardella, Professor, President and CEO BENECON UNESCO Chair, Italy; Gennady S. Rosenberg, Doctor of Biological Science, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Russia; Oleg N. Rusak, Doctor of Technical Science, Professor, the President of the International Academy of Ecology and Life Protection Sciences, Russia; Dmitry E. Bykov, Doctor of Technical Science, Professor, Russia; Andrey V. Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Russia; Veniamin D. Kalner, Doctor of Technical Science, Professor, Russia; Nicolay I. Ivanov, Doctor of Technical Science, Professor, Russia; Yury V. Trofimenko, Doctor of Technical Science, Professor, Russia; Antonio Moraish, Professor, Portugal; Sergio Sibilio, Professor, University Campania "Luigi Vanvitelli", Italy; Sergey V. Saksonov, Doctor of Biological Science, Professor, Russia; Vladimir Devisilov, Candidate of Technical Science, Dozent, Russia; Janis I. Ievinsh, Doctor of Economical Science, Professor, Latvia; Dr. Sergio Luzzi, Italy; Nicola Pisacane, Professor, University Campania "Luigi Vanvitelli", Italy

Научный редактор сборника: Васильев А.В., доктор технических наук, профессор, начальник отдела Самарского федерального исследовательского центра РАН, заведующий кафедрой химической технологии и промышленной экологии, Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия
Редакционная коллегия: профессор К. Гамбарделла (Италия); д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг, д.т.н., профессор, президент МАНЭБ О.Н. Русак, д.т.н., профессор Д.Е. Быков, д.т.н., профессор А.В. Васильев, д.т.н., профессор В.Д. Кальнер, д.т.н., профессор Н.И. Иванов, д.т.н., профессор Ю.В. Трофименко, профессор А. Морайш (Португалия), профессор С. Сибилио (Италия), д.б.н., профессор С.В. Саксонов, к.т.н., доцент В.А. Девисилов, д.э.н., профессор Я.И. Иевиньш (Латвия), доктор С. Луцци (Италия), профессор Н. Писакане (Италия)

УДК 504: 331
ББК 20.1:20.18:68.9
Е46

Рекомендовано к изданию научным комитетом международного экологического конгресса ELPIT 2019 и издательством ELPIT

© Васильев А.В. – научный руководитель конгресса, 2019

ISBN 978-5-93424-854-4

СОДЕРЖАНИЕ. CONTENTS

С. 9-22

A.Yu. Algaeva, A.V. Vasilyev
MODELING OF BIOLOGICAL TREATMENT PROCESS IN AERATION TANK-MIXER
А.Ю. Альгаева, А.В. Васильев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В АЭРОТЕНКЕ-СМЕСИТЕЛЕ

С. 23-29

S.V. Anakhov, A.V. Matushkin, Yu.A. Pyckin, G.V. Kharina
JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR PLASMA DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTE
С.В. Анахов, А.В. Матушкин, Ю.А. Пыкин, Г.В. Харина
ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

С. 30-37

V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova, D.S. Osmolovsky
SOUND ISOLATION CHARACTERISTIC AND EXPERIENCE OF APPLICATION OF LIGHTWEIGHT ACOUSTIC PANELS MADE FROM PULP AND PAPER MATERIALS AND POLYMER FILMS
В.Ф. Асминин, Е.В. Дружинина, С.А. Сазонова, Д.С. Осмоловский
ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

С. 38-45

O.V. Atamanova, E.I. Tikhomirova, A.A. Podoxenov
ADSORPTION OF AROMATIC AMINO COMPOUNDS BY MODIFIED BENTONITE
О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, А.А. Подоксенов
АДСОРБЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОСОЕДИНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМ БЕНТОНИТОМ

С. 46-52

O.V. Atamanova, E.I. Tikhomirova, M.V. Istrashkina

STUDY OF SURFACE MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SAMPLES OF MODIFIED BENTONITE
О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина
ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОБРАЗЦОВ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕНТОНИТА

С. 53-56

P.V. Badalova, T.A. Rodina, N.A. Shcherbina, L.N. Komarova
BIODEGRADABLE NANOSTRUCTURED COMPOSITE MATERIALS
П.В. Бадалова, Т.А. Родина, Н.А.Щербина, Л.Н. Комарова
БИОДЕГРАДАБЕЛЬНЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

С. 57-64

A.A. Baldina, A.A. Sekacheva, L.G. Pastukhova
OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF REVERBERATION CHAMBER FOR ACOUSTIC TESTINGS
А.А. Балдина, А.А. Секачева, Л.Г. Пастухова
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

С. 65-73

A.V. Vasilyev, L.A. Vasilyeva
PECULIARITIES OF CARRYING OUT OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS FOR OBJECTS OF CONSTRUCTION
А.В. Васильев, Л.А. Васильева
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

С. 74-79

I.V. Volkhin, V.D. Katin
INNOVATIVE TECHNICAL DECISIONS FOR PREPARATION AND BURNING OF WATER-OIL EMULSIONS IN BOILER PLANTS
И.В. Вольхин, В.Д. Катин
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ И СЖИГАНИЮ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

С. 80-88

V.I. Gerasimenko, A.V. Gerasimenko, A.V. Yakimovich, A.V. Vasilyev
SYSTEM OF ECOLOGICAL MANAGEMENT OF RUSSIAN CHEMICAL COMPANY ON THE EXAMPLE OF KUIBYSHEVAZOT COMPANY
В.И. Герасименко, А.В. Герасименко, А.В. Якимович, А.В. Васильев
СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА РОССИЙСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»

С. 89-93

I.A. Efremova
ANALYSIS OF MEASURES FOR PREVENTION OF INJURIES OF CITIZENS ON THE OBJECTS OF INFRASTRUCTURE OF “RUSSIAN RAILWAYS” JOINT STOCK COMPANY
И.А.Ефремова
АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ТРАВМАТИЗМА ГРАЖДАН НА ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОАО «РЖД»

С. 94-98

A.A. Zhezherya, A.A. Bochkina, E.N. Petrenko, V.N. Pystin
PROBLEM OF OCCURRENCE OF TECHNIGENIC DEPOSITS OF OIL PRODUCTS AND INNOVATIVE METHODS OF ITS DECISION
А.А. Жежеря, А.А. Бочкина, Е.Н. Петренко, В.Н. Пыстин
ПРОБЛЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

С. 99-106

A.N. Zabolotskikh, V.V. Zabolotskikh, A.V. Vasilyev, N.G. Gladyshev
LABOR PROTECTION FOR QUARRIERS WORKERS ON THE BASIS ON THE APPLICATION OF BIOGEN DUST SUPPLY TECHNOLOGIES AND CAPSULAR REMEDIATION
А.Н. Заболотских, В.В. Заболотских, А.В.Васильев, Н.Г.Гладышев
ОХРАНА ТРУДА РАБОТАЮЩИХ НА КАРЬЕРАХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БИОГЕННОГО ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ И КАПСУЛЬНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

С. 107-113

V.V. Zabolotskikh, L.A. Smakhtina, M.Y. Evleeva
DEVELOPMENT OF A MODEL OF PHOTOBIOROREACTOR SET IN A LABORATORY ENVIRONMENT TO CULTIVATE MICROALGAE AS A SOURCE TO OBTAIN ALTERNATIVE ENERGY

В.В. Заболотских, Л.А. Смахтина, М.Ю. Евлеева
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УСТАНОВКИ ФОТОБИОРЕАКТОРА В ЛАБОРАТОРНОЙ СРЕДЕ ДЛЯ КУЛЬТИВАЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ КАК ИСТОЧНИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

С. 114-120

A. V. Zvyagintseva, M. V. Verbitskaya
ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING MERCURY-CONTAINING WASTE AT THE ENTERPRISES OF THE CITY OF VORONEZH AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL MEASURES
А.В. Звягинцева, М.В. Вербицкая
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРОДА ВОРОНЕЖА И РАЗРАБОТКА ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

С. 121-126

I.A. Ivanova, S.M. Rogachova
SELECTION OF CONCENTRATION OF FLUORESCENT DYES FOR DEVELOPMENT OF CHEMOSENSORS
И.А. Иванова, С.М. Рогачева
ПОДБОР КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ХЕМОСЕНСОРОВ

С. 127-130

V.D. Katin, R.V. Dolgov, M.H. Ahtyamov
REDUCTION OF NEGATIVE EMISSIONS DURING COMBUSTION OF HEATING OIL IN BOILER PLANTS OF ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT
В.Д. Катин, Р.В. Долгов, М.Х. Ахтямов
СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПОЧНОГО МАЗУТА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. 131-138

N.N. Kuvshinova, A.O. Kuvshinova
RESOURCE- AND ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES BASED ON THE BASIS OF ALUMOTERMIA
Н.Н. Кувшинова, А.О. Кувшинова
РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ НА ОСНОВЕ АЛЮМОТЕРМИИ

С. 139-144

I.A. Myagkov, V.A. Lvov, A.L. Belovolova
RESEARCH OF MECHANISM OF CENTRIFUGAL SEPARATION IN HYDRODYNAMIC VIBRATION FILTER
И.А. Мягков, В.А. Львов, А.Л. Беловолова
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СЕПАРАЦИИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ВИБРАЦИОННОМ ФИЛЬТРЕ

С. 145-149

I.A. Myagkov, A.L. Belovolova
EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH OF HYDRAULIC AND FILTER CHARACTERISTIC OF LIQUID CLEANING APPARATUS
И.А. Мягков, А.Л. Беловолова
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СВОЙСТВ АППАРАТОВ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ

С. 150-156

N.H. Ngia, Kuen Tkhi Kuin An, L.A. Zenitova
OIL SORBENT ON THE BASIS OF POLYURETHANE FOAM AND LIGNIN RECEIVED FROM THE WASTE OF RICE PRODUCTION
Нго Хонг Нгиа, Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова
НЕФТЯНОЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА И ЛИГНИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДОВ РИСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

С. 157-161

A.A. Solomennikova, Ju. Ju. Kolupaeva
COMPOSITE SORBENTS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM COLORING MATERIALS
А.А. Соломенникова, Ю.Ю. Колупаева
КОМПОЗИЦИОННЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ

С. 162-166

Bernard Sonilhac, N.V. Eremin, V.V. Podurueva, A.V. Vasilyev
ECOLOGICAL POLICY OF "AVTOVAZ" JOINT STOCK COMPANY: CONTINUOUS ECOLOGICAL IMPROVEMENT
Б. Сонилак, Н.В. Еремин, В.В. Подуруева, А.В. Васильев

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА АО "АВТОВАЗ": НЕПРЕРЫВНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

С. 167-171

S.N. Tankikh, V.V. Zabolotskikh, A.V. Vasilyev
INTEGRATED APPROACH TO REHABILITATION OF SOIL CONTAMINATED BY OIL PROCESSING PRODUCTS
С.Н. Танких, В.В. Заболотских, А.В. Васильев
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

September 2019, Samara-Togliatti, Russia

MODELING OF BIOLOGICAL TREATMENT PROCESS IN AERATION TANK-MIXER

A.Yu. Algaeva, A.V. Vasilyev
Samara State Technical University, Samara, Russia

In order to improve the efficiency of treatment facilities of industrial enterprises, an urgent task is to identify the optimal parameters of the process of biological wastewater treatment. The article deals with the features of biological wastewater treatment from the standpoint of optimization using mathematical modeling. The considered mathematical equations with certain assumptions can serve as a tool for optimal design of treatment facilities, which consists in minimizing the working volume of facilities.

Keywords: biological wastewater treatment, modeling, optimization, aeration tank-mixer.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В АЭРОТЕНКЕ-СМЕСИТЕЛЕ

А.Ю. Альгаева, А.В. Васильев
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

В целях повышения эффективности работы очистных сооружений промышленных предприятий актуальной задачей остается выявление оптимальных параметров процесса биологической очистки сточных вод. В статье рассмотрены особенности биологической очистки сточных вод с позиции оптимизации с помощью математического моделирования. Рассмотренные математические уравнения с определенными допущениями могут служить инструментом для оптимального проектирования очистных сооружений, заключающегося в минимизации рабочего объема сооружений.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, моделирование, оптимизация, аэротенк-смеситель.

1. ВВЕДЕНИЕ

Закономерное увеличение роста производственной и хозяйственной деятельности современного общества сопутствует с образованием значительного количество бытовых и промышленных сточных вод. Сброс недостаточно очищенных стоков в водные объекты, ввиду возможного наличия в них токсичных примесей и ксенобиотиков, приводит к деградации природной среды и ухудшению экологической обстановки в целом и здоровья людей и животных в частности.

Способ биологической очистки в разных интерпретациях находит применение практически в любой технологии очистки стоков, как обязательное звено [2].

Одна из основных проблем, возникающих при проектировании сооружений биологической очистки стоков, заключается, в ряде случаев, в неудовлетворительном результате при определении необходимого объема сооружений – эмпирические выкладки приводят к неоправданному завышению объема сооружений, либо, наоборот, недостатку в объеме для требуемой степени очистки.

В связи с чем, актуальной становится задача выявления оптимальных параметров процесса биологической очистки с целью минимизации рабочих объемов сооружений при соблюдении необходимой степени очистки стоков перед сбросом в водоем [2].

Для установления оптимальных параметров процесса биоочистки, а также описания всего процесса, применяются дифференциальные уравнения, которые лежат в основе математической модели [2].

Целью исследования данной работы является изучение процесса и параметров биологической очистки сточных вод с позиций оптимизации с помощью математического моделирования.

2. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Известно, процесс биоочистки стоков широко применяется для целей обработки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Аэротенк представляет собой проточный емкостной аппарат, в котором протекают процессы окисления органических загрязнителей в жидкости и рост активного ила. Аэрация осуществляется с целью недопущения лимитирования скорости процесса окисления концентрацией растворенного кислорода в толще жидкости, а также для перемешивания жидкости и поддержание активного ила во взвешенном состоянии. Из аэротенка смесь стоков и ила подается во вторичный отстойник для отстоя биомассы от раствора, осветленная вода выходит из цикла, а избыточно активный ил выводится из системы.

С целью интенсификации процесса используются два основных подхода, в том числе: аэрации водной массы в аэротенке и внесение в него активного ила, что достигается путем возврата уплотненного активного ила в аэротенк после его отделения от жидкости во вторичном отстойнике [2].

Согласно [2], режим работы узла аэротенк-вторичный отстойник определяется, прежде всего, объемами аппаратов, величиной коэффициента рециркуляции, гидродинамическим режимом течения жидкости в аэротенке и интенсивностью аэрации.

Целью оптимизации процесса биоочистки является определение таких значений параметров расхода, состава и концентрации загрязнителя, при которых сумма рабочих объемов аэротенка и вторичного отстойника будет минимальной.

3. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Метод математического моделирования находит применение и в процессе биологической очистки сточных вод при определении параметров процесса очистки и, прежде всего, оптимального объема сооружений [2].

В основе математического аппарата моделей лежат дифференциальные уравнения, предложенные в работе [3]. Протекающие процессы и сопутствующие взаимопревращения на входе в аэротенк стоков и активного ила вплоть до выхода из вторичного отстойника описываются одной системой уравнения для различных величин, которыми могут выступать концентрация загрязняющего вещества, активного ила и кислорода.

Конструктивно процесс биологической очистки организуется в аэротенках различных типов, например идеального вытеснения, идеального смешения и промежуточного типа [2].

Существенную сложность описания происходящих процессов в аэротенке, обуславливающую многофакторность, приносит значительное разнообразие микробиоты в активном иле, которое, изменяется с течением времени. Решение этого вопроса заключается в математическом моделировании этих явлений взаимодействия микроорганизмов между собой и загрязнителями в сточной воде. Как уже было отмечено выше, фундаментом всех детерминированных моделей являются системы дифференциальных уравнений, основные идеи которых были предложены А. Н. Колмогоровым для описания биологических популяций и обобщены для системы «жертва-хищник» [4-7]. Упомянутый теоретический подход нашел широкое применение среди моделирования процессов биоочистки активным илом и характеризуется удовлетворительным описанием явления очистки в идеальных аэротенках-смесителях или вытеснителях.

Так называемая модель Моно [3], представляющая собой простейшую систему уравнений и описывающую рост биомассы ила на ограниченном количестве субстрата, имеет вид:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu \cdot X \cdot L}{K_L + L}, \quad (1)$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{\mu \cdot XL}{Y \cdot (K_L + L)},$$

где X – концентрация активного ила;
L – концентрация загрязнений (субстрата);
μ – максимальная удельная скорость роста биомассы активного ила в результате потребления субстрата;
K_L – константа полунасыщения, равная концентрации субстрата, при которой скорость процесса равна $\mu/2$;
$Y = |\frac{dX}{dL}|$ – коэффициент трансформации субстрата в биомассу.

Примечательным элементом модели Моно является то, что зависимость удельной скорости прироста биомассы активного ила μ от субстрата, по виду совпадает с уравнением Михаэлиса-Ментен [2], описывающим зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата с допущением, что общее количество молекул фермента не меняется с течением времени и существенно меньше общего количества молекул субстрата:

$$\mu(L) = \frac{\mu^0 \cdot L}{K_m + L}, \quad (2)$$

где K_m – константа Михаэлиса, определяемая экспериментально, физический смысл которой в размерности концентрации субстрата, при которой скорость реакции равна половине максимальной.

Необходимо заметить, что в основе закона Михаэлиса-Ментен лежат уравнения химической кинетики, которые характеризуют скорость образования продукта.

Вниманию подлежит математическая модель, выведенная Олейником А. Я. И Зябликовым С. В. в работе [8]. Характерной чертой модели является обращение внимания не только кинетику увеличения концентрации популяции микроорганизмов в активном иле и окисления загрязнений, но и на кинетику образования и окисления продуктов автолиза [2]:

$$\frac{\mathrm{dS}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{k_1 \cdot X - k_2 \cdot S \cdot X}, \quad (3)$$

где X, S– концентрации активной части биомассы и продуктов автолиза;
k_1 – константа скорости автолиза;
k_2 – константа скорости окисления.

Влияние продуктов обмена на рост микроорганизмов учтено в модели Н. Д. Иерусалимского [9], явившим собой развитие модели Моно, в то время, как внимание процессу отмирания микроорганизмов уделено в модели Герберта [10]:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \frac{\mu_m \cdot X \cdot L}{K_L + L} - b \cdot X, \\ \frac{dL}{dt} &= -\frac{\mu_m \cdot X \cdot L}{Y \cdot (K_L + L)}, \end{aligned} \tag{4}$$

где b – константа скорости самоокисления бактерий, описывающая отмирание микроорганизмов.

Попытка установить видовую структуру активного ила осуществлена в модели Кенейла [11], которая учитывает два трофических уровня и субстрат:

$$\mathrm{L} \rightarrow \mathrm{X} \rightarrow \mathrm{P}, \tag{5}$$

где L – субстрат;
X – бактерии;
P – простейшие.

Система дифференциальных уравнений, описывающая эту цепочку, выглядит следующим образом [2]:

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dt} &= -\frac{\mu_m \cdot X \cdot L}{Y \cdot (K_L + L)}, \\ \frac{dX}{dt} &= \frac{\mu_m \cdot X \cdot L}{K_L + L} - \frac{f X P}{g \cdot (K_X + X)}, \\ \frac{dP}{dt} &= \frac{f \cdot X \cdot P}{K_X + X}, \end{aligned} \tag{6}$$

где f – максимальная удельная скорость роста простейших;
g – коэффициент трансформации бактерий в простейшие;
K_X – константа полунасыщения бактерий;
P – концентрация простейших.

В отличие от модели Герберта и Иерусалимского, модель Кенейла более полно соответствует физической сущности процесса очистки и описывает экспериментальную кривую роста биомассы активного ила. Существует модификация модели Кенейла [12], призванная учесть наличие в

культуре двух видов микроорганизмов, из которых один вид – простейшие – является хищником для другого – бактерий [2]:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m \cdot S \cdot X}{K_S + S} - \frac{N}{W} \cdot \frac{X \cdot (Z - K_a \cdot X)}{L + K_a \cdot X},$$

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{K_a \cdot \mu_m \cdot S \cdot X}{K_S + S} + \left(N - \frac{N}{W}\right) \cdot \frac{K_a \cdot X \cdot (Z - K_a \cdot X)}{L + K_S \cdot X}, \quad (7)$$

$$\frac{dS}{dt} = -y \cdot \frac{K_a \cdot \mu_m \cdot S \cdot X}{K_S + S},$$

где Z – концентрация ила по сухому веществу;
N – максимальная удельная скорость роста простейших;
K_a – коэффициент пропорциональности между дегидрогеназной активностью и весом сухих бактерий;
W – отношение количества образовавшихся простейших к количеству поглощенных ими бактерий;
L – коэффициент, численно равный концентрации бактерий, при которой скорость роста простейших равна $N/2$.

Применительно к аппаратурному оформлению, данные уравнения пригодны для описания процессов очистки в аэротенках периодического действия [2].

Объяснить реально наблюдаемые явления, происходящие в классической модели «хищник-жертва» может модель В. Вольтерра, которая имеет вид [13]:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha \cdot x - \beta \cdot,$$
$$\frac{dy}{dt} = k \cdot \beta \cdot x \cdot y - m \cdot y, \quad (8)$$

где α и m – коэффициенты естественного прироста жертв и естественной смертности хищников соответственно;

k – часть энергии, полученная хищником за счет потребления жертв и расходуемая на воспроизводства.

Общее представление и описание системы «хищник-жертва» содержится в модели Колмогорова А. Н. [6] при допущении, что в популяции хищников отсутствует внутривидовая конкуренция:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(x) \cdot x - V(x) \cdot y,$$
$$\frac{dy}{dt} = K(x) \cdot y, \quad (9)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – численность жертв и хищников соответственно;

α, V и K – коэффициенты естественного прироста жертв и естественной смертности хищников;

$V(x)$ – трофическая функция хищника на плотность жертв.

Следует отметить, что достоинством модели Колмогорова является возможность достаточно качественно описать практически любую реальную ситуацию, но на количественную идентификацию самой модели и интерпретацию результатов осложняет ее излишняя общность. В связи с этим появилось некоторое количество моделей, которые занимают промежуточное положение между моделями Колмогорова и Вольтера, например, модель Розенцвейга и Мак-Артура [14]:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(x) \cdot x - V(x) \cdot y,$$
$$\frac{dy}{dt} = y \cdot [k \cdot V(x) - m]. \quad (10)$$

Специалистами Международной Ассоциации по исследованию и контролю очистки воды (IAWPRC) [15-18] разработаны модели активного ила (ASM1 и др.), которые получили наибольшее признание и известность в настоящее время. Их особенность в системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, аналитическое решение которых достаточно сложно, что, в свою очередь, привело к возникновению работ по упрощению данных моделей.

Преимущество моделей (ASM1 и др.) заключается в их возможности описания процесса удаления из стоков органических загрязнителей, соединений азота и фосфора, а также прироста биомассы активного ила за счет субстрата. Несмотря на достоинство модели в полноте описания, существующий подход исключает из рассмотрения вторичный отстойник. Для практических целей использование модели также ограничивается невозможностью нахождения величин БПК и ХПК. Еще одним существенным ограничение является загруженность большим количество различных констант и пренебрежение многовидовым составом микроорганизмов активного ила.

Делая краткий вывод по освещенным математическим моделям, нужно заметить, что их использование дает удовлетворительное описание реальных

процессов биохимического окисления сточных вод, характеризующихся своей многокомпонентностью. Особенную сложность вносят непостоянные условия и характеристики сточных вод, например, начальные условия процесса биоочистки, гидродинамический режим и, собственно, качественный и количественный состав исходной воды. Таким образом, имеющиеся достоинства и недостатки существующих моделей обуславливают актуальность научно-практической задачи для решения вопросов биологической очистки стоков, в основном, ее адекватного описания, что необходимо для повышения эффективности работы сооружений очистки и целесообразного использования их рабочего объема.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В АЭРОТЕНКЕ-СМЕСИТЕЛЕ

Одним из основных особенностей аэротенка-смесителя являются возможность свободного и полного перемешивания рабочей массы, а также лёгкостью математического описания протекающих процессов в связи с простотой вида уравнений материального баланса.

Фактически, для аэротенка-смесителя уравнения материального баланса принимают вид системы алгебраических уравнений при превращениях нескольких реагентов, в то время как при расчете протекающих процессов для режима идеального вытеснения и диффузионной модели необходимо решать дифференциальные уравнения.

Особый интерес представляет собой, с практической точки зрения, аэротенк с рециркуляцией активного ила, что обусловлено возможностью создания больших концентраций ила в аэротенке и, как следствие, высокую скорость и производительность процесса биохимического окисления органики. Таким образом, способ рециркуляции активного ила в аэротенке позволяет увеличить его концентрацию, а значит и скорость очистки.

Неотъемлемой частью очистной системы является вторичный отстойник, предназначенный для осветления раствора от активного ила и уплотнения последнего. Коэффициент рециркуляции rпредставляет собой отношение расхода жидкости в возвращаемом потоке к расходу сточных вод на входе в отстойник.

Схема аэротенка с рециркуляцией активного ила представлена на рисунке1.

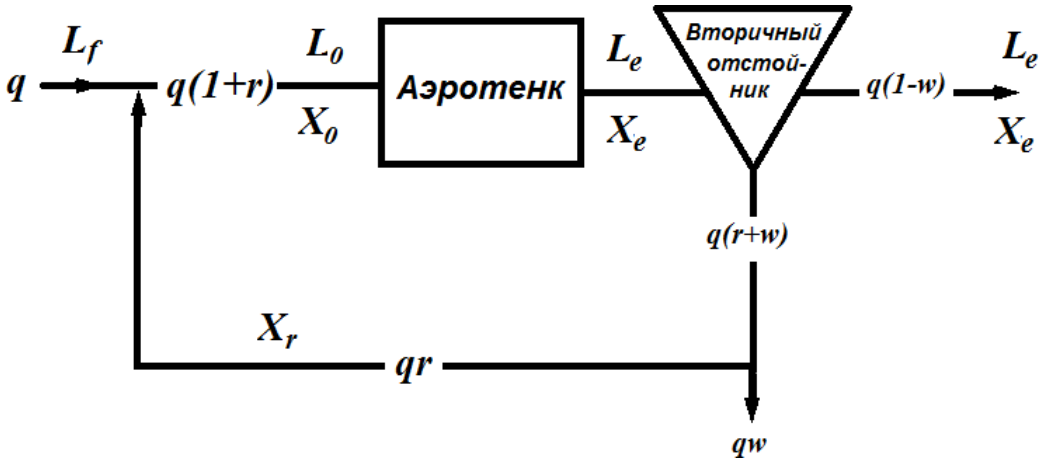


Рисунок 1 – Схема аэротенка с рециркуляцией активного ила
q – расход сточных вод на входе в сооружение;r – коэффициент рециркуляции активного ила; X_0 *и* L_0 – концентрации ила и загрязнителя на входе аэротенк;
X_e *и* L_e – концентрация загрязнителя на выходе из сооружения очистки;
qw – поток избыточного активного ила;qr – возвратный поток;
X_r – концентрация ила в возвратном потоке

С практической точки зрения большое значение имеет стабильность работы аэротенка, под которой понимается характер реакции выходных переменных системы X_a (концентрация ила в аэротенке),L_e (концентрация загрязнителя на выходе из сооружения очистки) при изменении какого-либо параметра процесса, например, температура, кислотность воды, начальная концентраций загрязнителя и расход сточных вод q. При постоянном объеме аэротенка изменения расхода стоков должны вызывать колебания периода аэрации T. Этим и обуславливается сложность моделирования, так как лабораторные условия исследования позволяют поддерживать параметры на постоянном уровне, но все меняется при переходе на реальные очистные сооружения, которым характерны значительные колебания расхода сточных вод и концентрации загрязнений.

Математическое выражение требуемого времени периода аэрации для системы аэротенк с рециркуляцией ила примет вид [1]:

$$T = \frac{V}{q \cdot (1+r)}, \tag{11}$$

где T – продолжительность периода аэрации, с;
V – объем очистного сооружения, м^3;
q – расход сточных вод на входе в сооружение, м^3/с;
r – коэффициент рециркуляции активного ила, доли ед.;

В реальных условиях с некоторого значения концентрации активного ила X_aв циркулирующей системе вторичный отстойник оказывается перегруженным, что приводит к выносу через его верх весь прирост биомассы вместе с осветленной водой. Для предотвращения этой ситуации осуществляют удаление активного ила в виде избыточного активного ила из системы с потоком qw, где w – коэффициент избыточного активного ила. В таком случае, система уравнений материального баланса процесса биоочистки в аэротенке с рециркуляцией активного ила примет вид:

$$\begin{cases} X_0 - X_a + T \cdot \rho_x(X, L) = 0; \\ L_0 - L_e - T \cdot \rho_L(X, L) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} X_0 = \frac{r \cdot X_r}{1+r}; \\ L_0 = \frac{L_f}{1+r_f} + \frac{r \cdot L_e}{1-r}, \end{cases} \quad (13)$$

где X_0 и L_0 – концентрации ила и загрязнителя на входе аэротенка;
X_a – концентрация ила в аэротенке;
X_r – концентрация ила в возвратном потоке;
L_f – концентрация загрязнителя на входе сооружения очистки;
L_e – концентрация загрязнителя на выходе из сооружения очистки;
$\rho_x(X, L)$ и $\rho_L(X, L)$ – удельные скорости роста активного ила и потребления загрязнителя соответственно.

Последние два уравнения вытекают из условия разбавления потоков qи qr в точке, расположенной перед входом в аэротенк. На самом деле для смесителя не имеет значения, как осуществлять подачу возвратного ила и загрязнений в аэротенк: по раздельным каналам или предварительно смешав, – в обоих случаях концентрации X_0 и L_0будут определяться по формулам, представленным выше.

Так как коэффициент рециркуляции rобычно не превышает 1 и практический интерес представляет режим работы очистного сооружения, когда $L_e \ll L_f$, то с достаточной точностью можно полагать, что

$$L_0 = \frac{L_f}{1+r_f}. \quad (14)$$

В качестве способов изучений системы «аэротенк с рециркуляцией» можно выделить экспериментальный, где в качестве основного параметра описания системы используется отношение концентрации ила в возвратном потоке X_r к концентрации ила в аэротенке X_a, и теоретический, характеризующийся основным параметром концентрация возвратного ила X_r.

Система с рециркуляцией обладает некоторыми преимуществами перед проточной системой, которые заключаются в увеличении концентрации активного ила в аэротенке в $\frac{1+r}{1+(r-\alpha r)}$ раз и примерно пропорциональном уменьшении количества загрязнений в очищенной воде при одном и том же значении периода аэрации [1].

Если принять, что $X_r/X_a = \alpha$, а кинетика потребления загрязнений следует модели Моно, тогда система дифференциальных уравнений преобразиться в вид:

$$X_0 - X_a + T \cdot \frac{\mu_m X_a L_e}{K_L + L_e} = 0;$$

$$L_0 - X - \frac{T \cdot \mu^m X_a L_e}{Y \cdot (K_L + L_e)} = 0; \qquad (15)$$

$$X_0 = \frac{\alpha r X_a}{1+r}, \quad L_0 = \frac{L_f}{1+r}.$$

Решая системы относительно концентраций L_e и X_a, получаем:

$$L_e = \frac{K_L}{\frac{1+r}{1+r-\alpha r} \cdot (T\mu_m - 1)}; \qquad (16)$$

$$X_a = \frac{1+r}{1+r-\alpha r} \cdot Y(L_0 - L_e);$$

Отсюда следует:

$$Y_r^{Le} = \frac{1}{(1 - \frac{(1+r-\alpha r)}{(1-r)T\mu_m} 1 + r - \alpha r}, \qquad (17)$$

$$Y_r^{Le} = 0,$$

где μ_m – константа Моно.

Экспериментальные исследования авторов работы [19] свидетельствуют о том, что получить стационарное состояние анализируемой системы «аэротенк-смеситель» при поддержании на постоянном уровне коэффициента α, практически невозможно. Кроме того, возникают значительные отклонения концентраций X_a и L_e, что делает непригодным рассмотренный способ описания системы с рециркуляцией посредством

параметра α для случая гетерогенной популяции микроорганизмов активного ила.

Обеспечить сведение к минимуму колебания значений концентраций X_a и L_e можно, если заменить поддержание на постоянном уровне параметра α величиной концентрации X_r. Тогда, решение системы для модели Герберта при $X_r = const$ примет вид[1]:

$$L_e = \frac{-c + \sqrt{c^2 - 4ad}}{2a};$$
$$X_a = \frac{\frac{rX_r}{1+r} + Y\left(-\frac{L_f}{1+r} + L_e\right)}{1 + bT}, \quad (18)$$

где $a = \mu_m + b - 1/T;$

$$c = \frac{1}{T}\left[\frac{L_f}{1+r} - K_L\right] - \mu_m\left[\frac{L_f}{1+r} + \frac{rX_r}{Y(1+r)}\right] - b\left[\frac{L_f}{1+r} + K_L\right]; \quad (19)$$

$$d = \frac{K_L L_f}{(1+r)T} + \frac{bK_L L_f}{1+r}, \quad (20)$$

Результаты работы Годи [1] свидетельствуют о том, что результаты расчета по формулам для X_a и L_e при $X_r = const$ согласуются с экспериментальными данными и фактор самоокисления активного ила влияет на баланс биомассы, но не на концентрацию загрязнителя L_e.

Подводя итог, нужно отметить, что рассмотренные математические уравнения с определенными допущениями могут служить инструментом для оптимального проектирования очистных сооружений, заключающегося в минимизации рабочего объема. Однако, при масштабировании результатов лабораторных исследований на реальные условия могут возникнуть отклонения величин реальных параметров от их значений в математическом описании процесса биохимического окисления.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При решении вопросов оптимизации процесса биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод основным и хорошо зарекомендовавшим себя инструментом служит моделирование, в основе которого лежат математические модели протекающих процессов биохимического окисления – прирост биомассы активного ила и уменьшение концентрации загрязнителя.

Процесса биоочистки условно можно разделить на две протекающие последовательно, но функционально связанные между собой фазы, первая из которых – фаза аэрации, а вторая – фаза отстаивания. Поэтому во многом

задача оптимизации заключается в рассмотрении системы аэротенк-вторичный отстойник.

Существенными преимуществами, с практической точки зрения, обладает тип аэротенка с рециркуляцией ила, так как в нем возможно создание больших концентраций ила и увеличение скорости и производительности процесса очистки.

В общем случае ввиду многофакторности процесса биоочистки решение задачи оптимизации оказывается довольно сложным, даже при использовании простых моделей на основе модели Моно, однако при упрощении модели можно получить алгебраические выражения требуемых периодов аэрации.

В рамках используемой математической модели можно выделить область оптимальных режимов работы очистных сооружений, при которых общий рабочий объем будет незначительно отличаться от своего минимального искомого значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1979, 119 с.
2. Повышение эффективности работы сооружений биологической очистки городских сточных вод: монография / С. А. Горносталь, Е. А. Петухова, Ю. В. Уваров – Х: НУГЗУ, 2015. – 102 с.
3. Monod J. L'évolutionmicroscopique. / J. Monod. – "Theoria to Theory", Gordon and Breach Science Publishers Ltd. – 1977. – № 10. – P. 303-311.
4. Вавилин В.А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках / В.А. Вавилин. – М.: Наука, 1983. – 158 с.
5. Большаков Н.Ю. Оценка эффективности системы аэротенк – вторичный отстойник методом математического моделирования / Н. Ю. Большаков // Вестник молодых ученых. – 2001. – №7 – С. 58-67.
6. Колмогоров А.Н. Избранные труды. II том: Теория вероятностей и математическая статистика / [отв. ред. Прохоров Ю.В., сост. Ширяев А.Н.] – М.:Наука, 1986. – Т.2. – 534 с.
7. Свирежев Ю.М. Устойчивость биологических сообществ / Ю.М. Свирежев, Д.О. Логофет. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
8. Олійник О.Я Особливостімоделювання очистки стічних вод у системіаеротенк–відстійник–регенератор / О.Я. Олійник, С.М. Зябліков // Проблемиводопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2005. – №4. – С. 46-53.
9. Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микробов / Н. Д. Иерусалимский. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 244 с.
10. Herbert D. A theoretical analysis of continuous culture systems / D. Herbert // In: Symp. Of continuous of microorganisms. – 1960. – L., 1961. – Sc. I, monogr. N 12. – P. 44-52.

11. Modeling fecal coliform bacteria-II. Model development and application. /Canale R.P.; Auer M.T.; Owens E.M.; Heidtke T.M.; Effler S.W. // Water Research. –vol. 27, 4 April, 1993. – P. 703-714.
12. Гюнтер Л.И. К выбору математической модели процесса биохимической очистки сточных вод / Л.И. Гюнтер, Б.С. Запрудский // Микробиологическая промышленность. – 1971. – №5 – С. 14-18.
13. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра. – М.: Наука, 1976. – 288 с.
14. Rosenzweig M.L. Preston's ergodic conjecture: The accumulation of species in space and time / M.L. Rosenzweig // Biodiversity dynamics. – 1998. –P. 311-348.
15. Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3 / M. Henze, W. Gujer, T. Mino, M. van Loosdrecht // Published by IWA Scientific and Technical Report No. 9. – London, June 2000. – P. 130.
16. The Eawag Bio-P Module for Activated Sludge Model / Rieger L., Koch G., Kuhni M., Gujer W., Siegrist H. // J. Water Res. – 2001. – 35(18). – P. 3887-3903.
17. Simulating Activated Sludge System by Simple-to-Advanced Models / H. Shahriari, C. Eskicioglu, R.L. Droste // Journal of Environmental Engineering. – 2006. – 132(1). – P. 42–50.
18. Application of the International Water Association activated sludge models to describe aerobic sludge digestion. / M.Ghorbani, C. Eskicioglu. // Environmental Technology. – 2011. – 32(16). – P. 1923-1938.
19. Gaudy A. F., Ramanathan M., Rao B. S. Kinetic behavior of heterogeneous populations in completely mixed reactors. – Biotech. Bioeng., 1967, № 8.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR PLASMA DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTE

S.V. Anakhov[1], A.V. Matushkin[2], Yu.A. Pyckin[3], G.V. Kharina[1]
[1]Russian State Vocational-Professional University, Ekaterinburg, Russia
[2]Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
[3]Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

In this paper, the gas-dynamic parameters of the air-plasma flow in the plasma torch mixing chamber for environmental technologies are determined by methods of mathematical modeling. The characteristic temperatures, velocities and heating times of the utilized gas in different areas of the mixing chamber are determined. The application of the plasma neutralization method at the afterburning stage of particularly dangerous substances formed in the technologies of thermal waste disposal is justified. Special attention is paid to plasma technologies of dioxin neutralization, the features and advantages of the method are shown. The directions of further research and development necessary to create a technology of plasma incineration with maximum efficiency of disinfection are indicated.

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАЗМЕННОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

С.В. Анахов[1], А.В. Матушкин[2], Ю.А. Пыкин[3], Г.В. Харина[1]
[1]Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург, Россия
[2]Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
[3]Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

В работе методами математического моделирования определены газодинамические параметры воздушно-плазменного потока в камере смешения плазмотрона для экологических технологий. Рассчитаны характерные температуры, скорости и времена нагрева утилизируемого газа в различных областях камеры смешения. Обосновано применение способа плазменного обезвреживания на стадии дожигания особо опасных веществ, образующихся в технологиях термической утилизации отходов. Особое внимание уделено плазменным технологиям обезвреживания диоксинов, показаны особенности и преимущества метода. Обозначены направления дальнейших исследований и разработок, необходимых для

создания технологии плазменной инсинерации с максимальной эффективностью обеззараживания.

Одним из эффективных технологических решений, улучшающих экологическое состояние окружающей среды является применение в проектах экологической направленности электроплазменной техники, использующей генератор низкотемпературной плазмы – плазмотрон. При температурах плазменной струи в несколько тысяч градусов возникает высокоэнергетичный эффект воздействия на вещества, позволяющий подвергнуть их глубокому разложению, – плазменная инсинерация («сжигание»). В зависимости от вида и степени токсичности отходов применение плазмотронов возможно как на стадии высокотемпературной обработки и обезвреживания самих отходов, так и на стадии обязательной в настоящее время многоступенчатой очистки образующихся при переработке газов. Первый вариант с учетом энергозатратности плазменных технологий представляется целесообразным для решения локальных, но важных задач по санитарно-эпидемиологическим и экологическим требованиям – уничтожение инфицированных отходов, кремация трупов животных, а последний – для обезвреживания супертоксикантов (полихлорированных дибензодиоксидов, дибензофуранов, бифенилов, отравляющих веществ, тяжелых металлов и их соединений и т.д.).

В качестве веществ для оценки эффективности обезвреживания были выбраны диоксины, являющиеся едва ли не самыми опасными суперэкотоксикантами техногенного происхождения, обладающими мощным мутагенным, тератогенным и канцерогенным действиями. Как известно, диоксины образуются в качестве побочных продуктов в целлюлозно-бумажном, химическом, металлургическом, мусороперерабатывающих и других производствах (особенно хлорных и бромных) [1].

Сегодня наиболее распространенными методами уничтожения диоксинов являются термические технологии, при которых происходит высокотемпературное окисление, когда разрушение токсичных соединений осуществляется прямым сжиганием отходов вместе с топливом в печах стационарного или передвижного типа. Снижения содержания диоксинов в отходящих газах можно достичь с помощью активированного угля [2], впрыскиваемого в рукавной фильтр, или установки специальных слоевых фильтров. Последняя технология используется, например, в установках по мусоросжиганию Hitachi Zosen Inova, которые в настоящее время внедряются в России [3]. Однако, с учетом проблемы захоронения зараженного активированного угля, широко принятым является мнение, что обязательным элементом печей для сжигания промышленных и бытовых отходов является камера дожигания, необходимой для полного разрушения диоксинов.

На данный момент общепринятым [4] считается, что с целью предотвращения образования диоксинов в зоне горения должны соблюдаться следующие параметры процесса: температура выше 1150-1300 К; время

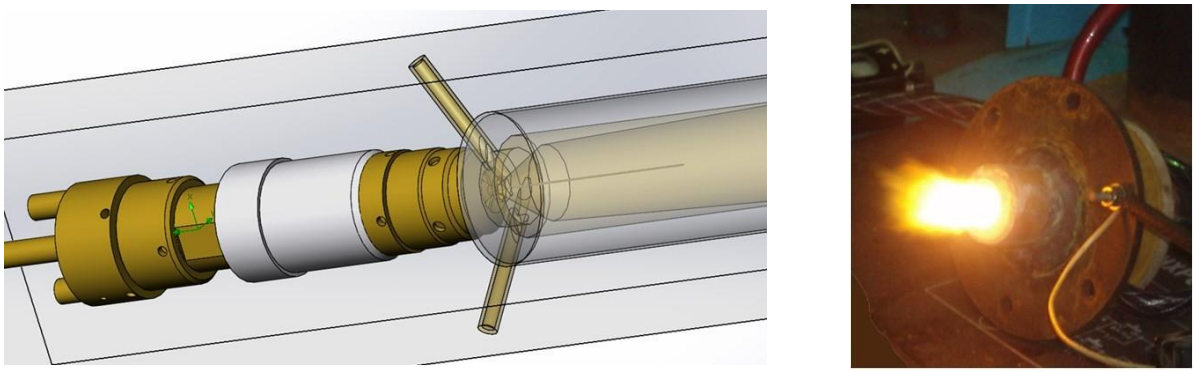
пребывания отходов в зоне горения не менее двух секунд; 6%-ный избыток кислорода в газовой смеси; в зоне охлаждения температура в диапазоне 500-800 К и время пребывания не более 1 секунды. Аппроксимации, сделанные авторами по известным данным высокотемпературного обезвреживания диоксинов [5] позволили сделать следующие оценки необходимого времени их разложения (табл.1):

Таблица 1

Температурная зависимость времени разложения диоксинов

T, тыс. К	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
t, мс	2000	100	20	5	2	1,2	0,7	0,5	0,33

К настоящему времени разработано большое количество плазмотронов и схем их применения в технологиях обезвреживания отходов (экотехнологиях) [6]. Большая часть применяемых в экотехнологиях плазмотронов предназначена для переработки дисперсных и парогазовых сред, когда отходы обезвреживаются путем непосредственного введения в плазменную дугу (струю). В отличие от широко применяемых для таких целей ВЧ-плазмотронов с магнитной стабилизацией дуги, авторами, с учетом рассмотренных ранее принципов проектирования [6] на базе запатентованной полезной модели дугового плазмотрона [7] была предложена модифицированная конструкция для обезвреживания токсичных парогазовых потоков различного состава и фазового состояния (рис.1).



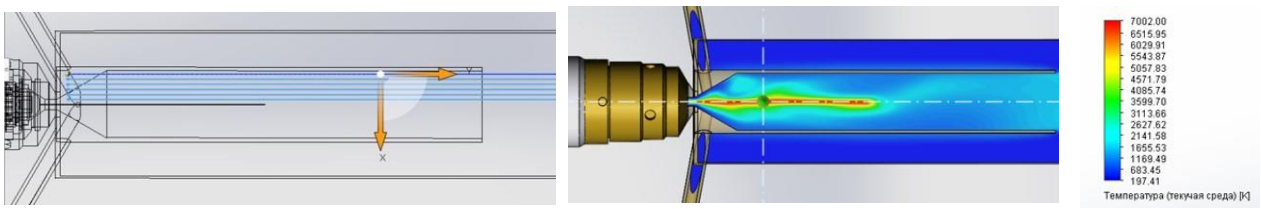
а б

Рисунок 1 - Плазмотрон для обезвреживания опасных отходов:
а – расчетная модель, б – опытная модель

Предварительно закрученный с помощью системы газовихревой стабилизации поток плазмообразующего газа (ПОГ) в камере смешения (КС) такого плазмотрона нагревается дугой и взаимодействует с потоком тангенциально подаваемой токсичной парогазовой смеси. Патрубки для

подачи вторичного потока располагаются на сменной части плазмотрона, либо могут быть вынесенным за его пределы и располагаться под срезом сопла под любым углом к оси плазменной струи. Для оценки эффективности обезвреживания токсичных газов с применением плазмотрона подобного типа была поставлена задача методами математического моделирования определить газодинамические параметры потоков в КС с различным конструктивным исполнением зоны нагрева и охлаждения утилизируемого газа с целью последующей оценки термокинетических процессов обезвреживания токсичных отходов, содержащихся во вторичном газовом потоке, а также выработки рекомендаций по совершенствованию конструкции плазмотрона и технологической схемы обезвреживания.

Газодинамическое моделирование проводилось в приложении FlowWorks программной среды SolidWorks с переменным значением параметра дискретизации расчетной сетки.. Расчеты проводились для воздушно-плазменной среды при характерном для эффективной газовихревой стабилизации дугового плазмотрона массовом расходе основного потока ПОГ 0,011 кг/с и диаметре входного отверстия в КС 4 мм. Вторичный поток утилизируемого газа подавался по 2-м осесимметрично расположенным патрубкам под углами 10, 20 и 30 градусов к оси плазменной струи, с массовым расходом 0,005 кг/с на каждую трубку. Расчет температур в КС проводился по нескольким прямолинейным траекториям (линиям) различной удаленности от оси камеры (рис.2,а) при характерной для воздушно-плазменной дуги (струи) длине в 90 мм и температуре в 7000 К. Геометрия КС: длина не менее 150 мм, угол раскрытия начальной части – 20º , раскрытие на остальной длине для конфузорной КС – 5º. Как показали расчеты, основной поток утилизируемого газа движется в КС по спиралевидной траектории (рис.2,б), поэтому были сделаны оценки изменения кинематических параметров и вдоль характерной для такой траектории винтовой линии. Так как при винтовом характере движения газового потока расчет по прямолинейной траектории приводит к сильным осцилляциям параметров вдоль линии движения, применялся также расчет средних по сечению КС температур и скоростей.

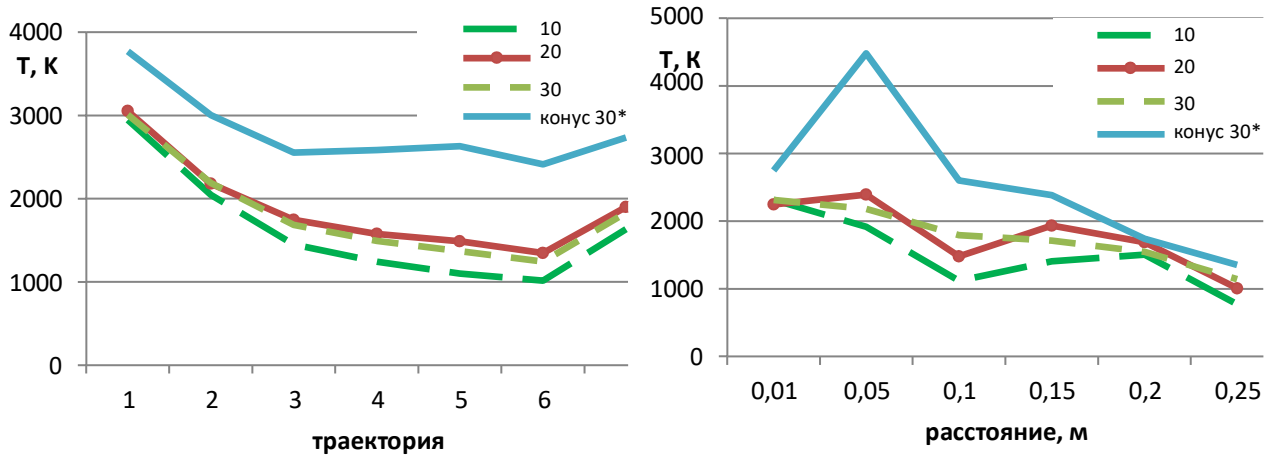


а б

Рисунок 2 - Газодинамическое моделирование: а – траектории расчета скоростей и температур в камере смешения плазмотрона, б – распределение температур

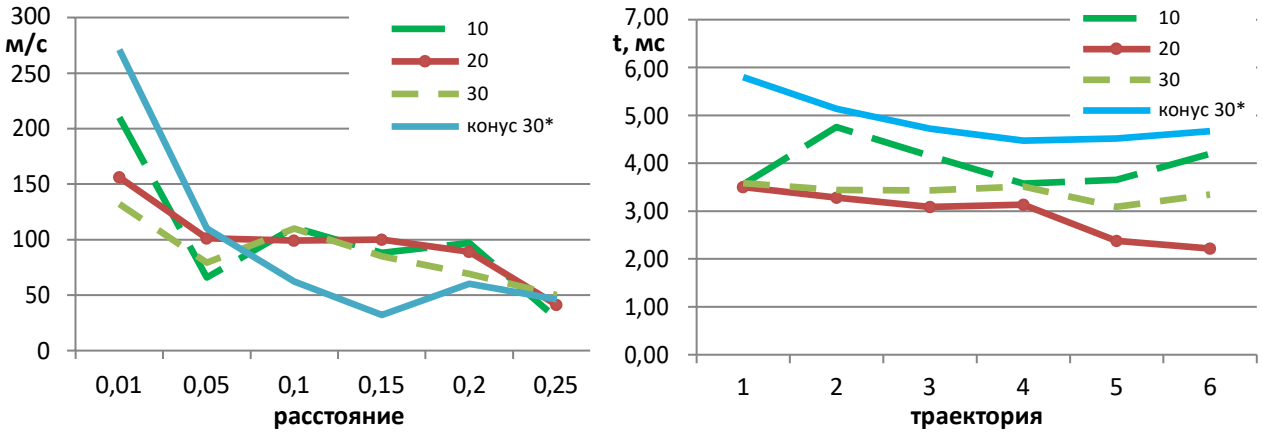
По результатам моделирования были рассчитаны газодинамические параметры (температуры, скорости и времена нагрева) утилизируемого газа в различных областях КС цилиндрического и конфузорного типа. Результаты свидетельствуют о средних температурах в КС от 1500 до 4000 К и средних скоростях в 50-100 м/с при характерных временах нагрева от 2 до 5 мс (рис.3,4,5). В связи с тем, что действительная траектория движения вторичного потока представляет собой в КС сложную геометрическую линию, реальное время нагрева должно быть выше. При аппроксимации траектории винтовой линией оценки времени нагрева дают его примерно двукратное увеличение для наиболее удалённых от оси областей перемещения, а также примерно полуторное увеличение средней температуры вдоль траектории. При конфузорном типе КС время нагрева увеличивается в 1,5-2 раза в зависимости от траектории, причем наибольшее увеличение происходит вблизи стенок КС.

Последние результаты коррелируют с порядками значений времени разложения диоксинов при таких температурах, что свидетельствует о существенных преимуществах плазменного метода по сравнению с известными технологиями пиролизного либо колосникового сжигания отходов, при которых максимальные температуры, как правило, составляют менее 1000 К и не обеспечивают эффективной деструкции вышеупомянутых супертоксикантов. Следует, однако, продолжить разработку и анализ конструкции плазмотрона для экотехнологий с целью увеличения средних температур и времени нагрева супертоксикантов в камере смешения с целью их полной деструкции.



а б

Рисунок 3 - Средние температуры в КС при углах ввода утилизируемого газа в 10, 20 и 30 градусов (цилиндрическая КС) и 30 градусов (конфузорная КС): а – вдоль прямолинейных траекторий, б – в различных сечениях КС



а б

Рисунок 4 - Результаты газодинамического моделирования при углах ввода утилизируемого газа в 10, 20 и 30 градусов (цилиндрическая КС) и 30 градусов (конфузорная КС): а – средние по сечению КС скорости газа, б – среднее время движения частиц вдоль прямолинейных траекторий

С учетом того, что эффективность подобной деструкции увеличивается с ростом как температуры, так и времени нагрева, в качестве приблизительной оценки эффективности различных конструктивных вариантов плазмотрона можно рассмотреть произведение данных параметров. В соответствии с результатами, представленными на рис.5 можно сделать вывод о преимуществах, достигаемых при вводе утилизируемого газа в КС под углом 30^0 к оси плазмотрона, а также конфузорном характере исполнения камеры смешения. Целесообразно также при проектировании технологии обезвреживания предусмотреть и камеру закалки перед выбросом газов в атмосферу.

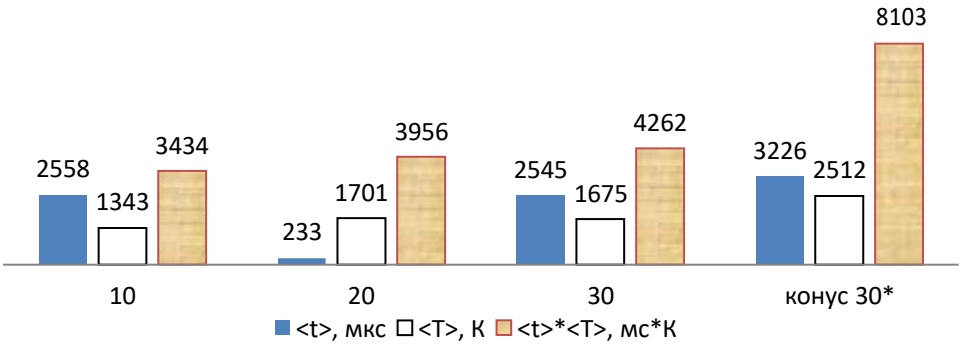


Рисунок 5 - Результаты газодинамического моделирования при углах ввода утилизируемого газа в 10, 20 и 30 градусов (цилиндрическая КС) и 30 градусов (конфузорная КС): <t> – среднее время нагрева (мкс), <T> – средняя температура в КС (К), <t>·<T> – оценочный параметр эффективности обезвреживания

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №19-08-00190

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумерова Г.И., Гоголь Э.В., Васильев А.В. Новый подход к качественному и количественному определению диоксинов // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук – 2014. – т. 16, №1 (6) – С. 1717-1719.
2. Ладыгин К.В. К вопросу предварительной оценки и методов снижения содержания диоксинов в отходящих газах установок термоокислительного обезвреживания медицинских отходов // Научный журнал НИУ ИТМО – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. - №2 – С. 14- 15
3. Леонтьев Л.И. Перспективы утилизации твердых коммунальных отходов в РФ // Труды конгресса «ТЕХНОГЕН-2019». – Екатеринбург: УрО РАН, 2019. – С.18-24
4. Петров В.Г., Трубачёв А.В. Обезвреживание хлорорганических промышленных отходов без образования диоксинов // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия., 2012. – № 3 - С.64-68
5. Технологии обеззараживания [Электронный ресурс, режим доступа: http://www.seu.ru/cci/lib/books/dioksiny/8/02.htm]
6. Анахов С.В. Принципы и методы проектирования плазмотронов. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. – 165 с.
7. Пыкин Ю.А., Анахов С.В., Шакуров С.А., Тетюков А.Г. Патент на полезную модель «Плазмотрон» №67909. От 22.05.2007.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

SOUND ISOLATION CHARACTERISTIC AND EXPERIENCE OF APPLICATION OF LIGHTWEIGHT ACOUSTIC PANELS MADE FROM PULP AND PAPER MATERIALS AND POLYMER FILMS

V.F. Asminin[1], E.V. Druzhinina[1], S.A. Sazonova[2], D.S. Osmolovsky[1]
[1]Voronezh State Forestry University Named After G.F. Morozov, Voronezh, Russia
[2]Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Development is using in mechanical engineering, construction and woodworking, especially to sound isolating panels used for cabins, covers, sound protecting acoustic barriers, temporary erected partitions in rooms etc., and decides the task of sound isolating panel to gain the characteristic providing simplification of installation-dismantling, transporting and storage without reduction of efficiency of noise reduction. Portable light-weighted sound isolating panel (POZ) with diamond-shaped structure is manufactured from organic and polymer materials like pulp and paper materials, fabrics and polymer films. This allow significantly reduce the mass of construction.

ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

В.Ф. Асминин[1], Е.В. Дружинина[1], С.А. Сазонова[2], Д.С. Осмоловский[1]
[1]Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
[2]Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

Разработка относится к области машиностроения, строительства и деревообработки, а именно, к звукоизолирующим панелям, используемым для кабин, кожухов, звукозащитных акустических экранов, временно возводимым перегородкам в помещениях и т.д., и решает задачу придания звукоизолирующей панели свойств, обеспечивающих упрощение монтажа-демонтажа, транспортировки и хранения, без снижения эффективности шумоглушения. Переносная облегчённая звукоизолирующая панель (ПОЗ) с ромбовидной структурой изготавливается из органических и полимерных материалов, таких как целлюлозно-бумажные материалы, ткани и полимерные плёнки, что позволяет значительно снизить массу конструкции.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для снижения шума от металлорежущих и деревообрабатывающих станков и другого оборудования до допустимых нормативных значений в производственных помещениях с постоянными и временными рабочими местами возникает необходимость в применении облегчённых и быстро возводимых внутренних перегородок и акустических экранов. Обязательными эксплуатационно-функциональными требованиями к этим перегородкам является малая масса конструкции, упрощённые монтаж-демонтаж, транспортировка и складирование. Данные требования обусловили поиск рациональной конструкции панели и акустических экранов при условии их высокой акустической эффективности. Обоснована конструкция облегчённой панели, которая может использоваться для быстромонтируемых и демонтируемых перегородок внутри помещений, а так же для акустических экранов. Для изготовления разработанной конструкции панели предлагается использовать целлюлозно-бумажные, тканевые и полимерные плёночные материалы. Результаты экспериментальных исследований позволили сделать вывод, что предлагаемое конструктивное решение облегчённой панели, перегородки или экрана обладает высокой акустической эффективностью и отвечает функционально-эксплуатационным требованиям к переносным акустическим экранам [1, 2, 3, 4, 5].

2. ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Переносные облегчённые звукоизолирующие панели с гофрированной ромбовидной структурой (далее ПОЗ) (рис. 1) изготавливаются из полимерных плёночных материалов или из листованных целлюлозно-бумажных материалов [1, 2, 3, 4, 5]. Листы материала склеиваются по определенной технологии с образованием ромбовидных пространств внутри панели (рис. 2) в соответствие с патентом на полезную модель [4].

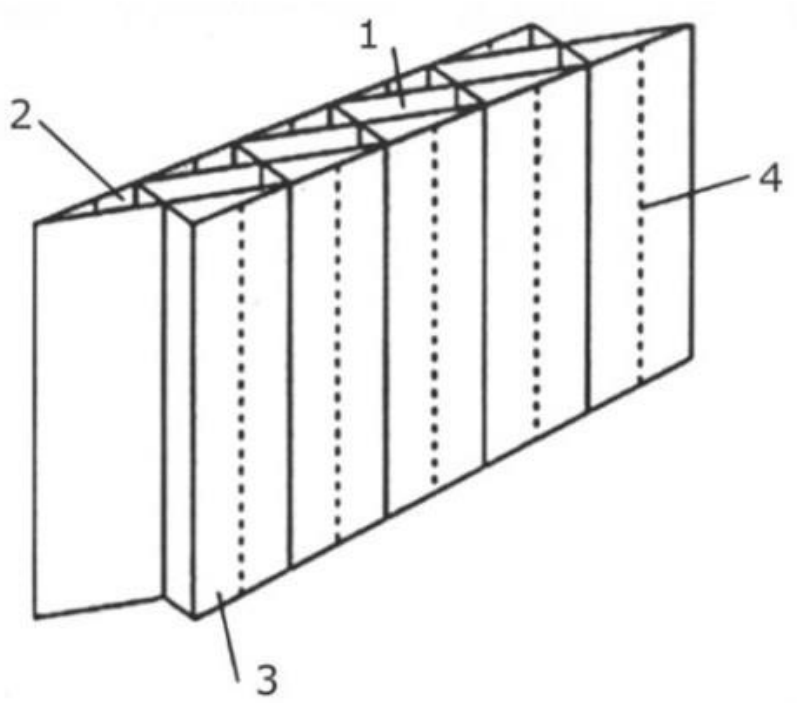


Рисунок 1 - Общий вид ПОЗ

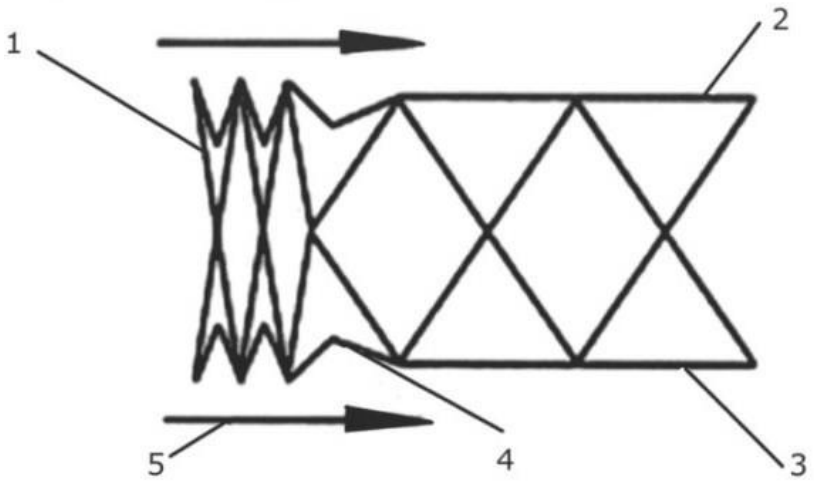


Рисунок 2 - Поперечное сечение конструкции ПОЗ при процессе демонтажа

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЗАЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Эффективность технического решения заключается в снижении шума при проведении работ на постоянных и временных рабочих местах и подтверждена экспериментальными и теоретическими научными исследованиями. Ниже приведены спектральные акустические характеристики по снижению шума ПОЗ в сравнении с другими,

традиционными изотропными и анизотропными материалами, имеющими гораздо большую плотность (и, соответственно, массу).

При сравнении полученных звуковых спектральных характеристик, очевидно, что разработанная ПОЗ с массой образца всего 0,36 кг (!) не уступает по звукоизоляционным свойствам образам материалов с более высокой плотностью, и, соответственно, массой (стальной лист – 5,10 кг, ДСП – 2,41кг.). Это преимущество переносной облегчённой панели обеспечивается особенностью ее внутреннего конструктивного исполнения.

Таблица 1

Сравнительная таблица звукоизолирующей способности ПОЗ и некоторых традиционных материалов для акустических экранирующих конструкций

Исследуемый образец размером 550 х 550 мм	Уровни звука, дБА	Среднегеометрическая частота, Гц								Масса образца, кг
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
		Уровни звукового давления, дБ								
ПОЗ толщиной 45 мм	58,1	39,3	34,8	50,3	56,0	55,5	49,4	46,9	24,0	0,36
ДСП толщиной 15 мм	60,2	38,6	38,0	55,1	56,6	56,0	53,7	51,4	42,7	2,41
Сталь толщиной 2 мм	58,9	37,4	37,6	49,6	52,8	53,9	48,6	55,3	37,4	5,10

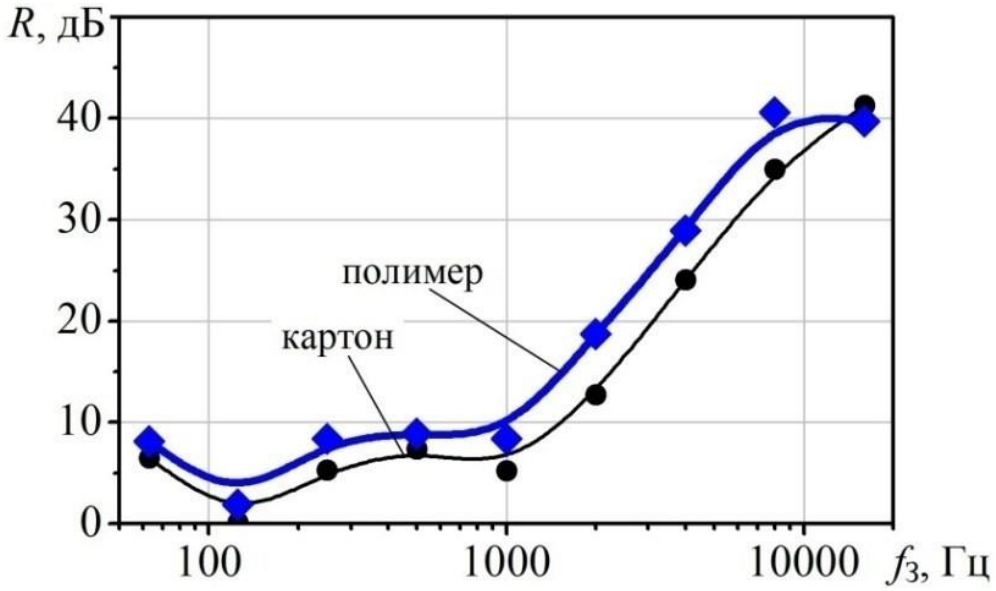


Рисунок 3 - Зависимость звукоизоляции (R , дБ) от частоты (f, Гц) для ПОЗ изготовленных из различных материалов (картон, полимерная пленка)

На рисунке 3 представлены графические зависимости по результатам экспериментального исследования зависимости звукоизоляции R, дБ переносной облегченной звукоизолирующей панели от частоты звука в зависимости от материала для ее изготовления (картон, полимерная пленка).

Как видно из графиков, результаты практически не разнятся. Поэтому эффективность ПОЗ зависит только от ее внутренней гофрированной ромбовидной структуры.

Результаты экспериментальных исследований по обоснованию наиболее оптимальной внутренней структуры ПОЗ (гофрированная, ромбовидная и др.) с позиции ее акустической эффективности приведены на рисунке 4.

Как видно из приведенных графиков, наилучший акустический эффект демонстрирует ПОЗ с ромбовидной внутренней структурой, заключенной между двумя плоскими стенками (звукоизоляция в высокочастотном диапазоне свыше 1000 Гц достигает 30 – 40 дБ). Этот вариант конструкции внутренней структуры ПОЗ и был выбран в качестве основного.

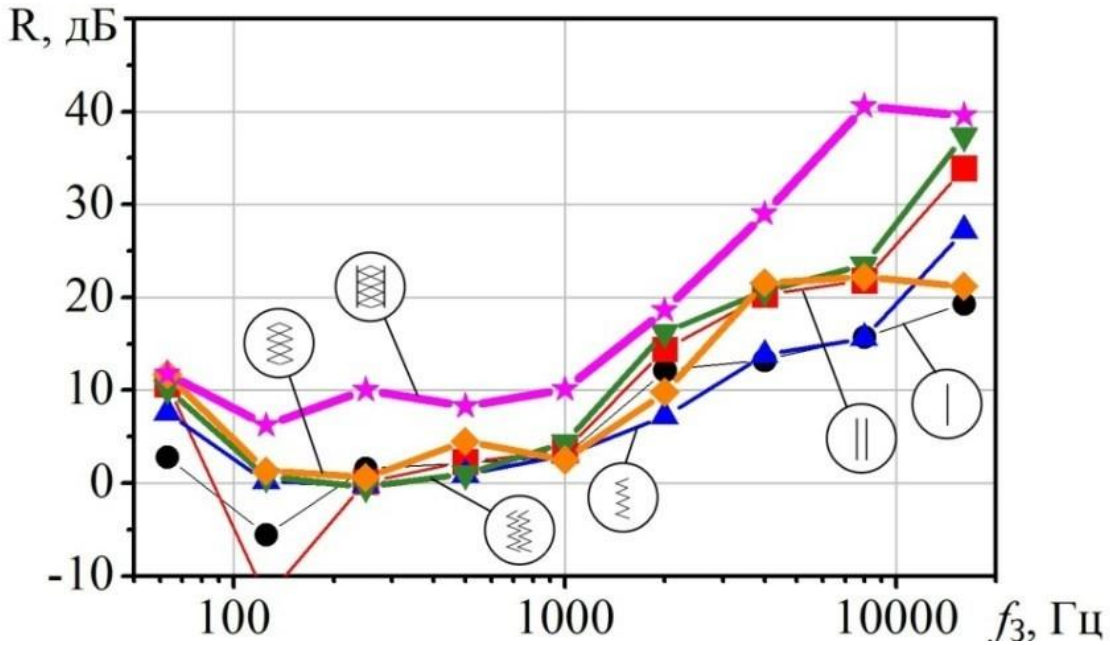


Рисунок 4 - Зависимость звукоизоляции (R , дБ) от частоты (f, Гц) для ПОЗ с различной внутренней структурой. В окружностях условно изображена внутренняя структура ПОЗ (плоские стенки; гофрированные; двойные гофрированные; ромбовидные; ромбовидные, заключенные между двумя плоскими стенками)

Были выполнены также экспериментальные лабораторные исследования по влиянию на акустическую эффективность толщины материала ПОЗ, углов ромбовидной гофры и др., которые позволили выбрать наиболее рациональные параметры для панелей. По результатам

экспериментальных и теоретических исследований была разработана программа моделирования прохождения звука через ПОЗ [5]. Также были проведены натурные и производственные испытания ПОЗ на рабочих местах операторов круглопильного станка и копировально-фрезерного станка "ANDREONI" на предприятии ОАО ХК «Мебель Черноземья» г. Воронеж.

3. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

Устранение повышенного производственного шума может быть достигнуто только в результате проведения комплекса мероприятий и, в первую очередь, в области совершенствования технологических процессов и оборудования, а также применение средств снижения шума в источнике возникновения. Однако, эти средства снижения шума в источнике, ориентированы на конкретные станки и не являются унифицированными для других типов производственного оборудования [6, 7, 8].

Изготовлены опытные образцы акустических экранов на основе ПОЗ, которые внедрены в производство на ОАО ХК «Мебель Черноземья» (г. Воронеж, Россия), что подтверждено актом о внедрении. В сушильно-заготовительном цехе была испытана и внедрена в эксплуатацию опытная партия переносных облегчённых акустических экранов, изготовленных на основе ПОЗ.

На рисунках 5 и 6 представлены фотографии фрагментов натурных производственных испытаний на рабочих местах операторов деревообрабатывающих станков (на ОАО ХК «Мебель Черноземья»).

Рисунок 5 - ПОЗ – экран, установленный для звукоизоляции смежных рабочих мест от шума круглопильного деревообрабатывающего станка в ходе производственных испытаний (фрагмент испытаний)

Рисунок 6 - Размещение ПОЗ-экрана для звукоизоляции смежных рабочих мест от шума копировально-фрезерного станка "ANDREONI" в ходе производственных испытаний (фрагмент испытаний)

4. АНАЛИЗ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ

Проведенный расчёт затрат на материальные ресурсы показал, что на изготовление 1м^2 ПОЗ из различных материалов расходуется от 89 до 102 рублей, в то время как на изготовление 1м^2 звукоизолирующих панелей из материалов с идентичной акустической эффективностью, но гораздо большей массой расходуется от 550 до 801 рубля.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана новая звукозащитная конструкция – переносная облегчённая звукоизолирующая панель с гофрированной ромбовидной структурой (ПОЗ).

Проведены экспериментальные (лабораторные и натурные), а также теоретические исследования по преодолению звуком панели с гофрированной ромбовидной структурой, позволяющая найти оптимальные: тип внутренней структуры, характеристики материала, геометрические параметры внутренней прослойки.

Сформулированы методологические и технологические рекомендации по разработке переносной облегчённой звукоизолирующей панели с

гофрированной ромбовидной структурой при малой ее массе и высокой и высокой звукозащитной эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асминин В. Ф., Дружинина Е.В., Болучевский А. В. Обоснование конструкции облегченной панели для переносных акустических экранов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. - Т. 5, № 1 (27). - С. 21-26.
2. Асминин В. Ф., Болучевский А. В., Мелькумов В.Н. Экспериментальное обоснование конструкции облегчённой панели для переносных акустических экранов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2012, №4 (28). – С.114-119.
3. Асминин В. Ф., Болучевский А. В. Переносные акустические экраны из полимерных материалов с изменяемым геометрическим профилем отражающей поверхности / В сборнике: Защита населения от повышенного шумового воздействия. Сборник докладов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2011. - С. 610-612.
4. Асминин В. Ф., Болучевский А. В. Патент на полезную модель RUS 123431 17.07.2012. Облегчённая звукоизолирующая панель. – Опубл. 27.12.2012. – Бюл. №36.
5. Болучевский А. В., Асминин В. Ф., Посметьев В. В. Программа для моделирования прохождения звука через облегченную звукоизолирующую панель с гофрированной ромбовидной структурой: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RUS 2014616262 22.04.2014. – Опубл. 20.07.2014.
6. Дружинина Е.В., Асминин В. Ф., Осмоловский Д.С. Математическая модель снижения шума от пильного диска, достигаемого применением вибродемпфирующих прокладок с сухим трением // Молодой ученый. - 2016. - № 27 (131). - С. 144-152.
7. Osmolovsky D. S., Asminin V. F., Druzhinina E.V. Reducing noise from round woodworking machines by applying vibration damping friction pads between the saw blade and the clapmping flange // Akustika. - 2019. - Т. 32. - № 1. - С. 138-140.
8. Болучевский А. В., Асминин В. Ф., Бакланова О.В. Облегчённые временно возводимые шумоизоляционные перегородки для производственных и офисных помещений / Безопасность жизнедеятельности и здоровьесбережение на современном этапе: перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. - 2012. - С. 84-87.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

ADSORPTION OF AROMATIC AMINO COMPOUNDS BY MODIFIED BENTONITE

O.V. Atamanova, E.I. Tikhomirova, A.A. Podoxenov
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

This article is devoted to the consideration of the problem of wastewater treatment contaminated with aromatic amino compounds (by the example of o-phenylenediamine). Wastewater of some industries poison the environment and natural bodies of water with toxic compounds, including amino compounds. A popular method of water purification is the adsorption method. Among the sorption materials, the most promising are bentonites, which are modified in different ways. The authors studied the adsorption activity of various variants of modified bentonite with respect to o-phenylenediamine at different temperatures and various hydrodynamic conditions. The analysis of the efficiency of adsorption of o-phenylenediamine by the studied adsorbents, depending on the modes of mixing. Analysis of variance allowed us to establish the significance level of each of the considered influencing factors on the intensity of the adsorption process.

Key words: sorbent, modified bentonite, aromatic amino compounds, mixing mode.

АДСОРБЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОСОЕДИНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМ БЕНТОНИТОМ

О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, А.А. Подоксенов
Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А., г. Саратов, Россия

Настоящая статья посвящена рассмотрению проблемы очистки сточных вод, загрязненных ароматическими аминосоединениями (на примере о-фенилендиамина). Промышленные стоки отдельных производств отравляют окружающую среду и природные водоемы токсичными соединениями, в том числе аминосоединениями. Один из широко распространенных методов очистки воды - адсорбционный метод. В качестве сорбционных материалов перспективными являются бентониты, модифицированные разными способами. Авторами исследована

адсорбционная активность различных вариантов модифицированного бентонита по отношению к о-фенилендиамину при различной температуре и различных гидродинамических условиях. Проанализированы особенности эффективности адсорбции о-фенилендиамина исследуемыми адсорбентами в зависимости от режимов перемешивания. С помощью дисперсионного анализа установлен уровень значимости каждого из рассматриваемых влияющих факторов на интенсивность процесса адсорбции.

Ключевые слова: сорбент, модифицированный бентонит, ароматические аминосоединения, режим перемешивания.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время достаточно часто природные водоемы загрязняются стоками разных промышленных производств, являющихся источниками химических загрязнений, в частности ароматических аминосоединений (ААС) [1]. Опасно попадание ААС в источники, используемые для подготовки питьевой воды. Их реакционная способность по отношению к хлору очень велика, и при хлорировании воды происходит образование разнообразных хлорзамещенных, нередко превышающих по токсичности исходные соединения [1, 2].

ААС чаще всего имеют место в сточных водах производств красителей и лекарственных препаратов. Эти производства связаны со значительными расходами воды и использованием разнообразного ассортимента органических соединений, в том числе токсичных [3, 4]. Такие воды должны подвергаться тщательной и качественной очистке перед сбросом в водоемы или городскую канализацию во избежание загрязнения природных водоемов вредными примесями.

Известно [3], что одним из широко распространенных методов очистки воды является адсорбционный метод. Особый интерес в последнее время вызывает применение недорогих и эффективных сорбентов, основанных на природном минеральном сырье, например, таких, как глинистые породы.

Природные сорбционные материалы в целях очистки воды от вредных примесей чаще всего используются не в натуральном виде, а после определенной обработки (модификации), проводимой в целях повышения их адсорбционной способности[5-8].

Целью работы являлось исследование особенностей адсорбции ароматических аминосоединений(на примере о-фенилендиамина) на модифицированном бентоните при совокупном влиянии гидродинамических условий и температуры.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

– исследовать адсорбционную активность различных вариантов модифицированного бентонита по отношению к *о*-фенилендиамину при различной температуре и различных гидродинамических условиях при всех

возможных сочетаниях уровней этих факторов на заданном интервале значений;

– проанализировать особенности зависимости адсорбции *о*-фенилендиамина на исследуемых сорбентах от режима перемешивания;

– установить уровень значимости каждого из рассматриваемых влияющих факторов на интенсивность адсорбции с помощью дисперсионного анализа.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования выполнены на базе научно-образовательного центра «Промышленная экология» кафедры «Экология» СГТУ имени Гагарина Ю.А.

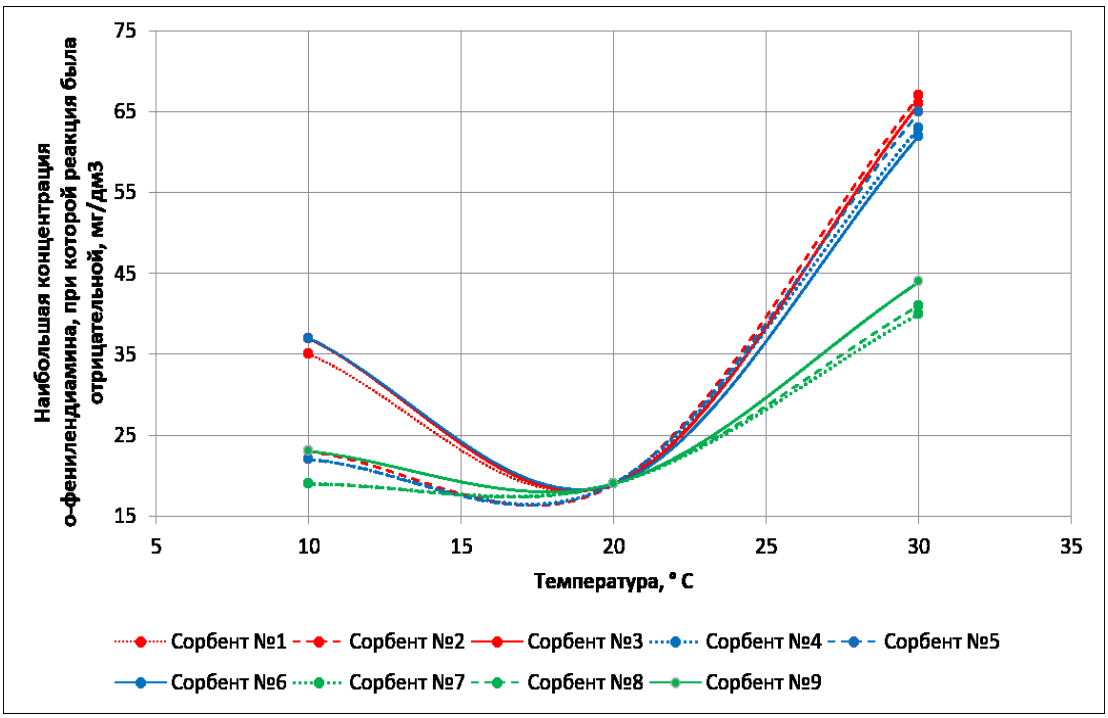
Исследования сорбционных особенностей различных модификаций бентонита осуществлялись методом качественного капельного анализа (по Ф. Файглю) [9].

К исследованиям были приняты следующие сорбционные материалы на основе модифицированных бентонитов:

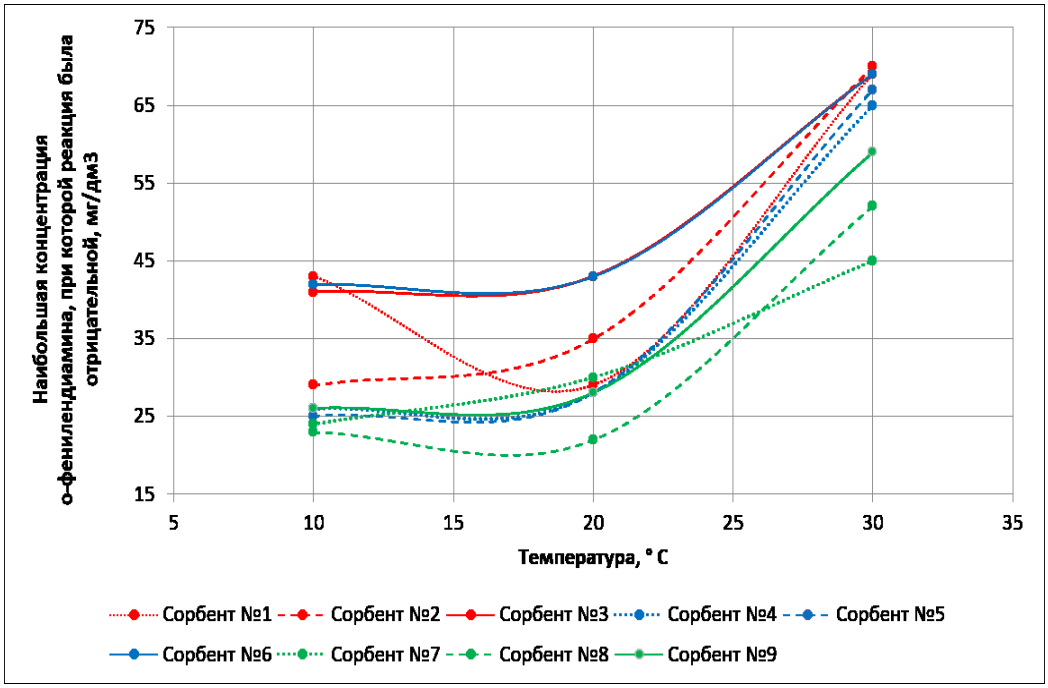
- сорбент № 1 – бентонит, обжиг при 550° С;
- сорбент № 2 – бентонит, обжиг при 550° С;
- сорбент № 3 – бентонит, обжиг при 550° С;
- сорбент № 4 – бентонит, обжиг при 570° С;
- сорбент № 5 – бентонит, обжиг при 570° С;
- сорбент № 6 – бентонит, обжиг при 570° С;
- сорбент №7 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, обжиг при 570° С;
- сорбент №8 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, обжиг при 570° С;
- сорбент №9 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, обжиг при 570° С.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

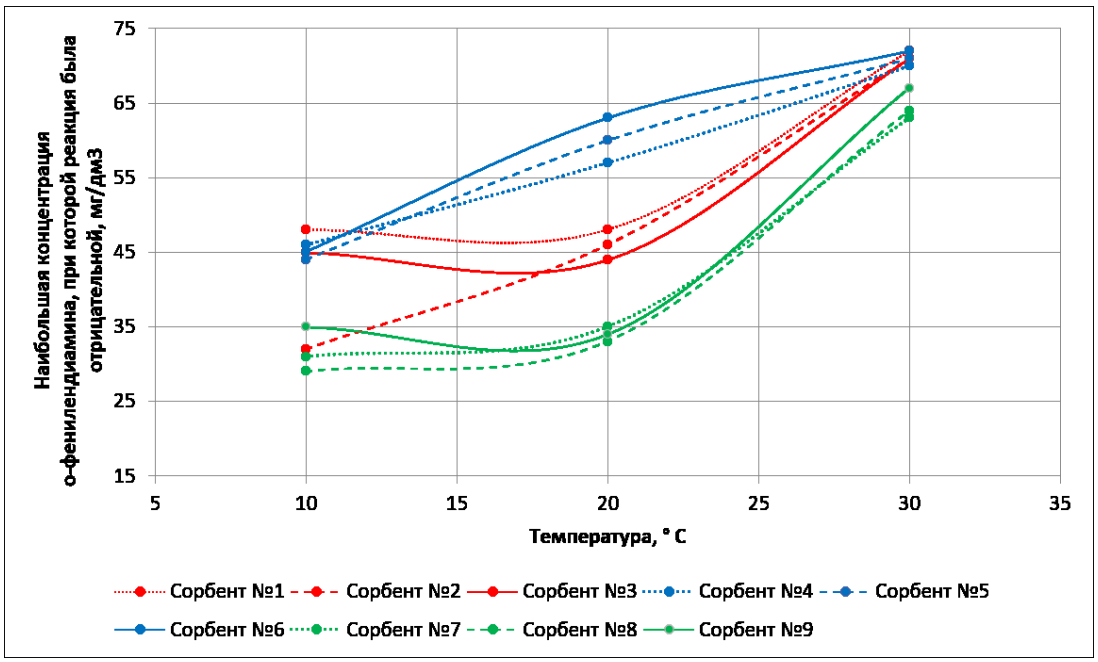
Проведенные эксперименты позволили построить общие графики, на которых изображены одновременно полученные зависимости сорбционной активности всех принятых к исследованиям сорбентов от температуры при каждом из трех режимов перемешивания (рис.1).


Наибольшая концентрация о-фенилендиамина, при которой реакция была отрицательной, мг/дм3
75
65
55
45
35
25
15
5
10
15
20
25
30
35
Температура, ° С
Сорбент №1
Сорбент №2
Сорбент №3
Сорбент №4
Сорбент №5
Сорбент №6
Сорбент №7
Сорбент №8
Сорбент №9

а)


Наибольшая концентрация о-фенилендиамина, при которой реакция была отрицательной, мг/дм3
75
65
55
45
35
25
15
5
10
15
20
25
30
35
Температура, ° С
Сорбент №1
Сорбент №2
Сорбент №3
Сорбент №4
Сорбент №5
Сорбент №6
Сорбент №7
Сорбент №8
Сорбент №9

б)



в)

Рисунок 1 - Сопоставление температурной зависимости интенсивности адсорбции *о*-фенилендиамина для всех исследованных образцов сорбентов при режиме перемешивания: а) раз в 15 минут; б) раз в 10 мин., в) раз в 5 мин

Анализ показал, что сорбенты, полученные путем обжига бентонита при
570°Си активированием гидроокисью магния (№№ 7-9), а также сорбенты №2 и №5 в целом хуже по проявляемой сорбционной способности, чем остальные.

Гидродинамический режим, также как и изменение температуры адсорбционного процесса, являются значимыми факторами изменения эффективности адсорбции *о*-фенилендиамина– при более частом перемешивании разница между сорбционной способностью модифицированных бентонитов становится наиболее отчетливой, а также предполагаемая хемосорбция начинает проявляться при более низких температурах.

Для подтверждения адекватности сделанных выводов был реализован дсперсионный анализ влияния температуры и режима перемешивания на адсорбцию *о*-фенилендиамина модифицированным бентонитом. Путем анализа полученных графических зависимостей выполнена оценка влияния рассматриваемых факторов – температуры и гидродинамического режима – на адсорбцию *о*-фенилендиамина изучаемыми сорбентами. Было установлено, что данные факторы оказывают влияние на процесс, но в разной степени. Чтобы более подробно оценить значимость этих факторов, проведем дисперсионный анализ(таблица 1).Если значение $F>F_{крит}$, то

фактор следует считать значимым и оказывающим существенное влияние на процесс, а если $F<F_{крит,}$ влияние фактора можно считать несущественным.

Таблица 1

Значения F и $F_{крит}$ для каждого сорбента по результатам дисперсионного анализа

Сорбенты	**Температура**		**Режим перемешивания**	
	F	$F_{крит}$	F	$F_{крит}$
Сорбент №1	28,92	6,94	5,08	6,94
Сорбент №2	21,57	6,94	2,34	6,94
Сорбент №3	22,11	6,94	3,16	6,94
Сорбент №4	16,42	6,94	6,57	6,94
Сорбент №5	14,18	6,94	5,14	6,94
Сорбент №6	6,68	6,94	3,15	6,94
Сорбент №7	35,04	6,94	14,28	6,94
Сорбент №8	64,68	6,94	15,27	6,94
Сорбент №9	72,29	6,94	17,73	6,94

Сравнивая значения F и $F_{крит,}$ можно отметить, что температура является значимым фактором практически для всех сорбентов, кроме сорбента №6 (однако справедливо сказать, что в случае данного сорбента разница между Fи$F_{крит}$ невелика).

Режим перемешивания является значимым фактором в случае сорбентов №№7-9, и не оказывает существенного влияния в случае использования остальных сорбентов. Однако сказать, что данный фактор абсолютно не значим, опираясь только на данные дисперсионного анализа, на наш взгляд не совсем справедливо, так как на графиках видно, что при учащении перемешивания показатель сорбционной способности становится выше. Скорее, имеет смысл говорить о том, что по сравнению с температурой для данных сорбентов тот фактор вносит меньший вклад в процесс адсорбции.

4. ВЫВОДЫ

Гидродинамический режим, также как и изменение температуры адсорбционного процесса, являются значимыми факторами изменения эффективности адсорбции *о*-фенилендиамина. Причем с повышением температуры имеет место возрастание интенсивности адсорбции, только для каждого сорбента это возрастание происходит с различной скоростью. Это позволяет предположить, что на всех сорбентах *о*-фенилендиамин адсорбируется преимущественно за счет хемосорбции.

Изменение частоты перемешивания оказывает влияние на сорбционную активность бентонита (в разной степени для разных образцов).

Установлено, что при температурах 10 и 20°С гидродинамический режим с разной степенью оказывает влияние на сорбционную активность всех исследуемых сорбентов, а при температуре 30 °С – значительное влияние оказывается только на сорбционную способность сорбентов, активированных гидроокисью магния. Это позволяет предположить, что при 10°Си 20°С лимитирующей стадией адсорбции для всех сорбентов является внешний массоперенос, а при 30°С –скорость адсорбции лимитируется внешним массопереносом только для активированных гидроокисью магния сорбентов, относительно остальных можно считать, что скорость адсорбции лимитируется внутренним массопереносом в этих температурных условиях.

Дисперсионный анализ, проведенный с целью установления вклада изучаемых факторов в процесс адсорбции *о*-фенилендиамина на модифицированном бентоните, позволил заключить, что температура оказывает наиболее существенное влияние на сорбционную способность изучаемых образцов бентонита по отношению к *о*-фенилендиамину.

Наиболее перспективными вариантами сорбционных материалов в целях извлечения из воды ароматических аминов можно назвать бентонит, прошедший обжиг при температуре 550° С, и бентонит, обожженный при температуре 570° С.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки РФ по заявке 5.39.22.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппова, М. В. Газохроматографическое определение анилина и его хлорпроизводных в воде с предварительным бромированием: дис. … канд. хим. наук. / М. В. Филиппова. – СПб.: 2014. – 132 с.
2. Беркман, Б. Е. Промышленный синтез ароматических соединений и аминов / Б. Е. Беркман. – М.: Химия, 1964 – 344 с.
3. Истрашкина, М.В. Особенности адсорбции ароматических аминосоединений на различных вариантах модифицированного бентонита / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. –Т. 18, №2(2). –С. 381-384.
4. Очистка сточных вод предприятий химико–фармацевтической промышленности / С. В. Яковлев [и др]. – М.: Стройиздат, 1985. – 252 с.
5. Совершенствование сорбционных методов очистки загрязненных природных и сточных вод: коллективная монография / Под ред. д.б.н., проф. Е.И. Тихомировой. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2017. – 154 с.
6. Истрашкина, М.В. Применение фильтрующих загрузок в системах водоотведения для очистки сточных вод / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, Е.И. Тихомирова // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета, 2017. - Т. 17, № 5. - С. 149-152.

7. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова и др. // Фундаментальные исследования, 2018. - № 1. – С.18-23.
8. Косарев, А.В. Характеристики адсорбции о-толуидина на модифицированных формах бентонита в задаче очистки сточных вод / А.В. Косарев, М.В. Истрашкина, Е.И. Тихомирова, О.В. Атаманова, Н.В. Веденеева, А.В. Кошелев // Современные наукоемкие технологии, 2018. - № 2.- С.53-58.
9. Файгль, Ф. Капельный анализ неорганических веществ: в 2–хкн. / Ф. Файгль, В. Ангер. – М., Мир, 1976. – Кн. 1. – 390 с. – Кн. 2. – 320 с.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

STUDY OF SURFACE MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SAMPLES OF MODIFIED BENTONITE

O.V. Atamanova, E.I. Tikhomirova, M.V. Istrashkina
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

To use modified bentonite as a sorption material, its structural properties and chemical composition were studied. An analysis of the surface structure of samples of modified bentonites showed the most effective adsorption of organic matter (o-phenylenediamine) by carbon nanotube-modified bentonite. The spectrometry of granules of modified bentonite before and after adsorption showed adsorption in the form of inclusions on the surface of the granules. These granules are clearly visible with a magnification of 2500 times. The chemical composition of bentonites, established by energy dispersive spectrometry, confirms the possibility of interaction of the chemical elements of modified bentonites with elements of organic compounds during adsorption.

Keywords: modified bentonite, electron microscopy, chemical composition, carbon nanotubes, glycerol

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОБРАЗЦОВ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕНТОНИТА

О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина
Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

Для использования модифицированного бентонита в качестве сорбционного материала были изучены его структурные свойства и химический состав. Анализ структуры поверхности образцов модифицированных бентонитов показал наиболее эффективную адсорбцию органического вещества (о-фенилендиамина) бентонитом, модифицированным углеродными нанотрубками. Проведенная спектрометрия гранул модифицированного бентонита до и после адсорбции наглядно показала результат процесса адсорбции в виде включений на поверхности гранул, которые хорошо заметны при 2500-кратном увеличении. Установленный энергодисперсионным спектрометрированием химический состав бентонитов подтвердил возможность взаимодействия химических

элементов модифицированных бентонитов с элементами органических соединений в процессе адсорбции.

Ключевые слова: модифицированный бентонит, электронная микроскопия, химический состав, углеродные нанотрубки, глицерин

1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема очистки сточных вод промышленного и коммунально-бытового сектора урбанизированных территорий в настоящее время является одной из наиболее актуальных в промышленной экологии. Существует достаточно много приемов и методов очистки сточных вод от различных загрязняющих веществ. Одними из наиболее оправданных на сегодня считаются адсорбционные методы водоочистки [1]. В комплексе с другими методами адсорбционная очистка позволяет обеспечить качественный результат очистки сточных вод даже при сильном загрязнении исходной воды [2].

Для обеспечения адсорбционной очистки воды используются различные материалы, включая продукты вторичной переработки отходов производства. Однако особое внимание обращают на себя модифицированные разными способами бентониты. Эти природные глинистые материалы обладают высокой адсорбционной способностью, которая увеличивается в разы после дополнительной модификации исходного минерала [3].

Для изучения свойств разных модификаций бентонитов необходимо было исследовать морфологию поверхности их образцов и проанализировать их состав.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для рассмотрения морфологии поверхности были взяты два варианта сорбционного материала, показавшие наиболее хорошие результаты эффективности адсорбции во время предварительных испытаний:

– *№1* – бентонит, модифицированный углеродными нанотрубками (УНТ), после термической обработки (ТО) при температуре 550° С (резкийобжигбез предварительного нагревания);

– *№2* – бентонит, модифицированный глицерином и УНТ, ТО при 550° С (резкий обжигбез предварительного нагревания).

Работа осуществлялась методом растровой электронной микроскопии (РЭМ).

Была изучена структура образцов бентонита до и после сорбции. В последнем случае сорбционный материал (СМ) обрабатывали раствором исследуемого вещества (*о*-фенилендиамина).

При рассмотрении морфологии поверхности изучаемых образцов бентонита образец массой 5 г загружали в пробирку, заливали 5 $см^3$ модельного раствора концентрации 100 $мг/дм^3$ и выдерживали пробирку 2 ч при периодическом встряхивании содержимого. После этого жидкость из пробирки сливали, а образец высушивали для полного удаления влаги.

Химический состав образцов получали с помощью энергодисперсионного спектрометра, встроенного в растровый электронный микроскоп. Данная функция осуществлялась за счет регистрации характеристического рентгеновского излучения, испускаемого поверхностью образца.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа морфологии поверхности изучаемых образцов бентонитанаглядно представлены на рис. 1 и рис. 2. Изображения получены в режиме вторичных электронов. Эмиссия вторичных электронов образуется в результате ионизации атомов материала образца. Поэтому вторичные электроны являются вРЭМ главным источником информации при получении изображения поверхности [4]. Результаты РЭМ гранул СМ №1 показаны на рис.1 и 2 в нескольких масштабах увеличения.

Рисунок 1 - Морфология поверхности бентонита, модифицированного УНТ (слева – увеличение ×250, справа – ×2500) до сорбции

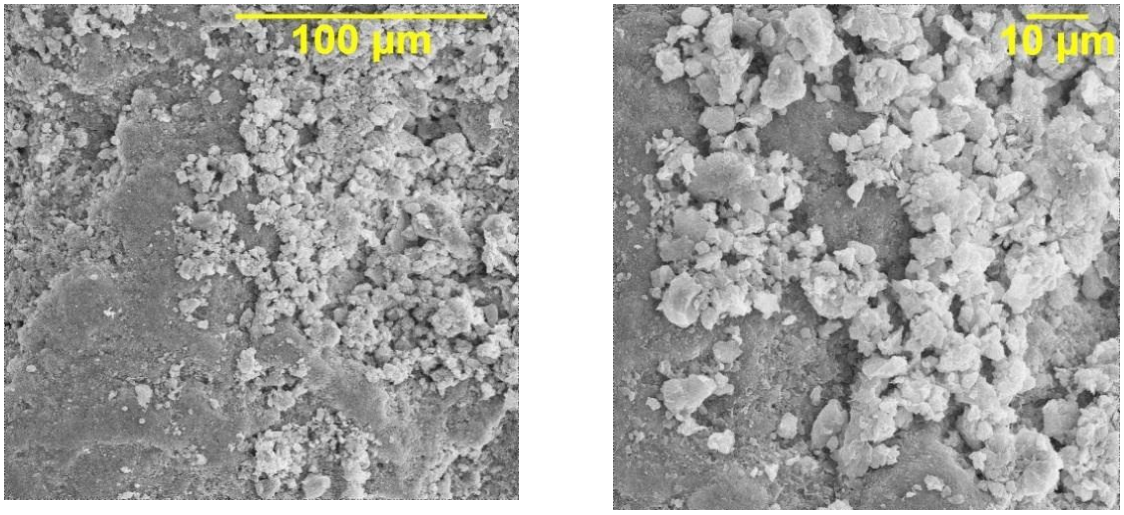


Рисунок 2 - Морфология поверхности бентонита, модифицированного УНТ (слева – увеличение ×250, справа – ×2500) после сорбции

Сравнительный анализ снимков структуры бентонита, модифицированного УНТ, до и после адсорбции показал, что поверхность гранул после сорбции стала более развитой, она частично покрыта посторонними вкраплениями, включениями, достаточно явными и контрастными по отношению к поверхности.

Результаты РЭМ гранул СМ №2 в нескольких масштабах увеличения показаны на рис.3 и 4.

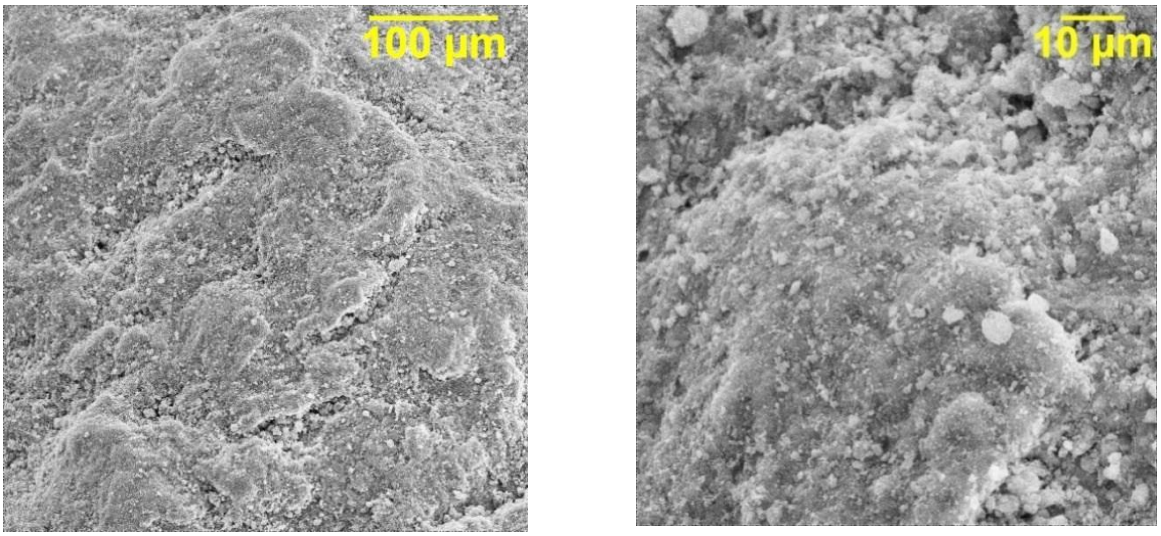


Рисунок 3 - Морфология поверхности бентонита, модифицированного глицерином и УНТ (слева – увеличение ×250, справа – ×2500) до сорбции

В данном случае после сорбции на поверхности можно заметить посторонние включения, которые более заметны при 2500-кратном увеличении.

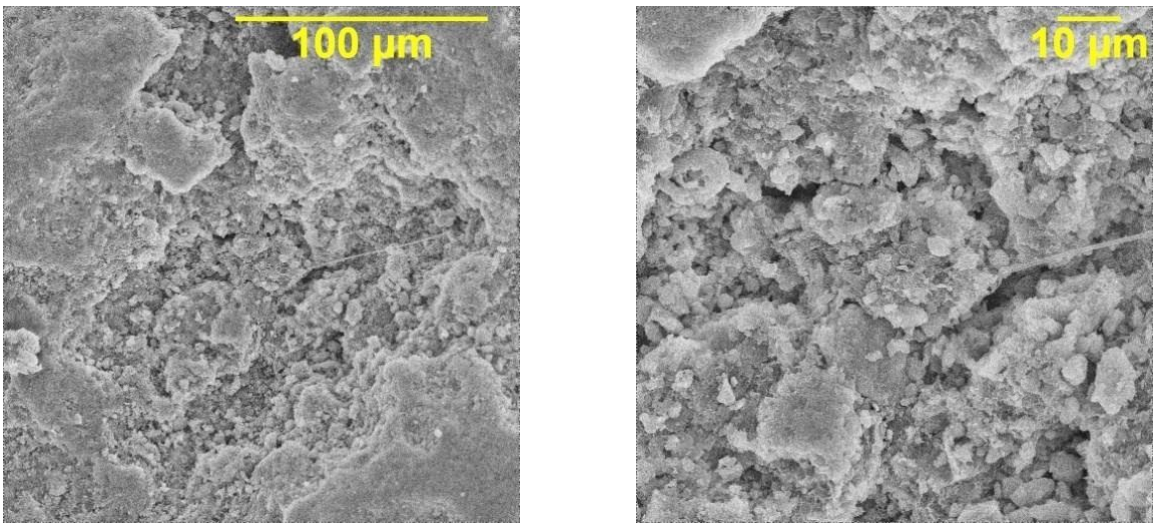


Рисунок 4 - Морфология поверхности бентонита, модифицированного глицерином и УНТ (слева – увеличение ×250, справа – ×2500) после сорбции

Химический состав образцов бентонита был установлен с помощью энергодисперсионного спектрометра. Измеряя положение пиков на полученных диаграммах (рис. 5 и 6) в спектре характеристического рентгеновского излучения, были выявлены химические элементы, присутствующие в области облучения поверхности образца высокоэнергетическим пучком электронов[4].

Результаты проведенного исследования химического состава образцов модифицированного бентонита приведены на рис.5 и 6. По оси абсцисс откладывается энергия характеристического излучения в килоэлектронвольтах, по оси ординат – интенсивность, пропорциональная счету импульсов в секунду.

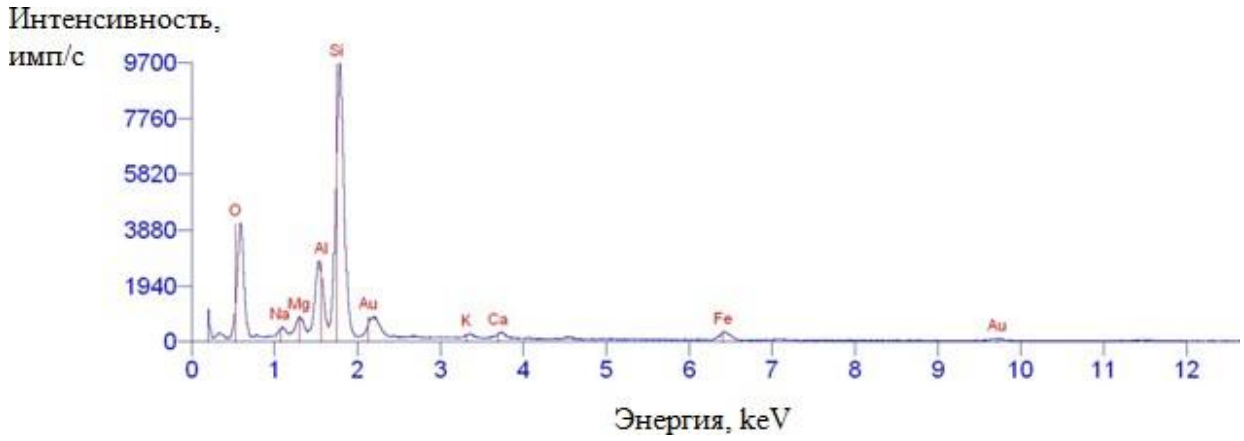


Рисунок 5 - Элементный состав бентонита, модифицированного УНТ

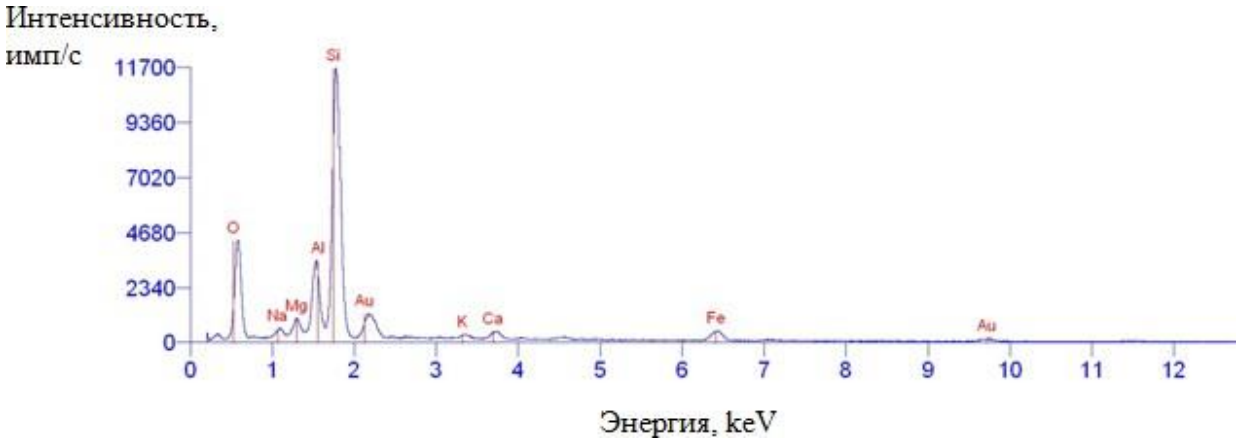


Рисунок 6 - Элементный состав бентонита, модифицированного УНТ и глицерином

Сравнительный анализ диаграмм (рис.5 и 6) позволяет отметить, что по химическому составу образцы сходны. Преобладающим элементов в структуре является кремний, меньшую долю составляет кислород, еще меньшую – алюминий. Незначительную долю составляют металлы – магний, натрий, кальций, железо, калий. Наличие золота, вероятнее всего, обусловлено процедурой напыления перед анализом.

Проведенные анализы наглядно демонстрируют наличие процесса адсорбции модифицированным бентонитом *о*-фенилендиамина, что подтверждает результаты других экспериментов [5, 6].

4. ВЫВОДЫ

Проведенные исследования бентонитов, модифицированных разными способами, показали следующие результаты.

Анализ показателей структуры поверхности образцов модифицированных бентонитов, проведенныйпри помощи РЭМ, позволил установить, что более эффективную адсорбцию бентонитом, модифицированным УНТ, менее эффективную – бентонитом, модифицированным УНТ и глицерином.

Проведенная спектрометрия гранул модифицированного бентонита до и после адсорбции органического вещества (*о*-фенилендиамина) наглядно показала результат процесса адсорбции в виде включений на поверхности гранул, которые хорошо заметны при 2500-кратном увеличении.

Установленный энергодисперсионным спектрометрированием химический состав бентонитов подтверждает возможность взаимодействия химических элементов модифицированных бентонитов с элементами органических соединений в процессе адсорбции.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки РФ по заявке 5.39.22.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
2. Истрашкина М.В. Применение фильтрующих загрузок в системах водоотведения для очистки сточных вод // М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, Е.И. Тихомирова // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета, 2017. - Т. 17, № 5. - С. 149-152.
3. Истрашкина М.В. Эффективность многокомпонентного адсорбционного фильтра по отношению к органическим соединениям с различной способностью к ионизации в водной среде (на примере о-толуидина, гидрохинона и п-динитробензола) / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, Н.В. Веденеева // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. - Т. 18, № 2(3). - С. 687-691.
4. Рид, С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии / С.Дж.Б. Рид. – М.: Техносфера, 2008. – 232 с.
5. Истрашкина М.В. Особенности адсорбции ароматических аминосоединений на различных вариантах модифицированного бентонита / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. –Т. 18, № 2(2). – С. 381-384.
6. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И.Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, А.В. Кошелев //Фундаментальные исследования, 2018. - № 1. - С. 18-23.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

BIODEGRADABLE NANOSTRUCTURED COMPOSITE MATERIALS

P. V. Badalova[1], T. A. Rodina[1], N.A. Shcherbina[1], L. N. Komarova[2]
The Balakovo Engineering and Technological Institute - Branch of National Research Nuclear University MEPhI, Balakovo, Russia
[2]Obninsk Institute of Nuclear Energy of National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia

Currently, a serious and important environmental problem is the development of a polymer composite material with biodegradable properties. Mineral fillers of nanometric size for perspective bioplastics are considered, influence of composition of composite material on biodegradability is investigated.

БИОДЕГРАДАБЕЛЬНЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

П.В. Бадалова[1], Т.А. Родина[1], Н.А.Щербина[1], Л.Н. Комарова[2]
[1]Балаковский инженерно-технологический институт (филиал) Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Балаково, Россия
[2]Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Москва, Россия

В настоящее время серьезной и важной экологической проблемой является разработка полимерного композиционного материала с биодеградабельными свойствами. Рассмотрены минеральные наполнители нанометрического размера для перспективных биопластиков, исследовано влияние состава композиционного материала на биодеградабельность.

С повышением важности экологической обстановки большой интерес представляют полимерные композиционные материалы с биодеградабельными свойствами [1].

Композиционные материалы представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из пластичной основы - матрицы и наполнителей природного или синтетического происхождения. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию материала, свойства которого существенно отличаются от свойств каждого из его компонентов. Многие свойства композитов определяются матрицей, которая создает монолитный конструкционный материал, перераспределяет напряжения между соседними

дисперсными частицами или волокнами, защищает наполнитель от вредного воздействия окружающей среды. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, получают материалы с широким диапазоном различных свойств.

Материалы, сформированные при введении наноразмерных частиц (наполнителей) в структурообразующую твердую фазу (матрицу), отличаются от обычных композиционных материалов более развитой (на порядок и выше) площадью поверхности частиц наполнителя. При этом отношение поверхность/объем для фазы наполнителя в нанокомпозитах имеет очень высокие значения. Обязательным условием является то, что частицы наполнителя должны иметь не менее одного значащего геометрического размера (длина, ширина или толщина), лежащего в нанометрическом диапозоне (1-100нм). В наноструктурированных полимерных материалах максимально однородно распределены частицы наполнителей, которые по форме можно классифицировать как иглоподобные или трубчатые структуры, двухмерные пластинчатые структуры и т.д [2-3].

Особый интерес среди полимерных композиционных материалов (ПКМ) представляют наноструктурированные биокомпозиты, состоящие из биополимерного связующего, армированного натуральными минеральными наполнителями нанометрического размера.

Все существующие биодеградабельные связующие можно разделить на три большие группы: полимер на основе молочной кислоты (ПЛА), образующийся в результате молочнокислого брожения сахаристых веществ; полигидроксиалканоаты (ПГА) продукты переработки растительного сахара микроорганизмами; материалы на основе полисахарида (ПСХД) [1].

Для создания биодеградабельных наноструктурированных композиционных материалов был произведен анализ биодеградабельных связующих и минеральных наполнителей. Изучив все физико-химические свойства, доступность, были выбраны в качестве наполнителей микроармирующие природные минералы из класса метасиликатов. В качестве связующего в работе используется2-гидроксипропионовая кислотана основе молочной кислоты[2].

2-гидроксипропионовая кислота (ПЛА) представляет собой биодеградабельный, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, продукт конденсации молочной кислоты и возобновляемого сырьябиологического происхождения. Биологическая деградация ПЛА характеризуется сложным механизмом, включающим двухстадийный гидролиз. На его основе получают пористые материалы, пищевую упаковку, одноразовую посуду, пакеты, различную тару, а также медицинские хирургические нити и штифты [2].

Основные свойства связующего можно выразить такими показателями, как: плотность – 1,2-1,4 г/см^3; прочность материала при растяжении – 10-60

МПа; температура размягчения материала – 52-165ºС; температура плавления – 165-195ºС; поглощение влаги – 0,5-50 %.

Природные минералы из класса метасиликатов – это наполнители с химической формулой $CaSiO_3$. Для природных метасиликатов характерна вытянутая по длине структура кристаллов, при раскалывании которых образуются зерна игольчатой формы. Игольчатая форма зерна определяет основное направление их использования в качестве микроармирующего наполнителя. Вторым наполнителем в работе используется минерал $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ из группы апатита. Основные составляющие которого являются кальций и фосфор. Минерал представляет собой мелкодисперсный порошок. Является основной минеральной составляющей костей (около 50 % от общего веса кости) и зубов (96 % в эмали).

Композит получали при постоянном помешивании раствора биополимера в растворителе с обезвоженным минеральным наполнителем от 0,5–1 г., полученную суспензию в течение 30 смешивали магнитной мешалкой, затем отливали тонким слоем в чашки Петри и сушили до полного испарения растворителя при температуре 20–25ºС. Для исследования структуры и свойств композитов приготовлены образцы в виде пленок [2].

Для оценки способности полимерных композиционных материалов к деструкции применяются модельные эксперименты, соответствующие реальным условиям деградации в окружающей среде, с воздействием на материал ограниченного количества факторов (температура, влажность, доступ кислорода). Для оценки биодеструкции ПКМ был выбран почвенный тест, позволяющий ускорить процесс оценки биодеградации объектов исследования благодаря созданию оптимальных условий. Механизм биоразложения различается в зависимости от типа полимера, микроорганизмов и условий окружающей среды.

Выделяют три вида воздействия микроорганизмов на полимерные материалы:механическое;действие продуктов метаболизма (органических кислот, ферментов, аминокислот, пигментов) на основные физико-химические и технологические свойства материалов; биозагрязнение полимерных материалов и изделий из них.

Анализ микробного сообщества почвенных организмов проводился по результатам посева на питательные среды с подсчетом числа колониеобразующих единиц показал, что композиционный материал на основе 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты обладает предельно низкой токсичностью. Установлено, что способность к биодеградабельности зависит от состава ПКМ. Увеличение содержания минерального наполнителя с 0,5% до 1% значительно увеличивает число колониеобразующих единиц.

Таким образом, полимерные биокомпозиты на основе биополимерных связующих, армированных наноструктурированными минеральными наполнителями, представляют собой чрезвычайно актуальный подкласс ПКМ, поскольку удовлетворяют современным экологическим требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Севастьянов Д.В., Сутубалов И.В., Дасковский М.И., Шеин Е.А. Полимерные биокомпозиты на основе биоразлагаемых связующих, армированных натуральными волокнами // Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр РФ. 2017. №4(49). С. 42-50.
2. Щербина Н.А., Таганова В.А., Бычкова Е.В., Пичхидзе С. Исследование структуры и свойств наноструктурированного биоразлагаемого термопластичного композита // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. №2. С.302-306.
3. Каблов Е.Н. Композиты: сегодня и завтра // Металлы Евразии. 2015. №1. С. 36-39.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF REVERBERATION CHAMBER FOR ACOUSTIC TESTINGS

A.A. Baldina, A.A. Sekacheva, L.G. Pastukhova
Ural Federal University Named After the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The paper is devoted to research of acoustical characteristic of reverberation chambers. Measurements of sound pressure were carried out with the purpose of research sound field in rooms of low and high level. For determination of diffusivity of the field measurements of sound pressure in points evenly dispersed over the area of chambers on four levels of height were done. Research of time of reverberation was carried out with using of method of interrupted noise and fixing of the curve of decline by measurement equipment. Processing and analysis of results of measurements were done with using of program complexes Signal+, MS Office and AutoCAD. For obtaining of characteristic correlation between sound pressure level in points of measurements and the distance to the source of sound calculation of coefficient of correlation of Pirson was done. It was determined that finishing facilities of room is directly influencing on the increasing of time of reverberation.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А.А. Балдина, А.А. Секачева, Л.Г. Пастухова
Уральский федеральный университет имени первого Президента Росии Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Работа посвящена исследованию акустических характеристик реверберационных камер. Проведены измерения звукового давления с целью исследования звукового поля в помещениях низкого и высокого уровня. Для определения диффузности поля были проведены измерения звукового давления в точках, равномерно рассредоточенных по площади камер на четырех уровнях по высоте. Исследование времени реверберации проводилось с использованием метода прерываемого шума и фиксации измерительным прибором кривой спада. Обработка и анализ результатов измерений выполнена с помощью программных комплексов Signal+, MS Office и AutoCAD. Для установления характерной корреляционной связи между

уровнем звукового давления в измерительных точках и расстоянием до источника звука был проведен расчет коэффициента корреляции Пирсона. Выявлено, что отделка помещения напрямую влияет на увеличение времени реверберации.

1. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире человека окружает огромное количество технических объектов и других источников шума, поэтому важным моментом является обеспечение акустического комфорта и защиты от шума.

В своде правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [1] отмечается, что предельно допустимый эквивалентный уровень звукового давления в помещениях жилых домов от внутренних и внешних источников постоянного шума не должен превышать:

- в дневное время 40 дБА;
- в ночное время 30 дБА.

Эффективным методом борьбы с повышенным шумом является обеспечение хороших звукоизоляционных и звукопоглощающих свойств строительных материалов и конструкций. Звукоизолирующие характеристики разрабатываемых материалов и конструкций невозможно предсказать с высокой точностью без проведения испытаний. Для проведения испытаний на звукоизоляцию применяются реверберационные камеры.

В реверберационной камере производят измерения коэффициента звукопоглощения материалов, акустической мощности источников звука, чувствительности микрофонов, акустические излучения машин и других источников шума.

Основными объективными показателями, характеризующими акустические свойства реверберационных камер, являются время реверберации и равномерность звукового поля - диффузность.

Время реверберации - время, необходимое для спада средней по пространству плотности звуковой энергии в ограниченном объеме на 60 дБ от первоначального уровня после выключения источника звука [2]. Оно является функцией звукопоглощающих свойств материалов, покрывающих внутренние поверхности помещений, и материалов, из которых изготовлены предметы, находящиеся в помещении. Продолжительность реверберации является важным фактором при оценке звукового поля. Продолжительность реверберации должна быть не менее 1 секунды и лежать в интервале 1-2 секунд. [3]

Диффузность звукового поля – равномерное распространение и распределение звука по всему объему помещения, когда в волновом движении нет преобладающих направлений потоков энергии. Согласно [4] при оценке равномерности распределения звукового давления, звуковое поле

можно считать диффузным, если неравномерность звукового поля в камере не превышает 3 дБ.

Из практики измерений известно, а в нормативных документах [5] специально отмечено, что в небольших помещениях объёмом менее 100 м^3 звуковое поле на частотах ниже 400 Гц не является диффузным, поскольку на частотах ниже 400 Гц длина волны может составлять от 0,88 м до 3,5 м (100 Гц), что может быть соизмеримо с размерами самого помещения и не способствовать равномерному распределению уровня звука. В связи с этим практическую ценность представляет изучение вопроса измерения изоляции воздушного шума в помещениях объёмом менее 100 м^3, где имеет место существенное влияние размеров помещения на результаты измерения [6].

Таким образом, главной целью работы было исследование звукового поля, создающегося в реверберационных камерах (помещение низкого уровня давления (ПНУ) и помещение высокого уровня давления (ПВУ) на соответствие требованиям стандартов.

2. МЕТОДЫ

Основными методами, используемыми в данном исследовании были методы экспериментального исследования (измерение уровней звукового давления в реверберационной камере шумомером) и методы математической статистики (расчет коэффициента корреляции Пирсона).

В замкнутом пространстве реверберационной камеры звуковые волны, отражаясь от его поверхностей, движутся по разнообразным направлениям. В результате этого в помещении образуется сложное звуковое поле.

Поскольку диффузность и время реверберации зависит не только от форм и размеров помещения, но и от материалов, которыми покрываются внутренние поверхности камер, исследования звукового поля проводятся до и после отделки реверберационных камер. До отделки проводились исследования равномерности звукового поля и времени реверберации в ПНУ. После отделки проводились исследования равномерности звукового поля и времени реверберации в ПНУ, а в ПВУ – исследования на диффузность.

Согласно [7] средние уровни звукового давления получают:

- с помощью одного микрофона, перемещаемого от одной точки измерений к другой;
- с помощью совокупности неподвижно зафиксированных в определенных положениях микрофонов;
- с помощью сканирующего микрофона.

В данном случае выбран первый способ проведения измерений – микрофон поочередно перемещается от одной точки измерений к другой.

Точки измерений располагаются на расстоянии не менее 0,35 м от внутренних поверхностей камеры и на расстоянии 0,6 м (не менее 0,5 м) друг от друга. Для удобства обозначения точек используется декартовая система:

ряды по длине обозначаются цифрами, а ряды по ширине – заглавными арабскими буквами.

Измерения в ПВУ и ПНУ после отделки проводились на четырех уровнях по высоте:

- 1 уровень $h_{микр}$=0.71 м;
- 2 уровень $h_{микр}$=1.07 м;
- 3 уровень $h_{микр}$=1.48 м;
- 4 уровень $h_{микр}$=1.77 м;

Измерения в ПНУ до отделки проводились на двух уровнях по высоте:

- 1 уровень $h_{микр}$=1,0 м;
- 2 уровень $h_{микр}$=1.5 м.

$h_{микр}$- высота расположения микрофонного капсюля, м.

В ПВУ источник звука располагается в положении Д1 на расстоянии 1,0 м от внутренних поверхностей камеры. В ПНУ источник звука располагается в положении Д3 и Д4 на расстоянии 1,0 м от внутренних поверхностей камеры. Схема расположений источника звука в ПВУ и ПНУ приведена на рисунке 1.

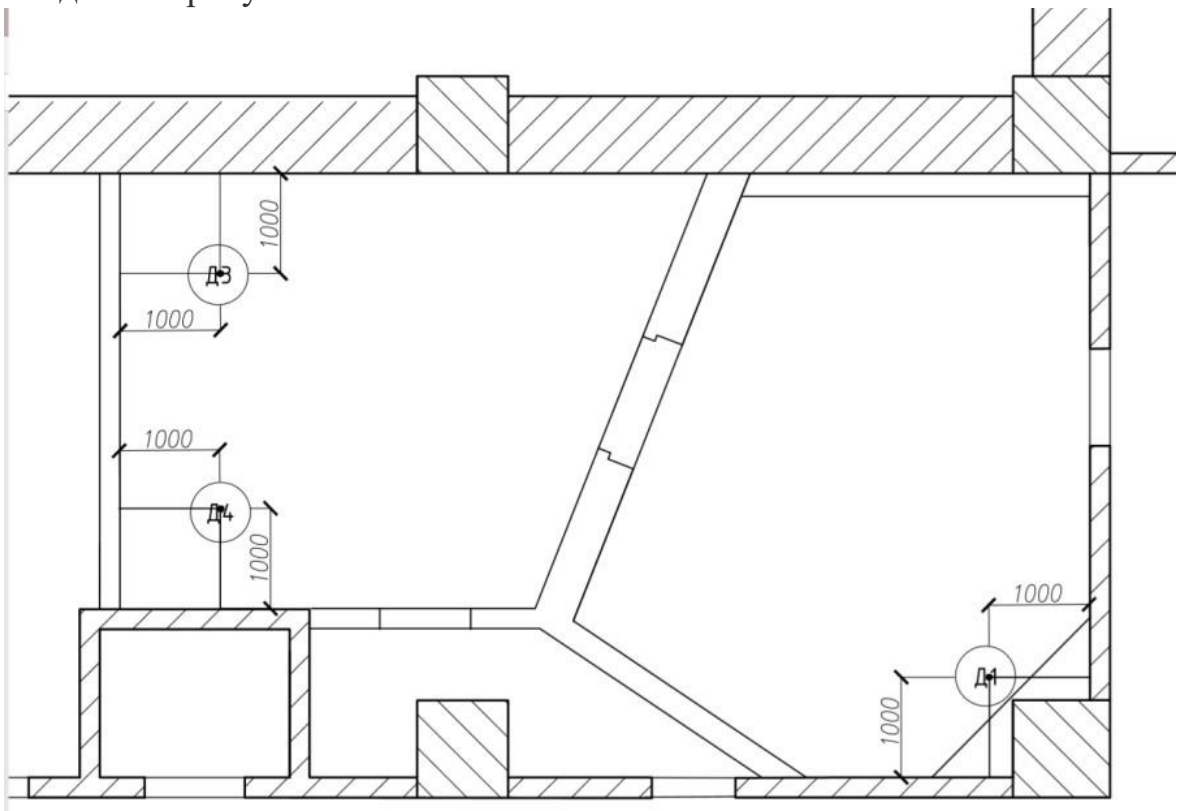


Рисунок 1 - Схема расположений источника звука

В помещении высокого уровня устанавливается всенаправленный источник звука в положение Д1, а в точку А1 на штативе устанавливается микрофон на высоте 0,71 м (1 уровень) (рисунок 2).

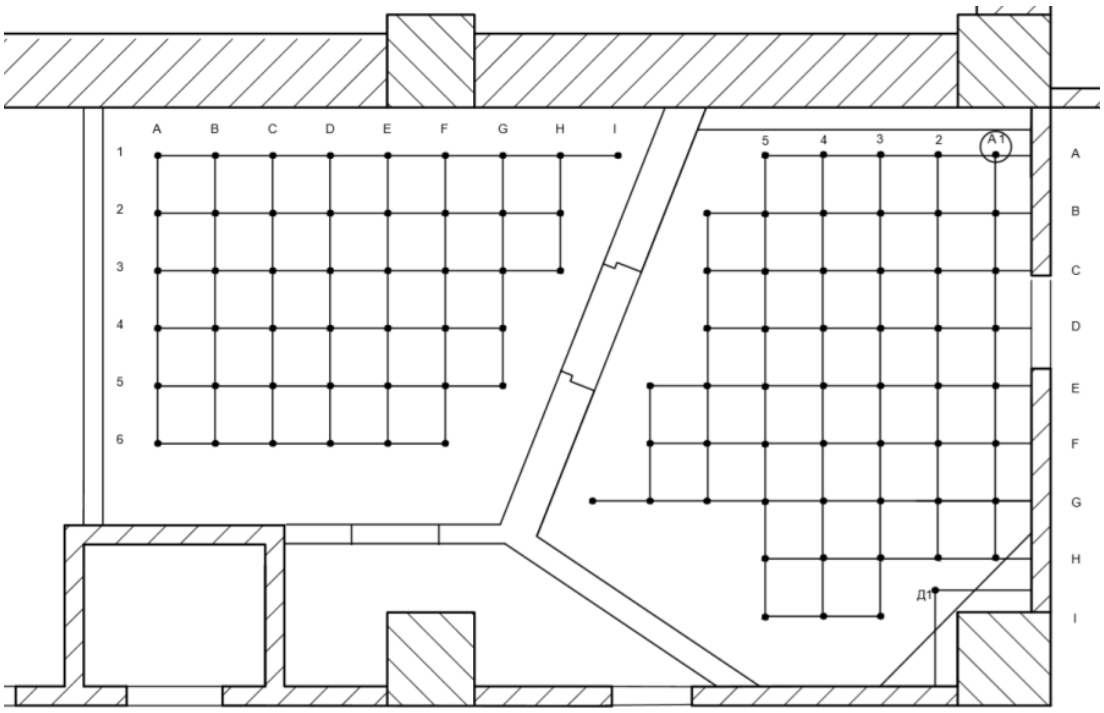


Рисунок 2 - Схема проведения измерения в точке A_1

Согласно [2], шум, создаваемый в помещении источника, должен быть стационарным и иметь непрерывный спектр в диапазоне частот измерений, должны применяться полосовые фильтры с полосой по меньшей мере в 1/3-октавы, а в качестве сигнала источника рекомендуется розовый или белый шум.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Наглядное представление о распределении звукового поля по объему помещения представлено на рисунке 3 и 4.

Чтобы определить, насколько сильно отличаются уровни звука в различных точках реверберационной камеры друг от друга, насколько близко они расположены к своему среднему значению по площади или наоборот – значительно рассеяны вокруг него, был проведен анализ с использованием формул математической статистики.

Это необходимо для того, чтобы, построив график распределения уровней звука по интервалам, наглядно оценить степень однородности или неоднородности звукового поля (рисунок 5).

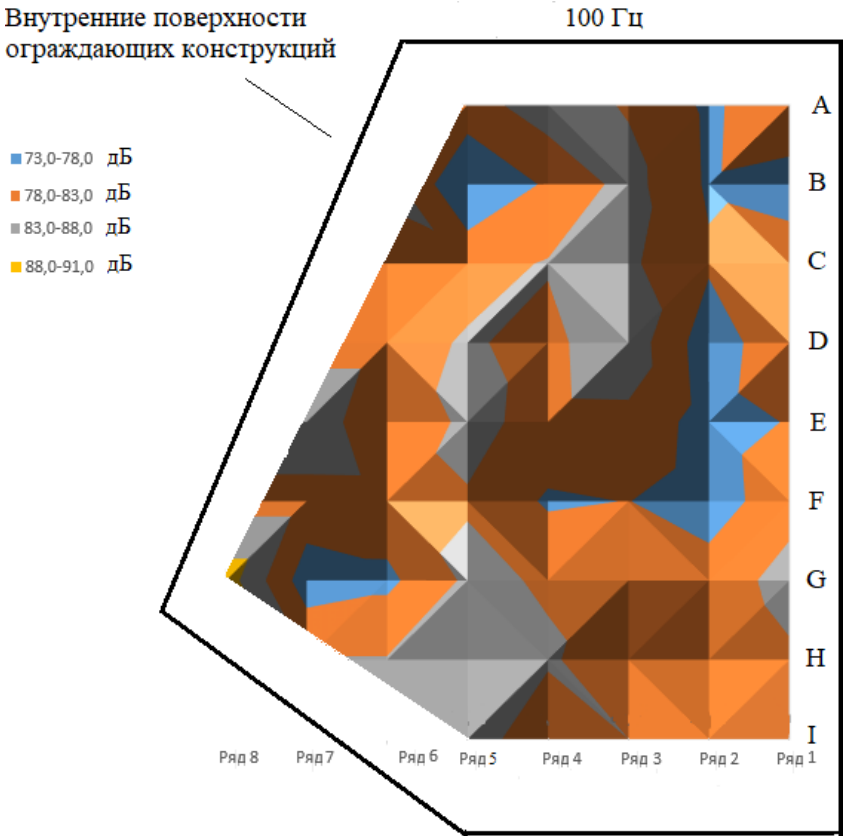


Рисунок 3 - Картина распределения уровней звука по площади ПВУ на 1-ом уровне и частоте 100 Гц

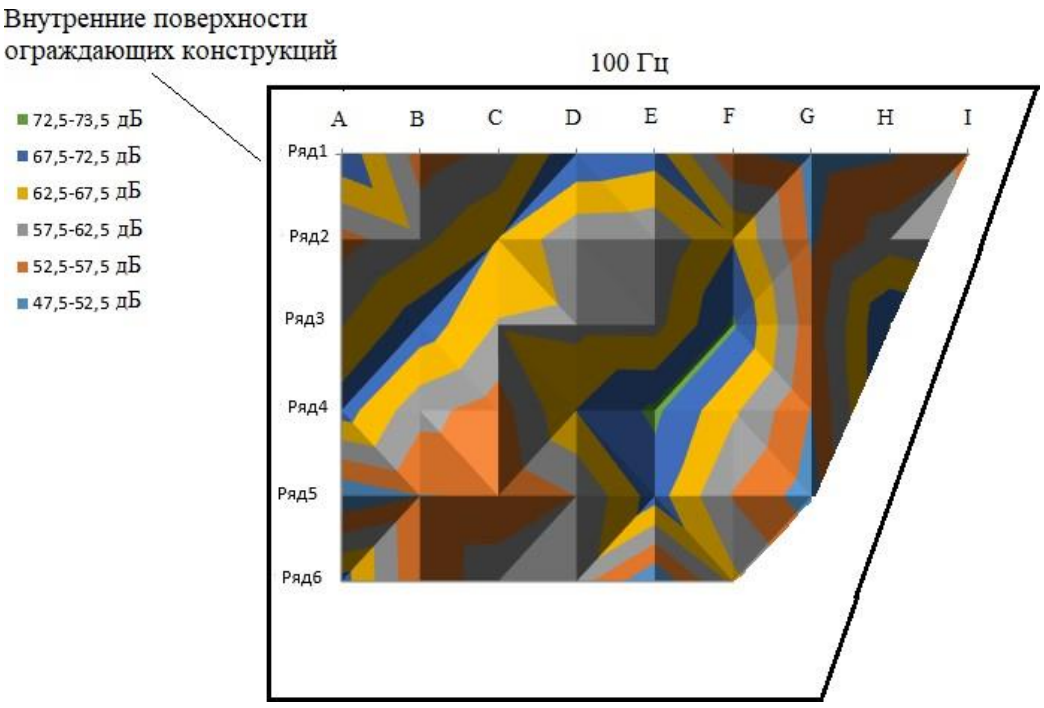


Рисунок 4 - Картина распределения уровней звука по площади ПНУ на 1-ом уровне и частоте 100 Гц

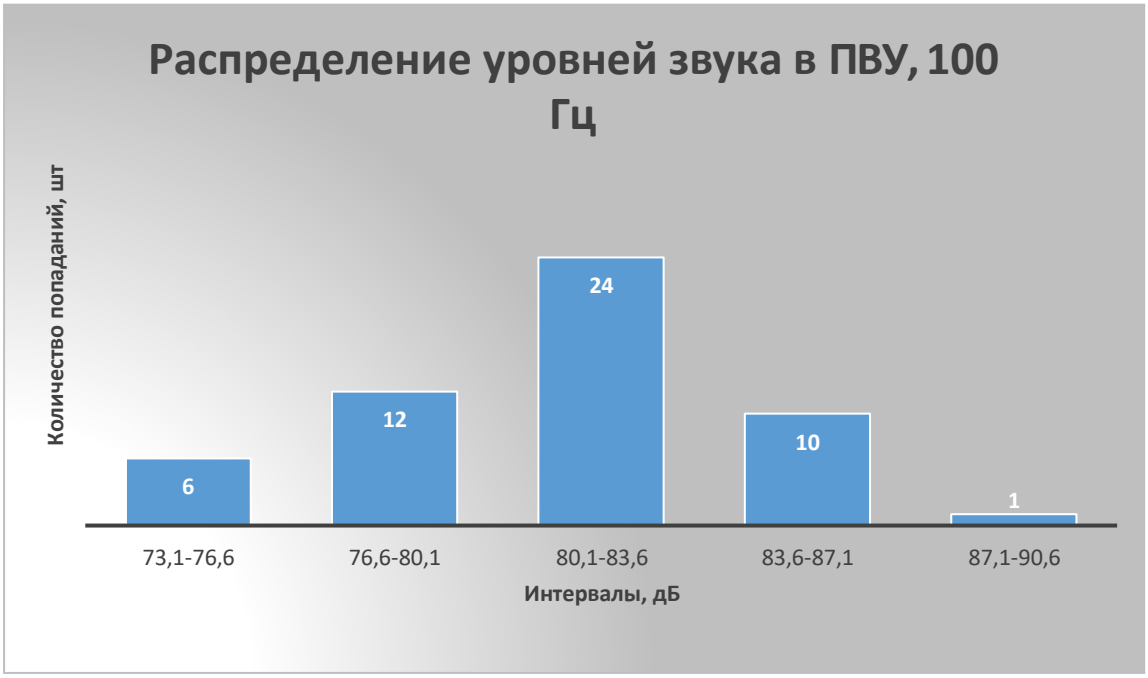


Рисунок 5 - График распределения уровней звука в ПВУ на 1-ом уровне и частоте 100 Гц

Согласно расчетам, среднее значение выборки составляет 81,04 дБ, а дисперсия составляет 11,95, что говорит о том, что среди элементов выборки присутствуют такие, которые значительно рассеяны относительно среднего значения. Из графика видно, что наибольшее количество попаданий произошло в интервал 80,1-83,6 дБ. В данный интервал попадает величина среднего значения. Значит, можно сделать вывод, что на частоте 100 Гц большинство элементов выборки, а значит, уровней звукового давления, стремятся расположиться вблизи среднего значения, что свидетельствует в пользу однородности звукового поля.

4. ВЫВОДЫ

1. Анализ измеренного уровня звука по объему помещения показал ожидаемый большой разброс и разнообразие уровней звукового давления на низких частотах: 100-500 Гц. Данное явление обусловлено планировкой самого помещения, размеры которого соизмеримы с размерами длин звуковых волн на низких частотах. Создание диффузного звукового поля на низких частотах возможно только при намного больших размерах реверберационных камер, что в данном случае невозможно. По мере увеличения частоты звуковой волны, повышается диффузность звукового поля. По результатам распределения уровня звука по площади помещения установлено, что звуковое поле на более высоких частотах приближено к диффузному: разброс уровней звукового давления составляет не более 3 дБ, что соответствует требованиям стандартов.

2. В результате расчета коэффициента корреляции Пирсона не было выявлено характерной корреляционной связи между уровнем звукового давления в измерительных точках и расстоянием до источника звука, что так же свидетельствует в пользу диффузности звукового поля.
3. Анализ времени реверберации показал, что время реверберации до отделки в 1,8-1,9 раз меньше, чем после отделки на низких 1/3 октавных полосах частот (до 500 дБ дБ), а на высоких частотах (630-3150 Гц) меньше в 2-2,9 раз. Очевидно, что увеличение времени реверберации напрямую связано с отделкой помещения. На полу лежит плитка, стены выровнялись, стали более гладкими: создались благоприятные условия для хорошего отражения звука. Время реверберации после отделки составляет 7,17 – 2,6 с, что не соответствует требуемым нормам: 1-2 с. Самое большое время реверберации наблюдается на низких частотах (100,200 Гц).
4. Чтобы поглотить часть звуковых волн на низких частотах рекомендуется применять звукопоглощающие элементы в виде диффузоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуал.СНиП 23-03-2003. // Министерство Регионального развития Российской Федерации. Введ. 2011-05-20. – М., 2011. – 46 с.
2. ГОСТ Р ИСО 3382-1-2013 акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 1. Зрительные залы. Введ. 2014-12-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
3. ГОСТ 27296–2012 Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций (с поправкой). Введ. 2014-01-01. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 "Строительство", 2014. – 21 с.
4. Методические указания по расчету и проектированию акустических камер для измерения шумовых характеристик машин. Всесоюзный центральный ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт охраны труда. – М, 1978. – 81с.
5. ГОСТ Р ИСО 10140-4-2012 Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий. Часть 4. Методы и условия измерений. Введ. 2013-12-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
6. Фадеев А. С. Об измерении изоляции воздушного шума в области низких частот / А.С. Фадеев, И.Е. Цукерников. – М.: НИИ строительной физики РААСН Высш. шк., 2016. – 4 с.
7. Шишелова Т. И. Влияние шума на организм человека / Т. И. Шишелова, Ю. С. Малыгина, Нгуен Суан Дат [Электронный ресурс] // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 8. – С. 14-15. – URL: http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=14048 (дата обращения: 20.05.2019).

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

PECULIARITIES OF CARRYING OUT OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS FOR OBJECTS OF CONSTRUCTION

A.V. Vasilyev, L.A. Vasilyeva
"Institute of Chemistry and Engineering Ecology" LLC, Togliatti, Russia

Peculiarities of carrying out of engineering and environmental surveys during construction are considered. Much importance is attached to the estimation of impact of physical factors. Results of investigations of physical factors during engineering and environmental surveys of object of construction are presented. A number of nature protection measures is suggested for reduction of negative impact of designed object of construction on components of the natural complex and for reduction of the possibility of contamination to the minimum.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.В. Васильев, Л.А. Васильева
ООО «Институт химии и инженерной экологии», г. Тольятти, Россия

Рассмотрены особенности проведения инженерно-экологических изысканий при строительстве. Особое внимание уделено оценке воздействий физических факторов. Приведены результаты исследований физических факторов при проведении инженерно-экологических изысканий объекта строительства. Для снижения вредного воздействия проектируемого объекта строительства на составляющие природного комплекса и сведения возможности загрязнения до минимума предложен ряд природоохранных мероприятий.

При строительстве и реконструкции промышленных и других объектов в соответствии с установленными нормативными требованиями необходимо проводить инженерные изыскания, в том числе инженерно-экологические изыскания [9, 10]. Целью инженерно-экологических изысканий является изучение природных условий исследуемого района, установление фоновых показателей качества компонентов окружающей среды, предварительная оценка влияния на них проектируемого объекта строительства, анализ почвы, измерения и анализ выбросов вредных веществ в атмосферу, измерения и анализ физических факторов, разработка рекомендаций по организации природоохранных мероприятий и экологического мониторинга.

Основные задачи инженерно-экологических изысканий:

- изучение природных условий исследуемого района;
- установление фоновых показателей качества компонентов окружающей среды и оценка влияния на них проектируемого объекта строительства;
- измерения выбросов вредных веществ в атмосферу на границах обследуемого объекта;
- лабораторный анализ почвы на территории участка строительства;
- измерения физических факторов на границах и на площадке обследуемого объекта (шума, вибрации, электромагнитных полей, ионизирующих излучений, объемной активности радона);
- разработка рекомендаций по организации природоохранных мероприятий и экологического мониторинга;
- выдача общего экспертного заключения по результатам исследований.

При проектировании новых объектов строительства необходимо уделять внимание оценке воздействий группе физических факторов: шуму, вибрации, электромагнитным полям, ионизирующим излучениям, так как воздействие повышенных уровней физических полей представляет серьезную опасность для здоровья человека и окружающей среды [1-10].

В современных условиях воздействие акустических и вибрационных полей на селитебную территорию и человека, в том числе в условиях производства на работников промышленных предприятий может приводить к крайне негативным последствиям для здоровья работников предприятий, населения и экологического благополучия территории. В ряде работ показано, что воздействие повышенных уровней шума, вибрации и других физических полей представляет серьезную опасность для здоровья человека и окружающей среды [1-8, 11, 12]. Поэтому при проектировании и строительстве производственных объектов необходимо проведение исследований на соответствие шума и вибрации установленным санитарно-гигиеническим нормам с целью предотвращения нанесения ущерба здоровью человека и биосфере.

Воздействию повышенных уровней шума в условиях современного промышленного города, по некоторым оценкам, подвергается каждый второй горожанин [3-5]. Мощным источником шума в условиях территории жилой застройки являются промышленные предприятия, особенно в том случае, если они расположены вблизи жилых кварталов. Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в центральную и вегетативную нервные системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения, повышенную психическую утомляемость, вызывая тем самым ухудшение здоровья человека. В целом можно говорить о шумовой болезни

как общем заболевании всего организма с преимущественным поражением слуха и нервной системы.

Не менее опасно воздействие производственной вибрации, приводящее как к повышенным колебаниям грунта и фундамента на территории производственной площадки и за ее пределами, так и к негативному воздействию на производственный персонал. Низкочастотная вибрация опасна для человека ввиду возможного возникновения резонанса колебаний внутренних органов и частей тела человека.

В целом можно говорить о развитии профессиональных заболеваний, связанных с воздействием шума и вибрации: тугоухости и виброболезни, а также о негативном воздействии этих факторов на окружающую среду в случае превышения их нормативных значений. Именно тугоухость и виброболезнь удерживают лидерство среди других профессиональных заболеваний в условиях производства.

Широко известна опасность воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду. При повышенных уровнях воздействий нарушаются эндокринно-обменные процессы и состав крови. Могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. В тяжелых случаях возникает лучевая болезнь. В целом воздействие повышенных источников ионизирующих излучений может привести к возникновению тяжких последствий для здоровья человека и состояния окружающей среды в целом.

Интенсивное негативное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье жителей в ряде случаев оказывают электромагнитные поля. При воздействии внешних источников электромагнитных полей серьезную опасность для здоровья человека представляют высоковольтные линии электропередач (ЛЭП). Провода работающей линии электропередачи создают в прилегающем пространстве электрическое и магнитное поля промышленной частоты. Расстояние, на которое распространяются эти поля от проводов линии, достигает десятков метров.

Установлено, что наиболее чувствительной к слабоинтенсивным электромагнитным полям является нервная система, особенно её высшие отделы. Под влиянием слабых электромагнитных полей страдает память, меняется ритмика биотоков мозга, изменяются поведенческие реакции и страдает условно-рефлекторная деятельность. Особую чувствительность к воздействию электромагнитных полей имеет иммунная система. У людей, страдающих аллергией, может наступить состояние повышенной чувствительности к электромагнитным полям, вплоть до судорожных мышечных сокращений.

Систематическое воздействие электромагнитных полей способствует изменению гормонального статуса, часто приводящим к органическим

структурным нарушениям с последующими отклонениями репродуктивной функции. Имеются данные, подтверждающие отрицательное воздействие электромагнитных полей на генетические структуры.

В целом биологические эффекты от воздействия электромагнитных излучений могут проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии явной патологии. Следствием поглощения энергии электромагнитных полей является тепловой эффект. Избыточная теплота, выделяющаяся в организме человека, отводится путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции; начиная с определенного предела организм не справляется с отводом теплоты от отдельных органов и температура их может повышаться. Воздействие электромагнитных излучений особенно вредно для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте).

Сотрудниками ООО «ИХиИЭ» проведены инженерно-экологические изыскания объекта строительства «Цех по производству автокомпонентов со складскими помещениями», в рамках которых осуществлены анализ почвы, измерений выбросов в атмосферу, шума, вибрации, электромагнитных полей, ионизирующих излучений, объемной активности радона и др.

Рассмотрим результаты исследований физических факторов при проведении инженерно-экологических изысканий объекта строительства более подробно.

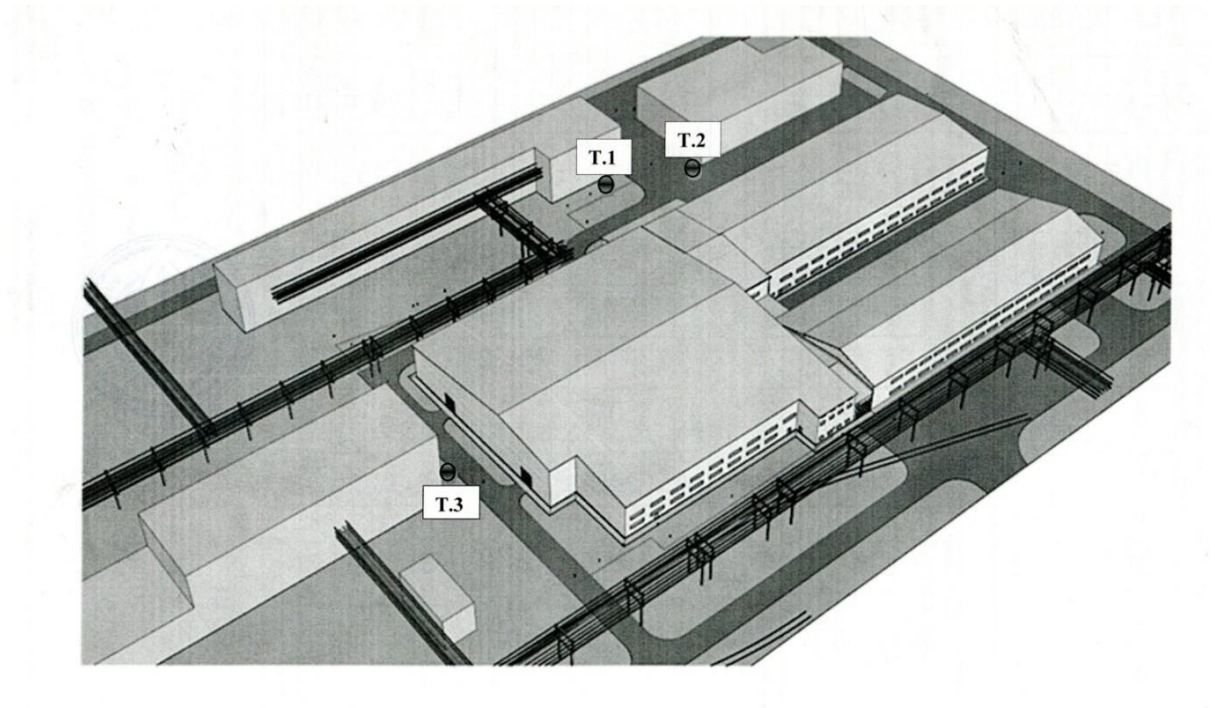


Рисунок 1 – Схема точек измерений уровней шума

Были измерены эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука шума, дБА, в трех точках измерений. Схема измерений с указанием точек измерений показана на рис. 1.

Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения уровней звука соответствуют требованиям гигиенических нормативов (СН 2.2.4/2.1.8.562-96). Измеренные значения эквивалентного уровня звука лежат в пределах от 52,3 до 54,4 дБА, измеренные значения максимального уровня звука лежат в пределах от 60,7 до 63,4 дБА, что ниже нормативных требований.

Были измерены средние уровни виброускорения в трех координатных осях, дБ, в трех точках измерений. Схема измерений с указанием точек измерений показана на рис.2.

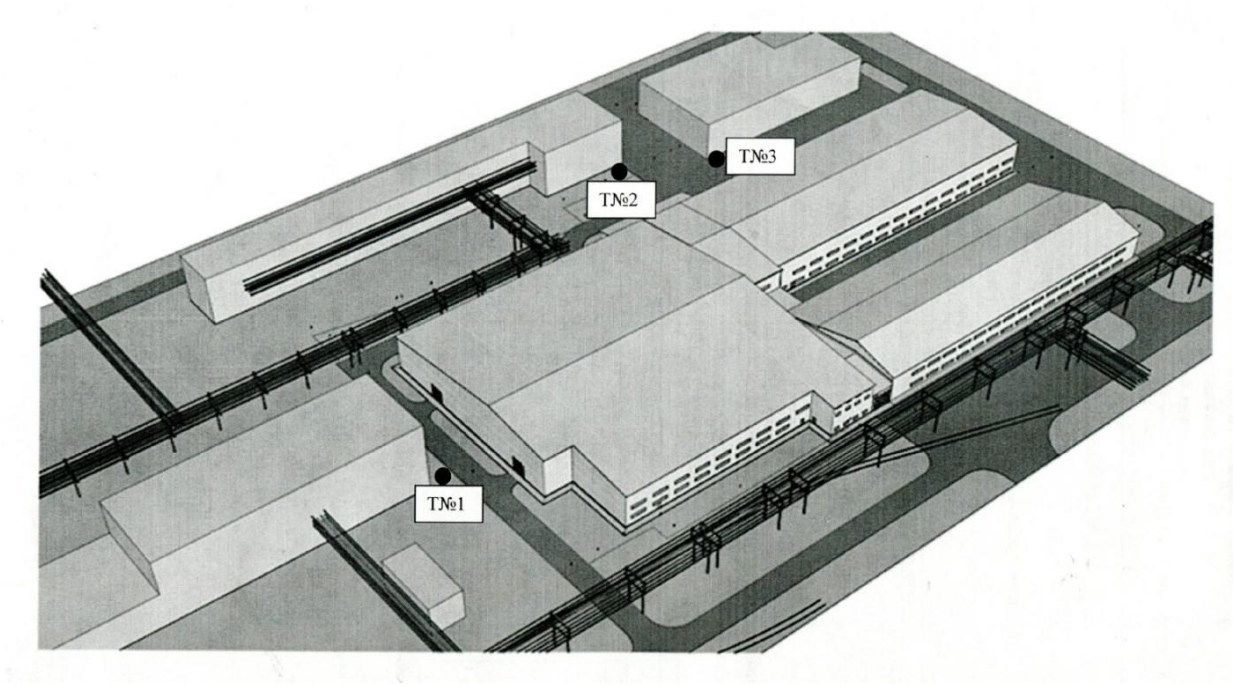


Рисунок 2 – Схема точек измерений уровней вибрации

Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения уровней виброускорения по всем координатным осям соответствуют требованиям гигиенических нормативов (СН 2.2.4/2.1.8.566-96, табл. № 9). Измеренные значения уровней виброускорения лежат в пределах от 52,3 до 54,4 дБА, измеренные значения максимального уровня звука лежат в пределах от 58 до 68 дБ, что ниже нормативных требований.

Были измерены напряженности электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц в трех точках измерений. Высота, на которой проводились измерения – от 0,5 до 1,8 Гц. Схема измерений с указанием точек измерений показана на рис. 3 и в протоколе исследований.

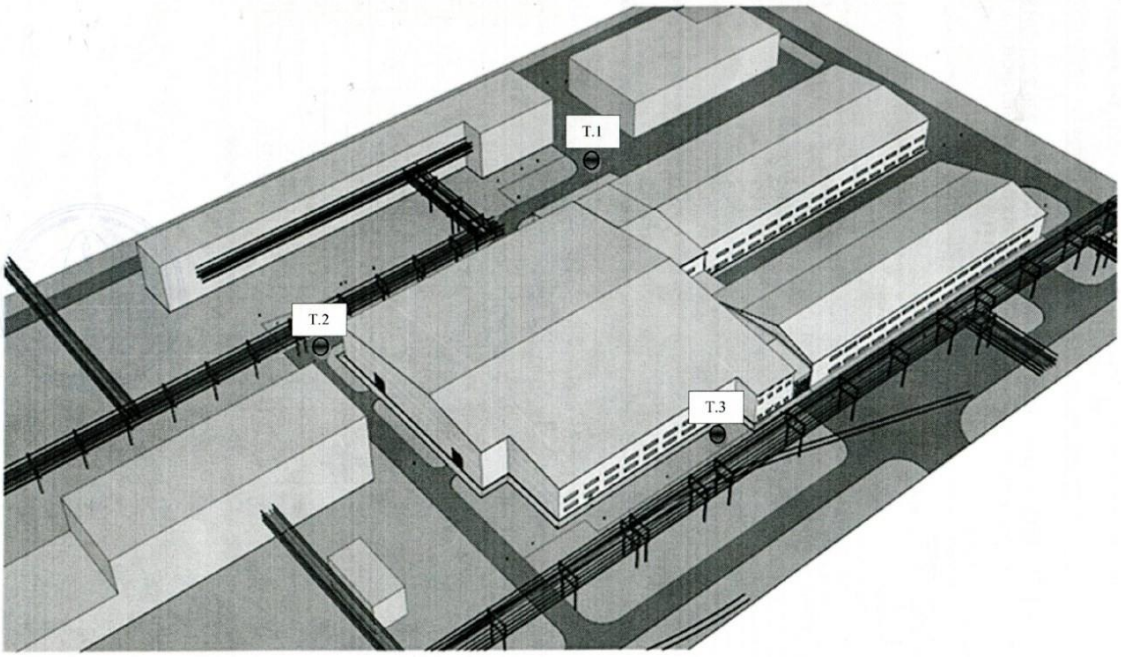


Рисунок 3 – Схема точек измерений уровней напряженности электрического и магнитного полей промышленной частоты

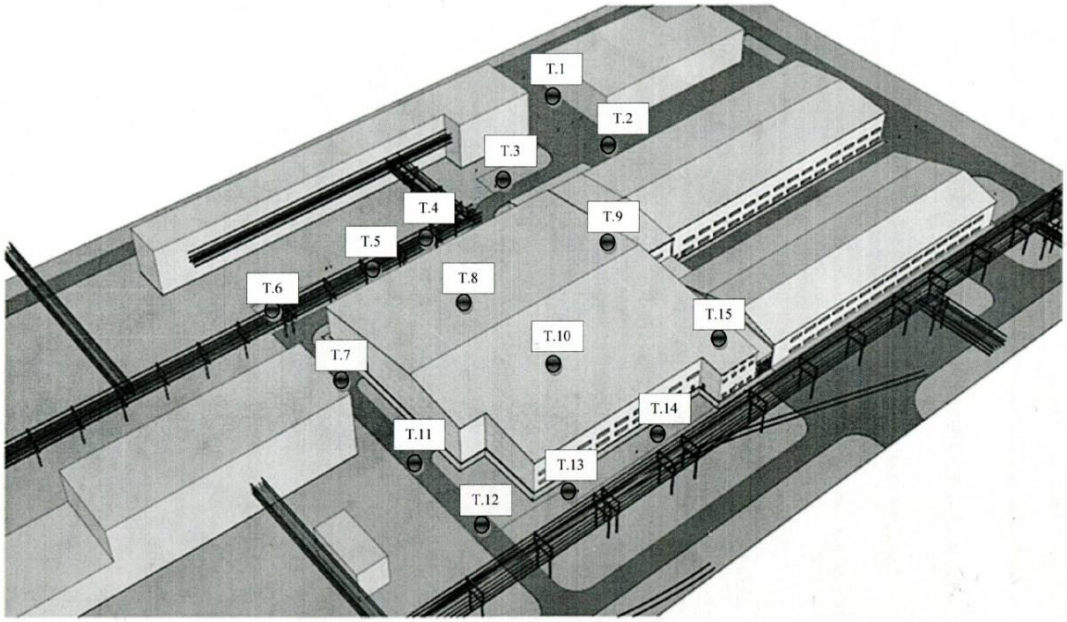


Рисунок 4 – Схема точек измерений для радиационного обследования территории по мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения

Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения напряженностей электрического и магнитного полей промышленной частоты соответствуют требованиям гигиенических нормативов. Измеренные значения напряженностей электрического поля промышленной частоты лежат в пределах от 0,0777 до 0,17 кВ/м, измеренные значения напряженностей магнитного поля лежат в пределах от 0,1438 до 0,1696 А/м, что ниже нормативных требований.

Была измерена мощность дозы гамма-излучения в пятнадцати точках. Схема измерений с указанием точек измерений показана на рис. 4.

Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения соответствуют требованиям гигиенических нормативов. Измеренные значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения лежат в пределах от 0,10 до 0,19 мкЗв/ч, что ниже нормативных требований.

Была измерена эквивалентная равновесная объёмная активность радона в воздухе в пяти точках. Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения эквивалентной равновесной объёмной активности радона в воздухе соответствуют требованиям гигиенических нормативов. Измеренные значения эквивалентной равновесной объёмной активности радона лежат в пределах от 2 до 10 Бк/м^3, что ниже нормативных требований.

В целом по результатам проведенных исследований на участке проектируемого строительства зоны дискомфорта от физических факторов вредного воздействия не выявлено, все показатели соответствуют нормативным данным СП 2.6.1.2612-10, СанПиН 2.1.2.000-2000.

Для снижения вредного воздействия проектируемого объекта строительства на составляющие природного комплекса и сведения возможности загрязнения до минимума рекомендуется выполнять ряд природоохранных мероприятий:

- соблюдать технологические решения при строительстве и эксплуатации объекта;
- вести учет всех выявленных и потенциальных источников загрязнения;
- вести контроль потребления природных ресурсов, видов и объемов образования отходов;
- выполнять правила рекультивации земель при строительстве проектируемых сооружений;
- выполнять регулярный контроль состояния технологического оборудования, своевременный их ремонт;
- оборудовать систему сигнализации и локализации возможных аварийных выбросов и утечек вредных веществ при осуществлении технологического процесса производства автокомпонентов;
- вести учет всех аварийных ситуаций, повлекших загрязнение окружающей среды;

• ликвидировать аварии с обучением персонала соответствующим действиям.

Для сокращения выбросов в атмосферу токсичных и горючих веществ необходимо осуществлять производственный контроль загазованности воздуха на территории цеха в местах наиболее вероятной утечки вредных веществ.

Кроме того, в целях охраны окружающей среды, контроля ее качества, предупреждения возможных негативных проявлений освоения территории при проектировании и строительстве объекта рекомендуется проводить стационарные наблюдения за состоянием наиболее экологически уязвимых природных компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Н.А., Васильев А.В., Шишкин В.А., Пимкин В.В. Мониторинг акустического загрязнения на территории Самарской области и методы его снижения. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. № S. С. 11-14.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. - 606 с.: ил.
3. Васильев А.В. Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия источников загрязнений: монография / Самара, 2009.
4. Васильев А.В. Акустическая экология города: учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Васильев; Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2007 - 166 с.
5. Васильев А.В. Шумовая безопасность урбанизированных территорий. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-1. С. 299-305.
6. Васильев А.В. Особенности и некоторые результаты мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий (на примере Самарской области). В научном журнале "Вектор науки Тольяттинского государственного университета ", г. Тольятти, №3(6), 2009 г., с. 5-13.
7. Васильев А.В. Составление динамических карт физических загрязнений территории Самарской области. В научном издании «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, 2009 г., т. 11, №1, с. 248-252.
8. Васильев А.В., Розенберг Г.С. Мониторинг акустического загрязнения селитебной территории г. Тольятти и оценка его влияния на здоровье населения. Безопасность в техносфере. 2007. № 3. С. 9-12.
9. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
10. СП 47.133.00.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

11. Luzzi S., Alfinito L., Vasilyev A. Action planning and technical solutions for urban vibrations monitoring and reduction. В сборнике: 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010. С. 2508-2515.
12. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories. Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. С. 43-46.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

INNOVATIVE TECHNICAL DECISIONS FOR PREPARATION AND BURNING OF WATER-OIL EMULSIONS IN BOILER PLANTS

I.V. Volkhin[1], V.D. Katin[2]
[1]Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia
[2]Pacific National University. Khabarovsk, Russia

Modern technologies of preparation of liquid fuel for combustion in steam and hot water boilers of railway transport enterprises are analyzed and considered. The technical characteristics of new designs of devices the developed by the authors is protected by patents for inventions and utility models. The advantages of the proposed innovative technical solutions over the existing analogues are shown, which consist in the preparation of a better water-oil emulsion and the reduction of emissions of pollutants into the air pool during its combustion in boiler plants.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ И СЖИГАНИЮ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

И.В. Вольхин[1], В.Д. Катин[2]
[1]Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия
[2]Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск. Россия

Проанализированы и рекомендованы к применению современные технологии подготовки жидкого топлива к сжиганию в паровых и водогрейных котлах предприятий железнодорожного транспорта. Приведены технические характеристики разработанных авторами новых конструкций устройств, защищенных патентами на изобретения и полезные модели. Показаны достоинства предлагаемых к внедрению инновационных технических решений перед существующими аналогами, заключающиеся в приготовлении более качественной водомазутной эмульсии и сокращении выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн при ее сжигании в котельных установках.

Действующие в настоящее время законы [1, 2] нацеливают на повышение энергетической эффективности работы котельного парка путем рационального использования топливно-энергетических ресурсов с учетом

предъявляемых современных экологических требований. В котельных предприятий железнодорожного транспорта эксплуатируются около 18 тыс. паровых и водогорейных котлов. В них наряду с современными котлами типа ДЕ, Е-1/9 также эксплуатируются малоэкономичные и устаревшие конструкции котлов Ревокатова, Шухова и др. Всего насчитывается около 25 типов и марок паровых и водогрейных котлоагрегатов [3, 4]. По данным обследования ряда предприятий Дальневосточного региона установлено, что котлы, работающие на жидком топливе, имеют низкие эксплуатационные и экологические показатели, обусловленные его повышенной влажностью, а также высоким содержанием в его составе серы. Это не только затрудняет топочный процесс, но и вызывает загрязнение воздушного бассейна газообразными и твердыми веществами (оксидами серы и азота, оксидом углерода, сажистыми частицами), выбрасываемыми вместе с продуктами сгорания [5].

Производственно-отопительные котельные промышленных предприятий при Дальневосточной железной дороге (ДВост. ж.д.) в качестве топлива в основном используют мазут. В связи с необходимостью постоянного обеспечения технологических процессов паром и большой продолжительностью отопительного периода, уровень потребления мазутного топлива на ДВост. ж.д., по сравнению с остальными дорогами, находится на высоком уровне. Характерной особенностью мазутных хозяйств котельных в Дальневосточном регионе и ДВост. ж.д. считается отсутствие специальных очистных сооружений. При рассмотрении этой проблемы в направлении ориентиров Экологической стратегии ОАО «Российские железные дороги» на перспективу до 2030 года, можно утверждать, что важным условием повышения эффективности объектов малой энергетики железных дорог становится снижение негативного воздействия на окружающую природную среду к 2030 году до 70 %, охрана атмосферного воздуха и водных ресурсов, а также общее снижение негативной нагрузки на окружающую среду за счёт внедрения современных технологий малоотходного сжигания топлива [6]. В связи с этим приоритетной задачей становится разработка принципиально новых устройств на базе энергосберегающих и малоотходных технологий сжигания жидкого топлива в котельных предприятий ДВост. ж.д.

Существующая технология подготовки жидкого топлива к сжиганию в котлах заключается в том, что разогрев мазута открытым (острым) паром является пока распространённым способом, используемым при выгрузке высоковязких мазутов из железнодорожных цистерн для его последующего сжигания, что объясняется продолжительным периодом низких отрицательных температур в Дальневосточном регионе. Использование данного способа выгрузки мазута из железнодорожных цистерн приводит к образованию конденсата, который образует в свою очередь линзовые скопления воды, в количестве до 15…20 % от объёма мазута и, как следствие, приводящие к нарушению режима горения мазута из-за пульсации

факела в топке и его погасания [7, 8]. Повышение эффективности использования жидкого топлива достигается совершенствованием технологии его подготовки в виде ВМЭ.

При использовании ВМЭ удается снизить выбросы оксидов азота, сажи и оксида углерода. Выход оксидов азота в продуктах сгорания уменьшается с увеличением содержания воды по линейной зависимости. При содержании влаги до 10 % в эмульсии выбросы оксидов азота снижаются на 30…35 % [8-10]. Снижение эмиссии продуктов неполного сгорания объясняется интенсификацией процесса их выгорания за счет «микровзрыва» капель ВМЭ в пламени, увеличения парциального давления водяных паров и других факторов. Сокращение выбросов в атмосферу оксида углерода и сажи достигает 50 % при влажности ВМЭ W= 10…12 % [9, 10].

В работе [11] описано устройство для подготовки к сжиганию жидкого топлива, в котором мазут подаётся с требуемым количеством воды и водяного пара. Перемешивание мазута с водой и приготовление ВМЭ требуемого качества происходит в процессе соприкосновения потоков мазута, пара и воды и благодаря дополнительной турбулизации потока при его поворотах и кавитационных явлений за металлическими цилиндрами, установленными по ходу движения потока смеси. К недостаткам устройства следует отнести неоднородность подготовленной ВМЭ, которая приводит к её расслоению. Это обусловлено тем, что при обтекании цилиндров водомазутной смесью за цилиндрическим телом образуется зона локального низкого давления, и создаётся эффект кавитации, заключающий в быстром образовании и разрушении миллионов мельчайших пузырьков воздуха в смеси мазута и воды. Затем, по мере движения смеси из зоны низкого давления за цилиндрическим телом в зону повышенного давления, интенсивность перемешивания значительно уменьшается и смесь получается неоднородной.

В целях исключения названных недостатков в устройстве для подготовки к сжиганию обводненного мазута авторами предлагается выполнить тела кавитации из пластин с изогнутой поверхностью в виде прямого геликоида, а также из технологической схемы приготовления смеси выведена подача пара.

Предлагаемое новое устройство позволяет сократить вредные выбросы в атмосферу при сжигании подготовленных ВМЭ на 15…20 % и существенно снизить энергозатраты на 10…15 % . Данное устройство защищено патентом [12], как имеющее новизну конструкции и дающее экологический эффект по сравнению с другими отечественными аналогами.

В другой работе [13] авторами предлагается устройство для приготовления ВМЭ, существенным отличием которого является расположение и установка приёмного трубопровода на ¾ длины цистерны и на высоте h=100-200 мм от дна цистерны, что позволяет более качественно приготовить ВМЭ к сжиганию в котлах. Кроме того, это позволит снизить

токсичность продуктов сгорания жидкого топлива, выбрасываемых из котельных и решить проблему охраны атмосферного воздуха от загрязнения.

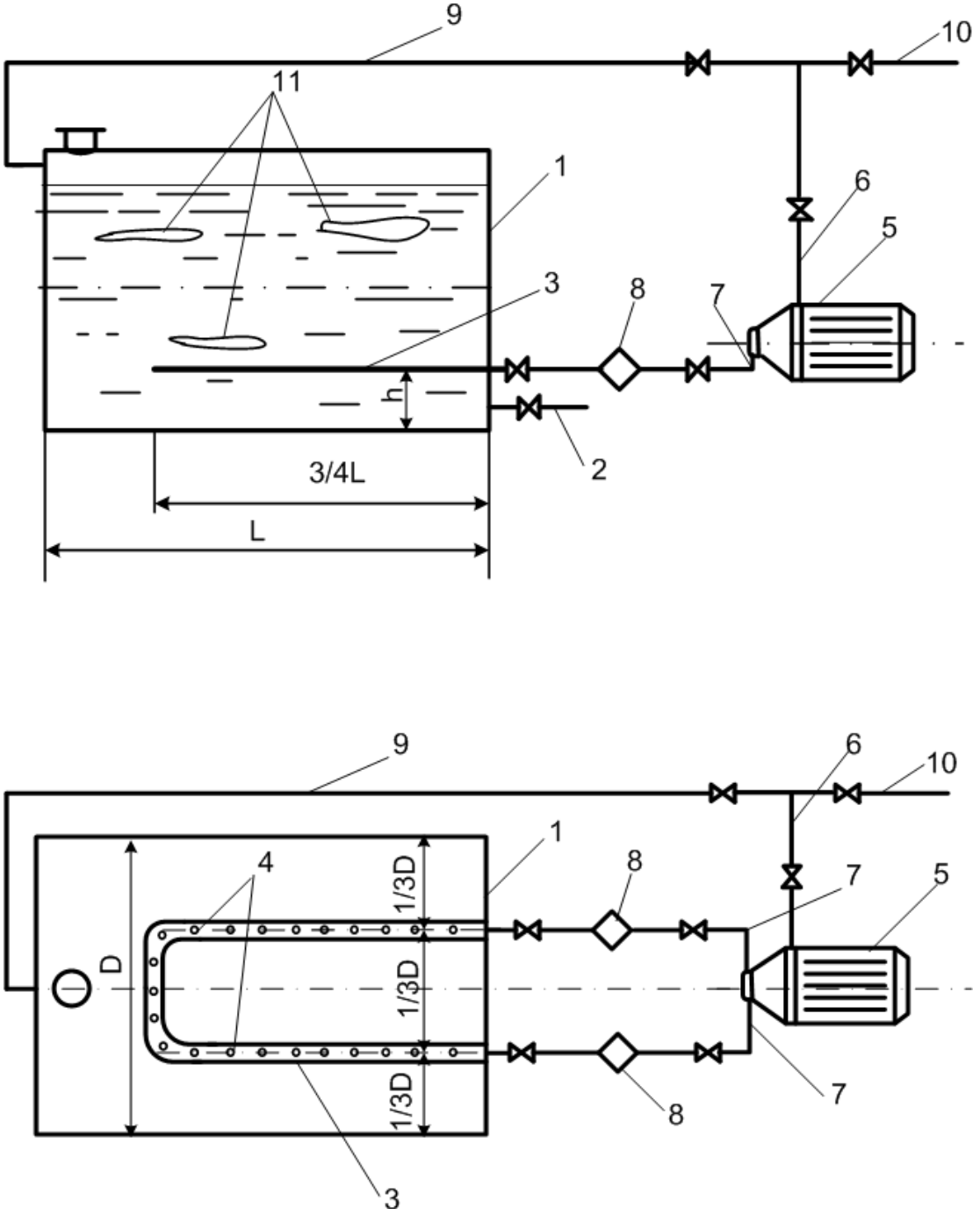


Рисунок 1 - Устройство для приготовления ВМЭ новой конструкции ДВГУПС

1- топливная цистерна; 2- патрубок спуска воды; 3,4 – приёмный трубопровод с отверстиями диаметром 6-8 мм; 5- эмульгатор; 6- напорный патрубок; 7- приёмный патрубок; 8- фильтр; 9- трубопровод подачи ВМЭ; 10- трубопровод; 11- водяные линзы

На рисунке 1 показана схема нового устройства для приготовления ВМЭ конструкции ДВГУПС. Приемный трубопровод 3 установлен внутри

цистерны на 3/4 ее длины в отличие от аналогов, в которых площадь забора топлива незначительна. В предлагаемом устройстве забор топлива и находящейся в ней воды осуществляется со всей его толщи. Топливо и вода, проходя через множество перфорированных отверстий по всей длине приёмного трубопровода, смешиваются в трубе в одно грубодисперсное состояние. Таким образом, перфорированная труба является первой ступенью эмульгирования, поэтому достаточно однократной циркуляции смеси топлива, что значительно сокращает время и снижает энергозатраты на диспергирование топлива и воды.

Диаметр отверстий в приёмном трубопроводе выполнен размером 6-8 мм, причём их суммарная площадь составляет не менее двух площадей поперечного сечения трубопровода. Размеры диаметров отверстий обосновываются авторами экспериментально. Так были получены неудовлетворительные результаты приготовления ВМЭ при диаметре приёмных отверстий менее 6 мм вследствие забивания этих отверстий механическими примесями, присутствующими в мазуте. В тоже время при диаметре отверстий более 8 мм экспериментально наблюдается переход от турбулентного течения топливной смеси к ламинарному, характеризующейся малыми скоростями движения, что приводит к приготовлению некачественной ВМЭ с крупными включениями воды и грубодисперсной структурой [13].

Довод же относительно высоты расположения приёмного трубопровода на расстоянии 100-200 мм от дна цистерны обосновывается эксплуатационными требованиями нормального обслуживания всех элементов системы и соблюдения минимальных расстояний между ними. Создание авторами новой конструкции устройства, защищённого патентом на полезную модель, реально позволяет более эффективно подготовить к сжиганию ВМЭ в котлах предприятий ЖДТ и снизить вредные выбросы токсичных оксидов азота в атмосферу.

Следует отметить, что авторами создана ещё одна усовершенствованная конструкция устройства для приготовления водотопливной эмульсии на базе вышеуказанной установки, на которую был получен патент на изобретение [14]. Существенным отличием от аналогов и прототипа является то, приёмный трубопровод оборудован вибратором кулачкового типа, кулачок которого установлен внутри цистерны под консолью приемного трубопровода и связан через вал с приводом, установленным снаружи цистерны. Техническим результатом изобретения является создание устройства для приготовления водотопливной эмульсии, позволяющего уменьшить время для приготовления водотопливной эмульсии за счет сокращения цикла диспергирования топлива, а также снизить затраты на текущую эксплуатацию устройства путем исключения образования осадка в застойных зонах устройства.

Следует отметить, что описанные выше авторские инновационные технические решения были рассмотрены и одобрены Центром охраны

окружающей среды ДВост. ж.д. для реального планирования воздухоохранных мероприятий в котельных, работающих на жидком топливе в Дальневосточном регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране окружающей среды: закон РФ.- М.: Проспект, 2018. - 96 с.
2. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности: закон РФ. - М.: ПРИОР, 2009. - 20 с.
3. Минаев, Б.Н. Теплоэнергетика железнодорожного транспорта / Б.Н. Минаев. – М.: МИИТ, 2006. – 345 с.
4. Кистьянц, Л.К. Экономия топлива на предприятиях железнодорожного транспорта / Л.К. Кастьянц. – М.: Транспорт, 1994. – 257 с.
5. Катин, В.Д., Косыгин, В.Ю., Вольхин, И.В. Повышение экологической эффективности сжигания мазута в котельных установках / под ред. проф. В.Д. Катина. – Хабаровск: ДВГУПС, 2010. – 142 с.
6. Экологическая стратегия ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс] : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 13.02.2009 г. № 293р // ОАО «Российские железные дороги» : официальный сайт компании. – М. – Режим доступа: http://doc.rzd.ru.
7. Адамов, В.А. Сжигание мазута в топках котлов / В.А. Адамов. – СПб.: Недра,1999. – 304 с.
8. Катин, В.Д. Подготовка и сжигание водомазутных эмульсий и охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. / В.Д. Катин, И.В. Вольхин. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 166 с.
9. Корягин, В. А. Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов / В.А. Корягин. – СПб. : Недра, 1995. – 374 с.
10. Воликов, А.Н. Сжигание газового и жидкого топлива в котлах малой мощности / А.Н. Воликов. – СПб.: Недра,1998. – 160 с.
11. Патент № 2044960 Россия, МПК F 23 K 5/00. Устройство для подготовки к сжиганию обводнённого мазута. / В.И. Кормилицин. Опубл. 27.09.1995, бюл. № 27.
12. Патент № 112984 Россия, МПК F23K 5/12, B01H 3/08 Устройство для подготовки к сжиганию обводненного мазута / В.Д. Катин, И.В. Вольхин. Опубл. 27.01.2012, бюл. № 3.
13. Патент № 149636 Россия, МКИ B01F 3/08 Устройство для приготовления водотопливной эмульсии / В.Д. Катин, И.В. Вольхин, Г.А. Свирин. Опубл. 10.01.2015, бюл. № 1.
14. Патент № 2621332 Россия, МПК B01F 3/08 Устройство для приготовления водотопливной эмульсии / В.Д. Катин, А.П. Богачёв, И.В. Вольхин. Опубл. 02.06.2017, бюл. № 16.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

SYSTEM OF ECOLOGICAL MANAGEMENT OF RUSSIAN CHEMICAL COMPANY ON THE EXAMPLE OF KUIBYSHEVAZOT COMPANY

V.I. Gerasimenko[1], A.V. Gerasimenko[1], A.V. Yakimovich[1], A.V. Vasilyev[2]
[1]KuibyshevAzot Public Joint Stock Company, Togliatti, Russia
[2]Samara State Technical University, Samara, Russia

Peculiarities of implementation of system of ecological management of "KuibyshevAzot" public joint stock company according to requirements of ISO 14001 standard are considered. Six stages of implementation are analyzed: initiation, analysis of primary state, planning, realization, implementation, certification. The procedure and approved documentation of carrying out of internal audit of enterprise is worked out, consultations on practical application of developed documents of integrated system of management are arranged. Quality implementation and provision of functioning of the system of ecological management is result of high level of staff awareness, developed procedure of internal audit of enterprise, continuous ecological training of personnel of "KuibyshevAzot" public joint stock company, increasing of it ecological responsibility. The conclusion is made that system of ecological management of "KuibyshevAzot" public joint stock company is correspond to all necessary requirements of ISO 14001 international standard.

Key words: ecological management; standard; implementation; certification; chemical enterprise

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА РОССИЙСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»

В.И. Герасименко[1], А.В. Герасименко[1], А.В. Якимович[1], А.В. Васильев[2]
[1]ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти, Россия
[2]Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Рассмотрены особенности внедрения системы экологического менеджмента ПАО "КуйбышевАзот" в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001. Проанализировано шесть этапов внедрения: инициирование, анализ исходного состояния, планирование, реализация, внедрение, сертификация. На предприятии отработана процедура и утверждена документация по проведению внутреннего аудита,

организованы консультации по практическому применению разработанных документов интегрированной системы менеджмента. Качественное внедрение и обеспечение функционирования системы экологического менеджмента вытекает из высокого уровня информированности персонала, отработанной процедуры внутреннего аудита предприятия, непрерывного экологического обучения работников ПАО "КуйбышевАзот", повышения их экологической ответственности. Сделан вывод, что система экологического менеджмента ПАО "КуйбышевАзот" соответствует всем необходимым требованиям международного стандарта ISO 14001.

Ключевые слова: экологический менеджмент; стандарт; внедрение; сертификация; химическое предприятие

Современный этап развития общества, научно-технический прогресс обуславливает необходимость качественного управления экологическими процессами развития производства и общества в целом. Деятельность химических предприятий зачастую связана с негативным воздействием на окружающую среду [4]. Необходимым становится внедрение системы экологического менеджмента на предприятии [1, 8]. Можно сделать вывод, что современное промышленное предприятие России, заботящееся о сохранении окружающей среды и минимизации экологического ущерба в результате производственной деятельности, должно внедрять системы экологического менеджмента, основанные на требованиях общепринятых международных стандартов.

ПАО "КуйбышевАзот", являясь передовым предприятием химической промышленности, последовательно проводит продуманную экологическую политику, внедряет и совершенствует систему экологического менеджмента предприятия [7]. На предприятии имеется полностью разработанная система управления в области экологии, охраны труда и социальной ответственности. Еще в 1980 году на предприятии создан отдел охраны природы, в 1989 г. он переименован в отдел охраны окружающей среды (ОООС) и функционирует в настоящее время в составе Управления промышленной и экологической безопасности. Заместитель главного инженера, подчиняющийся главному инженеру и генеральному директору, возглавляет Управление промышленной и экологической безопасности. Следует отметить, что в «КуйбышевАзоте», одном из первых предприятий в отечественной химической отрасли, была внедрена интегрированная система менеджмента, сертифицированная по трем стандартам: На ОАО «КуйбышевАзот» внедрена интегрированная система менеджмента, сертифицированная по трем стандартам: системы менеджмента качества ISO 9001:2008, менеджмента охраны окружающей среды ISO 14001:2004, менеджмента охраны труда OHSAS 18001:2007. Проведенные плановые аудиторские проверки постоянно подтверждают соответствие ИСМ предприятия указанным стандартам.

Соблюдение экологических требований помогает предприятию достичь высокого уровня защиты окружающей среды при производственной деятельности предприятия и предотвратить возможное нанесение ущерба человеческому здоровью. В немалой степени этому способствует внедрение и совершенствование системы экологического менеджмента предприятия, подтверждение высокой степени внедрения системы экологического менеджмента путем получения сертификата соответствия требованиям международного экологического стандарта ИСО 14001.

Рассмотрим особенности внедрения системы экологического менеджмента ПАО "КуйбышевАзот" в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001.

Этап 1: **Инициирование**

Мотивация деятельности по разработке системы экологического менеджмента ПАО "КуйбышевАзот" обусловлена статусом одного из ведущих предприятий химической промышленности России, заботой предприятия о сохранении окружающей природной среды, продуманной политикой по реализации продукции предприятия на внешнем и внутреннем рынках, расширением рынков сбыта продукции, стремлением к улучшению имиджа предприятия. Анализ имеющейся документации по экологической политике ПАО "КуйбышевАзот" позволяет утверждать, что предприятие инициировало разработку передовой системы экологического менеджмента еще в 1970-х гг. На предприятии имеется полностью разработанная система управления в области экологии, охраны труда и социальной ответственности. Еще в 1980 году на предприятии создан отдел охраны природы, в 1989 г. он переименован в отдел охраны окружающей среды (ОООС) и функционирует в настоящее время в составе Управления промышленной и экологической безопасности. Заместитель главного инженера, подчиняющийся главному инженеру и генеральному директору, возглавляет Управление промышленной и экологической безопасности.

Предприятие неоднократно освещало проводимую им экологическую политику в средствах массовой информации, представляло структуру экологической политики на научных конференциях, семинарах и выставках. Это подтверждает и наличие деклараций экологической политики со стороны работодателя. Таким образом, предприятие инициировало разработку передовой системы экологического менеджмента. Осуществлена декларация экологической политики предприятия со стороны работодателя.

Этап 2: **Анализ исходного состояния**

В отделе охраны окружающей среды ОАО "КуйбышевАзот" имеются следующие документы:

- документы по форме № 18-кс «Сведения об инвестициях в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»;

- документы по форме № 4-ос «Сведения о текущих затратах на охрану природы, экологических и природоресурсных платежах»;

- документы по форме № 2-тп (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха»;

- документы по форме № 2-тп (водхоз) «Сведения об использовании воды»;

- документы по форме № 2-тп (отходы) «Об образовании, поступлении, использовании и размещении отходов производства и потребления»;

- мероприятия по использованию предприятием природных ресурсов;

- мероприятия по охране атмосферного воздуха;

- мероприятия по охране поверхностных вод от загрязнения;

- мероприятия по обращению с отходами производства и потребления;

- мероприятия по обеспечению предприятием экологической безопасности и др.

Анализ имеющейся документации по вопросам охраны окружающей среды при производственной деятельности ПАО "КуйбышевАзот" позволяет утверждать, что на предприятии проведена первичная оценка исходного состояния по экологической безопасности, частично проведена инвентаризация экологических аспектов и воздействий, достаточно хорошо проработана оценка значительности экологических аспектов и воздействий.

Комплексная оценка воздействий на окружающую среду проводится как для действующих, так и для всех вновь вводимых и реконструируемых производств, цехов и участков ПАО "КуйбышевАзот" [2, 3, 5]. Особое внимание уделяется контролю и снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, в том числе обладающих токсическим воздействием. При строительстве новых производственных площадок предприятие постоянно организует общественные слушания, результаты и рекомендации которых обязательно в дальнейшем учитываются.

Этап 3: **Планирование**

ПАО "Куйбышевазот" осуществляется планирование деятельности, связанной с воздействиями предприятия на окружающую среду и осуществлением мероприятий по минимизации воздействий. В частности, на предприятии имеется проектная документация – проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, проект нормативов предельно-допустимых выбросов, проведена инвентаризация всех соответствующих законодательных и других требований. Имеется приказ по предприятию о назначении ответственного за систему управления окружающей средой. Разработаны и утверждены экологическая политика предприятия и программа ее реализации.

Этап 4: **Реализация**

На предприятии имеется значительное количество документов по природопользованию и охране окружающей среды. В частности, имеются следующие ДП по вопросам охраны окружающей среды предприятия:

1. ДП ИСМ 0046-01-06 - Идентификация экологических аспектов;
2. ДП ИСМ 0046-02-06 - Взаимодействие с внешними организациями по вопросам охраны окружающей среды;
3. ДИ ИСМ 0046-04-07 - Мониторинг операций и видов деятельности, воздействующих на окружающую среду;
4. ДП ИСМ 0046-05-07 - Мониторинг обращения с отходами производства и потребления;
5. ДП ИСМ 0046-03-07 - Мониторинг соответствия деятельности организации по охране окружающей среды законодательным и другим требованиям и др.

Данные документы введены в действие приказами по ПАО "КуйбышевАзот". Ресурсное обеспечение реализации экологической политики предприятия основано на реализации продуманной программы подготовки и переподготовки кадров, в том числе совместно с Самарским государственным техническим университетом.

Этап 5. **Внедрение**

Предприятие постоянно внедряет новые технологии, вследствие чего становятся реальными новые, более строгие контрольные требования по экологической и промышленной безопасности при производственной деятельности. В настоящее время на заводе ведется строительство сразу нескольких крупных производств, в т.ч. и совместных с ведущими мировыми химическими компаниями. Инвестиционная деятельность КуАЗа ведется с привлечением иностранных партнеров - DSM, Linde, Praxair. Таким образом, в экономику региона привлекаются не только иностранные инвестиции, но и современные технологии.

Качественное внедрение и обеспечение функционирования системы экологического менеджмента вытекает из высокого уровня информированности персонала, отработанной процедуры внутреннего аудита предприятия, непрерывного экологического обучения работников ПАО "КуйбышевАзот", повышения их экологической ответственности.

В ПАО "КуйбышевАзот" отработана процедура и утверждена документация по проведению внутреннего аудита, организованы консультации по практическому применению разработанных документов интегрированной системы менеджмента (ИСМ). Составлено интегрированное руководство по качеству, охране окружающей среды,

охране труда и предупреждению профзаболеваний ОАО "КуйбышевАзот" (руководство по ИСМ).

Изучение документации позволяет сделать вывод, что осуществление комплекса разработанных мероприятий позволит обеспечить как экологическую, так и промышленную безопасность для персонала ПАО "КуйбышевАзот", работающих других предприятий и населения города в целом.

Результаты деятельности ПАО «КуйбышевАзот» в области охраны окружающей среды являются доступными для общественности. Предприятие неоднократно организовывало общественные слушания по проблемам, связанным с обеспечением требований экологической безопасности, публиковало принципы экологической политики в средствах массовой информации. Результаты внедрения на ПАО «КуйбышевАзот» природоохранных мероприятий получили высокую оценку как общественности, так и руководящих органов. Предприятие оказывает постоянную поддержку в организации общественно значимых мероприятий в области обеспечения защиты окружающей среды, экологического образования и развития экологического мышления молодежи, в том числе по проведению экологического конгресса ELPIT. Также предприятие проводит научные исследования совместно с вузами и организациями, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду и обеспечение безопасности труда, а также оказывает финансовую поддержку в их проведении [2, 3, 5, 6, 9-12].

Не снижается степень участия предприятия в благотворительных и других социально значимых городских и региональных проектах. В то числе предприятие активно сотрудничает с вузами Самарской области. В 2015 году оказана поддержка Самарскому государственному техническому университету в создании новой учебной лаборатории мониторинга физических факторов при кафедре "Химическая технология и промышленная экология".

Этап 6. **Сертификация**

ПАО «КуйбышевАзот» неоднократно успешно проходило аудит на соответствие разработанной системы менеджмента требованиям международных стандартов в области качества, охраны окружающей среды, охраны труда и предупреждения профзаболеваний.

Следует отметить, что в «КуйбышевАзоте», одном из первых предприятий в отечественной химической отрасли, была внедрена интегрированная система менеджмента, сертифицированная по трем стандартам: в ПАО «КуйбышевАзот» внедрена интегрированная система менеджмента, сертифицированная по трем стандартам: системы менеджмента качества ISO 9001:2008, менеджмента охраны окружающей среды ISO 14001:2004, менеджмента охраны труда OHSAS 18001:2007.

Рассмотрим функционирование системы экологического менеджмента ПАО "КуйбышевАзот" при реконструкции и строительстве новых производственных участков на примере реконструкции заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. складскими помещениями». Осуществлена экологическая изученность объекта строительства. Рассмотрены климатические условия, фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Изучены геоморфология и рельеф, геологическое строение, опасные природные процессы для обследуемого участка строительства. Изучен растительный и животный мир. По результатам исследований участок работ не находится в зоне влияния объектов культурного наследия и выявленных объектов культурного наследия, официально зарегистрированных ООПТ. Представители флоры и фауны типичны для промышленно освоенных территорий. Виды, занесенные в Красную книгу Российской Федерации и Самарской области, в районе проектирования отсутствуют. Изучены техногенные условия. Проведен анализ почвы обследуемого участка (бактериологический анализ проб почвы и количественный химический анализ). Результаты лабораторных испытаний проб показали, что превышений санитарно-гигиенических норм не выявлено. Выявлены рекомендации о возможности использования почв и грунтов для участка строительства. Были проведены измерения и анализ выбросов вредных веществ в атмосферу для обследуемого участка строительства. Анализ результатов измерений показывает, что все измеренные значения параметров атмосферного воздуха во всех точках измерений соответствуют гигиеническим требованиям.

Исследования шума, вибрации, электромагнитных полей, ионизирующих излучений и радона на территории обследуемого участка строительства были проведены Обществом с ограниченной ответственностью «Институт химии и инженерной экологии». Проведен анализ характеристик источников звука и вибрации с использованием анализатора шума и вибрации «Ассистент». Представлено 15 протоколов измерений, включающих одночисловые эквивалентные уровни звука, 15 протоколов измерений одночисловых уровней виброускорений. Проведен анализ характеристик внешних источников ионизирующих излучений с дозиметром гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд». Представлены протоколы измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (мкЗв/ч), в которых содержатся результаты 150 измерений. Проведен анализ характеристик плотности потока радона с поверхности грунта с использованием комплекса измерительного для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов "Альфарад плюс". Представлены протоколы измерений плотности потока радона с поверхности грунта, в которых содержатся результаты 15 измерений в 15 точках. Проведен анализ характеристик внешних источников электромагнитных полей с использованием измерителя напряженностей поля малогабаритного

микропроцессорного ИПМ-101М. Представлено 15 протоколов измерений электромагнитных полей радиочастотного диапазона (электрическая составляющая Е, В/м и плотность потока энергии ППЭ, нВт/см^2) для обследуемой зоны реконструкции. Сделаны заключения о соответствии полученных значений гигиеническим нормативам. Составлены карты шума, вибрации, ионизирующих излучений, электромагнитных полей диапазона радиочастот и плотности потока энергии, плотности потока радона с поверхности грунта квартала Ж-5 «Реконструкция заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000т. 1 этап» ПАО "КуйбышевАзот".

Осуществлен прогноз неблагоприятных ситуаций. По результатам исследований последствия реализации строительства и последующей эксплуатации проектируемого объекта по отношению к основным составляющим природного комплекса незначительны. Выданы рекомендации по охране окружающей среды и мониторингу.

Сделано общее заключение о соответствии объекта «Реконструкция заводского склада жидкого аммиака со строительством дополнительного изотермического хранилища вместимостью 10 000 т.» ПАО "КуйбышевАзот" экологическим требованиям.

Таким образом, ПАО «КуйбышевАзот» является не только динамически развивающимся химическим предприятием, но и отличается высоким уровнем экологической ответственности, постоянно уделяет большое внимание вопросам экологической безопасности и охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие / А.В. Васильев - Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. - 201 с., ил.
2. Васильев А.В., Аникушин С.А., Якимович А.В. Оценка воздействия шума в условиях строительства производства циклогексанона химического предприятия ОАО "Куйбышевазот". Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19. № 5. С. 60-66.
3. Васильев А.В., Васильев В.В., Школов М.А., Шишкин В.А., Каплина Р.Г. Исследование воздействия физических полей в промышленных и жилых зонах г. Тольятти. В научно-теоретическом журнале по химии и химической технологии «Российский химический журнал», №3, том L, 2006 г., с. 72-78.
4. Васильев А.В., Нустрова Е.А. Перспективы и проблемы создания химических парков: пути снижения негативного экологического воздействия (на примере ЗАО "Тольяттисинтез"). Экология и промышленность России. 2013. № 7. С. 42-45.
5. Васильев А.В., Огарков А.А. Исследование вибрации трубопроводов поршневых компрессорных установок ОАО "КуйбышевАзот". В сборнике: ELPIT 2009. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-

транспортных комплексов: сборник трудов II Международного экологического конгресса (IV Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2009. Т.3. С. 57-63.
6. Васильев А.В., Шишкин В.А., Бахмуров В.Н. Исследование вибрационных характеристик насосов фирмы "GRUDFOS". В сборнике: ELPIT 2009. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов II Международного экологического конгресса (IV Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2009. Т.3. С. 64-68.
7. Герасименко В.И., Герасименко А.В., Аникушин С.А., Якимович А.В., Васильев А.В. Экологическая деятельность АО «КуйбышевАзот». В сб. трудов V международного экологического конгресса (VII международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" ELPIT-2015, гг. Самара-Тольятти, 16-20 сентября 2015 г., изд-во АНО "Издательство СНЦ", г. Самара. Т.1, пленарные доклады, с. 37-42.
8. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / М.В. Буторина, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов и др. / Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадина. - М.: Логос, 2004. – 520 с.: ил.
9. Старобинский Р.Н., Васильев А.В., Гордеев В.Н., Васильев В.В. Система активного подавления шума впуска двигателя внутреннего сгорания: патент на изобретение RUS 2096651 23.09.1993
10. Старобинский Р.Н., Васильев А.В., Крохин В.Н., Береснев В.А., Шафиков Р.Х. Гаситель колебаний давления системы всасывания поршневой машины: патент на изобретение RUS 2065121.
11. Ogarkov A.A., Vassiliev A.V., Voltchonkov V.I. About the experience of low-rotated piston compressor units vibration reduction. Inter-Noise Proceedings. 2000. pp. 3932-3936.
12. Vasilyev A.V. Development and approbation of methods and technical solutions of reduction of vibration of power plants and joining mechanical systems. Procedia Engineering. 2015. Vol. 106, pp. 354-362.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

ANALYSIS OF MEASURES FOR PREVENTION OF INJURIES OF CITIZENS ON THE OBJECTS OF INFRASTRUCTURE OF "RUSSIAN RAILWAYS" JOINT STOCK COMPANY

I.A. Efremova
Samara State Transport University, Samara, Russia

Main annually developing measures for prevention of injures of citizens are described. Functions of application "Safe train", developed in the year of 2018 are considered. The purpose of this application is prevention of man about danger. The necessity of informing of population about the program of "Russian Railways" company for injures prevention is described.

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ТРАВМАТИЗМА ГРАЖДАН НА ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОАО «РЖД»

И.А.Ефремова
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

В статье приведены основные мероприятия по предупреждению травматизма граждан, которые разрабатываются ежегодно. Описаны функции приложения «Safe train», разработанного в 2018 году. Целью данного приложения является предупреждение человека об опасности. Также в статье описана необходимость информирования общественности о программе ОАО "РЖД» по предупреждению травматизма.

Железная дорога является зоной повышенной опасности не только для работников дороги, но и для граждан, которым приходится совершать переход/ переезд через железнодорожные пути. Зачастую железная дорога становится местом для игр, прогулок и забав среди детей и подростков. Статистика травматизма на железной дороге должна напоминать гражданам и детям, что жесткое соблюдение правил поведения и внимательность вблизи железной дороги являются факторами, от которых зависит здоровье, а иногда и жизнь [1].

Основной причиной травматизма граждан является хождение по путям в неустановленных местах перед близко идущим поездом. Чаще всего травмы получают люди в состоянии алкогольного опьянения и в результате

самоубийства. Для предотвращения наезда на граждан машинисты, при обнаружении на пути людей, применяют экстренное торможение [2]. Однако, даже заметив на путях человека, машинист практически нечего не сможет сделать, чтобы предотвратить его гибель.

По статистике, большинство случаев травматизма (65%) происходит во второй половине дня с 12:00 до 14:00, более трети происходит преимущественно в позднее вечернее время в период с 18:00 до 24:00 ч.

Наибольшее количество травмированных граждан составляют люди наиболее активного возраста – 26 – 45 лет. Дети в возрасте от 1 года до 7 лет страдают, в основном, по вине взрослых – либо оставлены без присмотра, и, имея более низкую массу тела, первыми попадают под воздействие воздушной волны от проходящего железнодорожного состава, либо вместе с взрослыми вынуждено нарушали правила поведения на железной дороге.

Факторы причинно-следственных связей возникновения случаев детского травматизма представлены на рис. 1.

Основная причина детского травматизма – это невнимательность и отсутствие понимания у детей о нахождении на опасном объекте. Также основной причиной травматизма стало полное пренебрежение правил безопасности поведения на железнодорожных путях. Третируя существующие правила поведения в зоне железной дороги, школьники находятся на железнодорожных путях без сопровождения взрослых, где для детского «развлечения» выступают катание на крышах, автосцепках и подножках вагонов.

Железной дорогой ежегодно разрабатывается и утверждается Программа организационно-технических мероприятий по предупреждению случаев травматизма граждан, не связанных с производством [2].

К основным техническим мероприятиям относятся [2]:

- капитальный ремонт пассажирских платформ;
- текущий ремонт пешеходных мостов, пешеходных настилов, ограждений, пассажирских платформ;
- установка вновь/обновление плакатов и знаков безопасности;
- улучшение освещения платформ;
- установка знаков «Стой-напряжение», сетчатых платформ ограждений комплектных трансформаторных подстанций;
- окраска полос безопасности платформ и торцов;
- обновление флюорисцентных полос безопасности на лобовой части моторвагонного подвижного состава;
- нанесение предупреждающих надписей на автоматических дверях моторвагонного подвижного состава;
- обновление окраски негабаритных мест на тракционных путях, территории предприятия;
- установка зеркал заднего вида на тяговом подвижном составе;
- вырубка растительности в зоне видимости пешеходного перехода.

Проводят следующие организационные мероприятия [2]:

- рассылка писем в школы (учебные заведения), на предприятия;
- проведение лекций, бесед, демонстрация фильмов;
- выступление представителей железной дороги по телевидению/радио правилах поведения на железнодорожных путях;
- выпуск и распространение памяток, статей/обращений в газетах;
- звуковое оповещение о правилах поведения вблизи железнодорожных путей через громкоговоритель на станциях/вокзалах;
- проведение рейдов, в результате которых задерживаются и штрафуются граждане, замеченные в хождении по путям в неположенном месте.

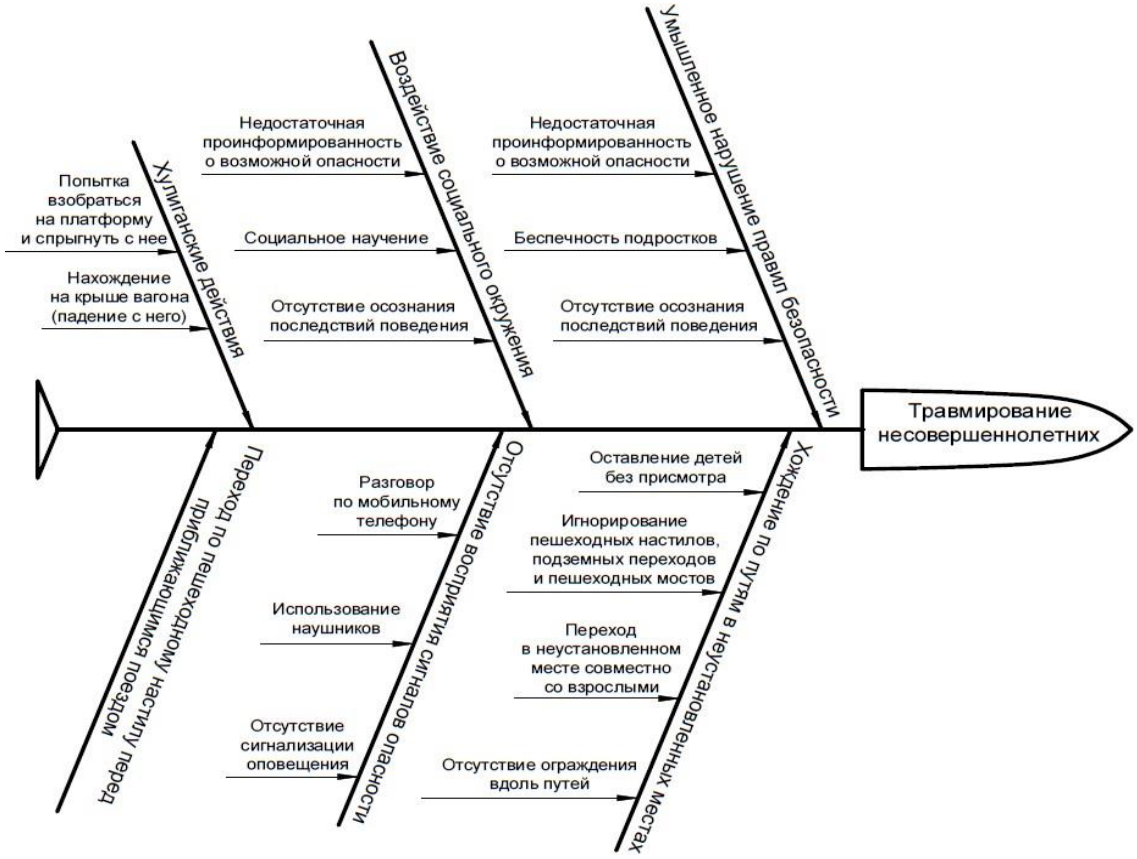


Рисунок 1 – Факторы причинно-следственных связей возникновения случаев детского травматизма

Также в процессе бесед и лекций необходимо обращать внимание на то, что на железной дороге появляется скоростной и высокоскоростной вид транспорта и о трагических последствиях.

По статистике граждане стали реже получать травмы на железнодорожных путях, так в 2017 году насчитывалось 2547 пострадавших, что на 6,5 % меньше чем в 2016 году. Снижению травматизма поспособствовали следующие мероприятия: ремонт пешеходных мостов, пассажирских платформ, ввод в эксплуатацию новых мостов, пассажирских

платформ, пешеходных переходов, установка ограждений, предупреждающих знаков и плакатов [3].

Однако, с распространением социальных сетей увеличилось количество детских и подростковых самоубийств, особенно в период каникул, когда дети преимущественно находятся без контроля взрослых и хотят «пощекотать» нервы. В 2017 году в России на рельсах погибли 1722 человека, 145 из них – дети. В2018 году в целях снижения травматизма детей на железной дороге, помимо традиционных мероприятий, было выпущено приложение для смартфонов «Safe train» — «Безопасный поезд».

«Safe train» - это бесплатное приложение, которое включает в себя следующие функции:

- Звуковое и визуальное оповещение ребенка при приближении к железнодорожным путям. При приближении ребенка к железнодорожным пуням на расстояние менее 70 метров блокируется любая проигрываемая музыка на телефоне. При приближении ребенка к железнодорожным путям менее чем 50 метров, срабатывает вибро и звуковой сигнал.

- SMS оповещение родителей, при нахождении ребенка на железнодорожных путях. При активации данной функции в настройках приложения, родители получают SMS-сообщение о нахождении ребенка в опасной зоне, а также SMS-сообщение об отключении ребенком приложения или отключения GPS в телефоне.

- GPS-трекер. Трекинг (просмотр маршрута следования ребенка) в режиме реального времени (с возможностью просмотра истории), на родительском смартфоне с установленным приложением.

- В приложении добавлен медиаконтент в виде слайдов по правилам нахождения на опасных объектах и на железнодорожных путях (рис. 2).

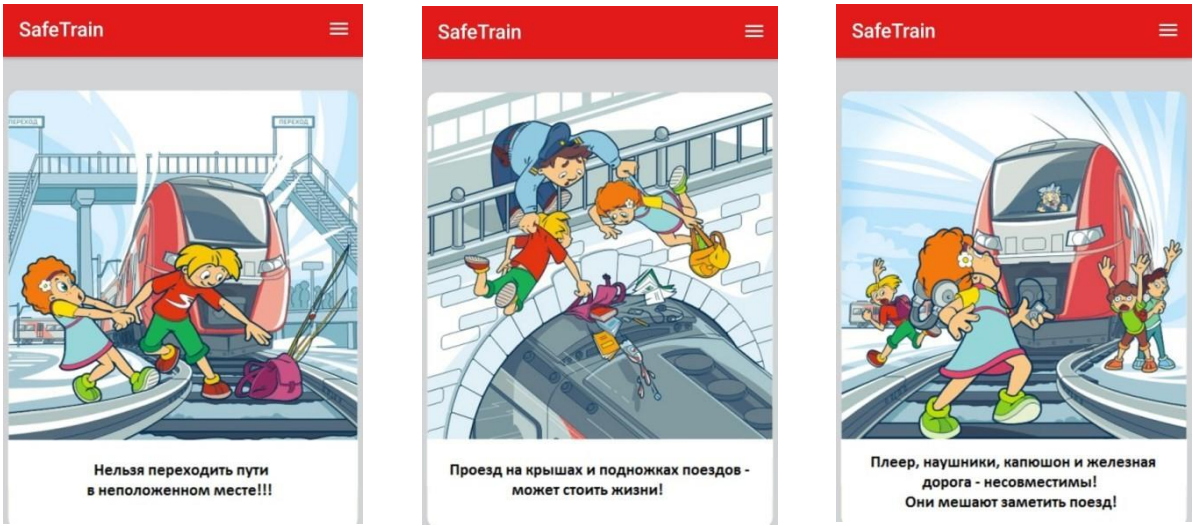


Рисунок 2 - Медиаконтент в виде слайдов по правилам нахождения на опасных объектах и на железнодорожных путях в приложении «Safe train»

Приложение не является гарантом обеспечения безопасности на железнодорожных путях, о чем оговорено в пользовательском соглашении при установке приложения на смартфон. Целью данного приложения является предупреждение ребенка, что он находится на опасном объекте и блокировка прослушивания музыки вблизи железной дороги.

Родителям данное приложение дает возможность проанализировать маршрут движения ребенка (пользуется ли он оборудованными местами для безопасного перехода через железнодорожные пути), а также получать оповещение о приближении к опасной зоне.

Одной из отрицательных сторон данного приложения является его энергоемкость из-за включенного GPS. Возникает выбор между подключением приложения и экономии заряда батареи смартфона. К тому же подростки не желают находиться под контролем родителей

Так как данное приложение до сих пор не получило распространения среди родителей и детей, необходимо включение информирования о данном приложении при рассылке писем, памяток в школы (учебные заведения), на предприятия; при проведении лекций, бесед; при демонстрации фильмов; при выступлении представителей железной дороги по телевидению/радио правилах поведения на железнодорожных путях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопуга В.Ф. Примерная учебная программа: правила поведения детей на объектах железнодорожного транспорта/ Лопуга Василий Федорович - Барнаул, 2014. – 9 с.
2. Анализ состояния условий и охраны труда, промышленной, пожарной и электробезопасности на Куйбышевской дороге за 6 месяцев 2015 г. – С., 2015. - 47 с.
3. Жуков В.И. Безопасность жизнедеятельности: учебник в 2 ч. Ч. 2: Безопасность труда на железнодорожном транспорте/ В.И.Жуков; под ред. В.М.Пономарева и В.И.Жукова – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 607 с.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

PROBLEM OF OCCURRENCE OF TECHNIGENIC DEPOSITS OF OIL PRODUCTS AND INNOVATIVE METHODS OF ITS DECISION

A.A. Zhezherya, A.A. Bochkina, E.N. Petrenko, V.N. Pystin
Samara State Technical University, Samara, Russia

Under the sites of oil refinery plants due the product leakages extensive "lens" of hydrocarbons are forming. The scales of "lens" are comparable with dimensions of deposits of natural hydrocarbon raw materials. The depth of penetration of toxicants into geological environment within the boundaries of filtered rocks of aeration zone is achieving tens of meters. In paper the variant of decision of this problem is presented with using of biodegradable surfactants as well as by innovative using of program provision Petrel for visual presentation of dynamics of "lens" of hydrocarbons on the territory of oil refinery plants.

ПРОБЛЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

А.А. Жежеря, А.А. Бочкина, Е.Н. Петренко, В.Н. Пыстин
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Под площадками нефтеперерабатывающих заводов, ввиду утечек продукта, формируются обширные «линзы» углеводородов. Масштабы «линз» сопоставимы с размерами месторождений природного углеводородного сырья. Глубины проникновения токсикантов в геологическую среду в границах фильтруемых пород зоны аэрации составляют десятки метров. В статье представлен вариант решения данной проблемы с использованием биоразлагаемых ПАВ, а также путем инновационного использования программного комплекса Petrel для визуального представления динамики «линз» углеводородов на территории нефтеперерабатывающих заводов.

Вследствие длительного времени эксплуатации под территорией нефтеперерабатывающих заводов (далее НПЗ) образуются техногенные залежи нефтяных «линз», способные перемещаться в грунте. Эти явления стали отмечаться на производствах, как результат фильтрации нефтепродуктов при их потерях из технологических линий и емкостей. Технический принцип извлечения, состав сооружений откачки и

разрешительная документация на производство работ обычно выстраиваются по соображениям освоения техногенного месторождения, сформированного под основной производственной площадкой предприятия. При этом, продуктивная толща под предприятием документально не идентифицируется в качестве техногенного месторождения.

Мощность данных нефтяных «линз» разнится, однако известно, что подобные техногенные залежи способны опускаться на глубину десятков метров. Однако, по мере обводнения поверхностным стоком, часть связанных форм также выносится в область разгрузки. На территории НПЗ, имеющих подобную проблему, ведутся работы по извлечению нефтепродуктов и возможному возврату их в технологический цикл.

Большинство НПЗ были построены вблизи поверхностных водоемов, на участках с высоким уровнем стояния подземных вод. Также, некоторые НПЗ были построены на территории водоразделов. Вследствие чего наблюдается зависимость между перемещением техногенных «линз» и нестационарным гидрогеологическим режимом. Фильтрация нефтепродуктов и динамика их миграции в пласте, представляет собой сложный физический процесс. Чаще всего естественную миграцию относят к процессу ламинарной фильтрации сжимаемой жидкости в пористой среде. Углеводороды начинают перемещаться внутри грунта. Также появляется зависимость данного перемещения от паводко-меженных периодов. Возможно вытеснение токсикантов в близлежащие водоисточники.

Данные углеводороды представляют угрозу для подземных и поверхностных вод, для геологических элементов. Если нефтепродукты попадут в близлежащий водозабор, последствия могут быть катастрофическими.

Возникшее техносферное месторождение активно эксплуатируется с целью возврата продукта в технологический цикл. Для исследования подобной проблемы была разработана методика, согласно которой на территории завода и его окрестностей создается сеть добывающих и наблюдательных скважин [1], позволяющих не только откачивать нефтепродукты, но и следить за изменением динамики «линзы». Однако, несмотря на все прилагаемые усилия, часть нефтепродуктов остается в почве в виде пленок и капиллярной жидкости, а затем перемещается в поверхностные источники и подземные водозаборы.

Данная проблема характерна для большей части НПЗ России, срок службы которых превышает 30 лет. При этом оценка динамики изменения конфигурации линзы за многолетний период с установлением направления ее движения и области разгрузки, как правило, не осуществляется. Именно из-за «линзы» наблюдается изменение рельефа, и, как следствие, завод не может заменить оборудование.

Ситуация до сих пор является неразрешенной. Было предложено несколько путей решения проблемы:

- Использование биологических методов;

- Детонационный метод;
- Замена грунта.

Но ни один из них не является действенным. Проблемой биологических методов является, во-первых, отсутствие кислорода на глубине, а во-вторых, даже если мы предположим, что использоваться будут анаэробные микроорганизмы, при пониженных температурах у бактерий наблюдается снижение обмена веществ, вследствие чего они погибают.

Детонационный метод, патент на который был получен, но применение не найдено, является неуправляемым. Таким образом, может получиться, что линза не выйдет на поверхность, а грунт будет поврежден. Замена грунта является дорогостоящей операцией. К тому же, невозможно заменить грунт на территории действующего завода.

Важно понимать, что нефтяная «линза» представляет собой сложную систему из воды, частиц грунта и углеводородов в жидкой форме. Таким образом, перед нами встает задача снизить вязкость и поверхностное натяжение внутри данной системы [2]. Междисциплинарная команда университета предлагает санацию геосреды путем отмывки нефтепродуктов с использованием специальных ПАВ. Благодаря этому будут получены нефтепродукты, которые можно будет вернуть в технологический цикл, а геосреда будет очищена от загрязняющих веществ. При приготовлении составов предусматривается возможность использования трассеров (маркеров) с целью оценки скорости движения жидкости в пористой среде, определения гидродинамической связи между скважинами и дренажной системой, уточнения цифровой модели пласта, а также разработки мероприятий по изменению фильтрационных потоков и обеспечения воздействия на объект испытания в целом. Разрабатываемые составы оптимизируются под условия работы очистных сооружений с целью минимизации затрат на их утилизацию (очистку).

Но работа команды не ограничивается исключительно санацией геосреды. Перемещение линзы в толще геосреды изменяется по времени, в зависимости от изменения гидрогеологических, гидрологических и даже микротектонических процессов. Очень трудно предугадать направление перемещения техногенных углеводородов, если на близлежащей территории расположено несколько водоисточников. Вследствие чего задерживаются работы по созданию природоохранных сооружений, гидротехнической защиты, а также прогнозное позиционирование места новых очистительных скважин [4].

Помимо мониторинговых исследований предполагается прогнозирование движения «линзы», с использованием существующей системы скважин и программного комплекса, который включает в себя программное обеспечение «Petrel». Данная программа используется специалистами с 1996 г., она позволила объединить в одном комплексе исследования специалистов разных сфер: геологии, геофизики, разработки инженеров-разработчиков. Также этой программой предусмотрена

возможность использования свободной среды Ocean для программирования дополнительных модулей. Функциональные возможности Petrel позволяют пользователю в рамках одного проекта интерпретировать сейсмические данные, коррелировать скважины, увязывать данные и оценивать их качество, строить структурную модель месторождения, моделировать петрофизические характеристики среды в объёме, осуществлять подсчёт запасов, анализировать неопределённость определения характеристик модели, проектировать скважины и моделировать гидродинамические процессы [5].

Уникальность данного метода заключается также в том, что данный программный комплекс в настоящий момент используется исключительно для моделирования пластов-коллекторов на месторождениях нефти и газа. Поэтому специалистам во время реализации проекта придется учитывать нестандартные для данной программы исследуемые глубины и изменения давлений. Также для построения данной модели планируется использование гидродинамического симулятора Eclipse компании Schlumberger [3]. Мониторинг движения линзы проводится как в границах основной площадки предприятия, так и в районе потенциального влияния.

При этом предполагается сочетание инженерно-геологических и геофизических методов. Данное сочетание позволяет с использованием анализа вида и состава пород зоны аэрации, а также подземных и поверхностных вод, разработать математические модели миграции загрязнений для последующего выявления локальных очагов сосредоточения нефтепродуктов. В геологической модели задаются необходимые петрофизические свойства пласта, такие как пористость, проницаемость, насыщение и зоны водонефтяного контакта (ВНК). Все заданные свойства позволяют корректно просчитать гидродинамические параметры двухфазной фильтрации, а также построить линии тока флюида при его отборе из скважин-очистителей с разной интенсивностью.

В данном комплексе на основе имеющихся данных о слое нефтепродуктов, уровне воды и координат скважин, была создана 3D модель «линзы». Создание трехмерной цифровой гидродинамической модели необходимо для решения вопросов направления фильтрации потоков, оптимизационных расчетов по расстановке скважин, определения возможного образования застойных зон, установления оптимальных условий закачки реагентов.

Также получение адекватной картины транспорта нефтяных загрязнений под площадкой завода позволит предложить способы глубинного удаления углеводородов и разработать технико-экономическое обоснование санации геологической среды от загрязнений.

Качество оказываемых услуг обеспечивается сотрудничеством с заказчиком от начала работ до полного исполнения обязательств, использованием собственных исследовательских лабораторий и наличием

необходимых свидетельств, лицензий и аттестатов аккредитаций в указанных областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмадова Х.Х., Махмудова Л.Ш.. Мусаева М.А. Грозненские техногенные залежи углеводородов: история, добыча, переработка, экологические проблемы // В мире научных открытий. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013, № 1.1 (37). – С.258-283.
2. Бабицкая К.И., Царьков И.В., Коновалов В.В. Мицеллярный раствор селективного действия для интенсификации добычи высоковязкой нефти и ограничения водопритока. Нефтепромысловое дело. 2016. № 8. С. 31-34.
3. Программная платформа Petrel URL: http://sis.slb.ru/products/petrel/ (дата обращения: 08.06.2018).
4. Лобкова Д.А., Мошина Д.С., Квасова Т.А., Тупицына О.В. Методы и программные комплексы, применяемые для оценки масштабов техногенных загрязнений// Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сборник докладов Международной научно-тех. конф. - Белгород, 2018. -С.52-55.
5. [Электронный ресурс]. URL : https://www.oil-gas.ru/companies/156/serv_prod/p523/ (дата обращения: 28.05.2019).

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

LABOR PROTECTION FOR QUARRIERS WORKERS ON THE BASIS ON THE APPLICATION OF BIOGEN DUST SUPPLY TECHNOLOGIES AND CAPSULAR REMEDIATION

A.N. Zabolotskikh, V.V. Zabolotskikh, A.V. Vasilyev, N.G. Gladyshev
Samara State Technical University, Samara, Russia

Basing on the analysis of the problem of the effects of dust from spent quarries on humans, the most effective methods are proposed: dust removal by a bio-productive mixture of vermicompost and Na-CMC and capsular reclamation of spent quarries.

ОХРАНА ТРУДА РАБОТАЮЩИХ НА КАРЬЕРАХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БИОГЕННОГО ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ И КАПСУЛЬНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

А.Н. Заболотских, В.В. Заболотских, А.В.Васильев, Н.Г.Гладышев
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

На основе анализа проблемы воздействия пыли отработанных карьеров на человека предложены в качестве наиболее эффективных методов: обеспыливание биопродуктивной смесью биогумуса и Na-КМЦ и капсульная рекультивация отработанных карьеров.

Ключевые слова**:** охрана труда работающих на карьерах, воздействие пыли на здоровье человека**,** рекультивация отработанных карьеров, биогенное пылеподавление, капсульная рекультивация, восстановление почвенного покрова.

В современной горнодобывающей промышленности до 80 % продукции добывается открытым способом. Развитие открытых горных работ является причиной резкого возрастания количества пыли в атмосфере и её негативного воздействия на работающих и на жителей прилегающих территорий. В результате негативного воздействия пыли на организм человека поражаются органы дыхания, нарушается работа сердечно - сосудистой системы, повышается риск возникновения раковых заболеваний. Обращает на себя внимание, что в процессе контакта с пылью развиваются изменения в иммунной системе, а после прекращения контакта с пылью измененные показатели иммунитета не восстанавливаются полностью до

показателей здоровых людей. Таким образом, в зоне воздействия отработанных карьеров наблюдается ухудшение показателей здоровья населения: снижение продолжительности жизни, увеличение заболеваемости (особенно органов дыхания у детей), врожденных патологий. Установлено, что при вдыхании кварцевой пыли не наблюдается процесс очищения легких, как при некоторых других видах пыли, и что смертность среди рабочих, вдыхающих кварцевую пыль, значительно выше, чем у других горнорабочих [1, 3, 5].

Пыль, образующаяся в результате добычи горных пород, вносит большой вклад в формирование пылевой нагрузки на селитебную территорию и природную среду, примыкающую к отработанным карьерам. В настоящее время данной проблеме уделяется недостаточное внимание. Существующие способы и средства снижения пылевыделения от отвалов пород или недостаточно эффективны, или являются вторичными источниками загрязнения. Поэтому развитие и внедрение биогенных методов обеспыливания для рекультивации отработанных карьеров является оптимальным решением комплексной проблемы, особенно для карьеров строительных материалов.

Проблема рекультивации отработанных карьеров особенно актуальна для территории национального парка Самарская Лука в связи с нещадным и истощительным использованием ресурсов уникального природного комплекса и негативным воздействием пыли карьеров на окружающую среду и человека.

Большинство карьеров на территории Самарской области разрабатывалось во второй половине XX века. Бурное развитие промышленной деятельности в 50-е годы, а именно постройка Волжской ГЭС имени Ленина, привело к тому, что начались разработки щебня открытым способом на горе Могутовой и в Яблоневом овраге - здесь построен Жигулевский Комбинат Строительных Материалов (ЖКСМ), поставщик шифера и цемента, известный далеко за пределами нашей страны [5]. Карьеры имеют глубины от 10 до 30 м при площадях отдельных выемок более 100 га. К одному из таких карьеров относится Жигулевский карьер строительных материалов, который вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды неорганической пылью. В настоящее время карьер является действующим. Выбросы пыли являются следствием горных работ, производимых на Жигулевском карьере и пылевыделения с отработанных поверхностей [4,5].

Другой карьер "Яблоновское месторождение" является основной сырьевой базой Жигулевского комбината строительных материалов (рис.1).

Рисунок 1 - Карьер в Яблоневом овраге

Анализ проблемы показал, что создание карьеров приводит к изменению микроклимата и первоначального рельефа местности, что значительно сказывается на ее экологической обстановке, но, несмотря на большой ущерб, наносимый действующими и отработанными карьерами строительных материалов, добыча горных пород открытым способом является самой распространенной технологией. Неорганическая пыль (около 87%), является приоритетным загрязняющим веществом в выбросах карьеров. Кроме того, Жигулевские горы сильно нарушаются горной добычей известняка, используемого для строительных нужд, в первую очередь, для производства цемента. Использование террасной нагорной добычи полезных ископаемых приводит к полному уничтожению почвенного и растительного покрова [1,5].

Гигиеническая опасность промышленной пыли определяется количеством, размерами частиц, уровнями содержания в них различных токсикантов. В подавляющем большинстве случаев наиболее опасно профессиональное влияние пыли. Давно установлено, что систематическая работа в условиях высокой запыленности приводит к повышенной заболеваемости рабочих. В России около 5 млн. чел. (примерно 17% всех работающих) трудится в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам. Ежегодно регистрируется более 10 тыс. профессиональных заболеваний и отравлений, из которых более 90% - хронические [3]. Минеральная пыль при длительном вдыхании может вызвать развитие фиброзов легких (пневмокониозов).

Для токсикологической характеристики пыли большое значение имеют ее размеры, определяющие вероятность проникновения пылевых частиц в организм человека. С этой точки зрения особую опасность представляет так называемая респирабельная (вдыхаемая) пыль, т.е. взвешенные в воздухе твердые частицы, которые при вдохе могут в значительной степени проникать вплоть до легочных альвеол и там задерживается. Как правило, частицы пыли радиусом более 5 мкм при дыхании через нос осаждаются в каналах носоглотки; частицы размером крупнее 2 мкм на 90% задерживаются до поступления в дыхательные пути. Согласно Руководству ВОЗ, к респирабельной фракции относятся частицы с размером более 0,1 мкм и менее 5-10 мкм, которые особенно долго способны находится в воздухе. В настоящее время гигиеническая опасность, исходящая от тонких частиц, составляющих существенную часть атмосферной пыли, достаточно ясна и не вызывает сомнений [1, 5].

Наряду с размерами частиц имеет значение их суммарная поверхность и масса пыли. Развитие заболевания зависит также от индивидуальной предрасположенности организма. Большое значение имеет не только попадание пыли в легкие, но и задержка ее в них. Чем лучше происходит самоочищение легких от пыли, тем меньшее ее количество остается в них и тем меньше риск возникновения пневмокониозов. Начальный этап развития любого пневмокониоза заключается в образовании пылевого депо вследствие того, что количество пыли, задерживающейся в легких при дыхании, превышает количество пылевых частиц, удаляемых из них. В среднем продолжительность периода от начала воздействия пыли до развития заболевания составляет 10-15 лет. По течению различают быстро прогрессирующие пневмокониозы (в основном силикоз, бериллиоз) и медленно прогрессирующие (например, антракоз). Возможно развитие позднего пневмокониоза (чаще силикоза, бериллиоза, асбестоза) спустя много лет после прекращения длительного контакта с пылью [3, 5].

При большинстве пневмокониозов клиническая симптоматика относительно скудная. Больные, как правило, предъявляют мало жалоб. В начальных стадиях болезни обычно отмечают небольшой, преимущественно сухой, кашель, одышку при физической нагрузке, боли в груди. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) и максимальная вентиляция легких (МВЛ) не нарушены или несколько снижены.

Силикоз - наиболее распространенная и тяжело протекающая форма пневмокониозов. Особенно неблагоприятное течение отмечается при воздействии пыли с большим содержанием свободного диоксида кремния. При воздействии пыли с малым содержанием свободного диоксида кремния (менее 10%) чаще встречаются интерстициальная и мелкоузелковая формы силикоза, которые прогрессируют реже и медленнее.

Развитие заболеваний органов дыхания тесно связано с продолжительностью воздействия пыли. В зоне воздействия отработанных карьеров наблюдается ухудшение показателей здоровья населения: снижение

продолжительности жизни, увеличение заболеваемости (особенно органов дыхания у детей), врожденных патологий.

Анализ заболеваемости взрослого населения свидетельствует о неблагополучном состоянии здоровья исследованных контингентов населения. Среди взрослых общая заболеваемость, болезни органов дыхания в 1,5 раза выше уровня по стране, существенно выше заболеваемость злокачественными опухолями, в структуре последних очень высок процент опухолей бронхов и легких, при низких абсолютных значениях заболеваемость органов крови (анемии) почти в 3 раза выше среднего уровня по стране. По ряду заболеваний (заболевания органов дыхания, кроветворения) ситуация в поселке существенно хуже, чем по городу [3,5].

Таким образом, актуальным для обеспечения безопасности работающих на карьерах так и для жителей прилегающих территорий является разработка эффективных способов обеспыливания и пылеподавления.

Важным фактором эффективного снижения пылеобразования на поверхностях внешних отвалов является создание связной структуры в верхнем слое покрытия, которая обеспечивала бы его повышенные прочностные свойства. Возникает необходимость в выработке научно обоснованных мероприятий по рекультивации и эффективному созданию биогенного покрытия на обнаженных карбонатных породах и воспроизведению на подготовленной почве естественных ландшафтов.

Анализ технологий рекультивации и восстановления карьеров Самарской Луки показал, что из мероприятий рекультивации карьеров применялся только метод нанесения рыхлого гумусированного материала на скальный субстрат. Это приводило к формированию реплантоземов. Недостатком такого метода является быстрая потеря плодородного слоя почвы, частичная рекультивация участков карьера без покрытия склонов карьера. Несмотря на относительно высокое плодородие наносимого гумусированного слоя, зарастание поверхности реплантоземов происходит медленно, наблюдается смыв почвенного мелкозема с террасы на террасу, потеря продуктивного слоя почвы, снижение эффективности рекультивационных работ.

На основе анализа существующих методов рекультивации карьеров нами разработан комплекс мер для создания почвенного покрова на отвалах и склонах карьеров.

1). Биогенное обеспыливание. Снижение пылевой нагрузки на селитебную территорию и природную среду от аэротехногенного воздействия отработанных карьеров можно осуществлять уменьшением пылевыделения на основе нанесения на их поверхность защитного биогенного слоя, состоящего из смеси биогумуса и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы в соотношении 99% биогумуса и 1% Na-КМЦ.

Проведена серия опытов по определению адгезионных и биопродуктивных свойств натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-

КМЦ). Эта соль имеет химическую формулу $(C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2COONa)_x]_n$, где n = 300 – 1000. Она представляет собой аморфное бесцветное вещество плотностью 1,59 г/см^3. Обладая температурой размягчения 170°С, натриевая соль КМЦ растворима в воде, а также в водных растворах щелочей, аммиака и хлорида натрия, причем степень растворимости обуславливается степенью этерификации целлюлозы. В водных растворах Na-КМЦ, проявляя свойства поверхностно-активного вещества, хорошо совмещается с другими водорастворимыми органическими веществами, например с биогумусом. Соединение деструктируется в водных растворах минеральных кислот и щелочей в присутствии кислорода. Из водных растворов Na-КМЦ формируются прозрачные пленки, характеризующиеся относительным удлинением 8-15 %. Na-КМЦ используют в качестве загустителя и стабилизатора глинистых суспензий, загущающего агента в текстильном производстве, в качестве обойного клея.

При этом эффективность способа пылеподавления определяется толщиной наносимого биогенного защитного слоя и зависит от скорости ветра, при величине которой, не превышающей 12 м/с, нанесение биогенного защитного слоя толщиной 2,5 см приводит к снижению количества пыли, выделяемой с поверхности карьеров, в 14 – 16 раз.

Важным фактором эффективного снижения пылеобразования на поверхностях внешних отвалов является создание связной структуры в верхнем слое покрытия, которая обеспечивала бы его повышенные прочностные свойства.

Мероприятия по закреплению пылящих поверхностей включают работы, связанные с нанесением биопродуктивных мелиорантов на пылящие поверхности, обеспечивающие их структурирование и устойчивость против ветровой эрозии.

Система пылеподавления на основе применения смеси гумуса, Na-КМЦ и семян растений состоит из 3 основных этапов: приготовление гумуса нужного фракционного состава; смешивание гумуса, Na-КМЦ и семян растений; нанесение полученной смеси на пылящую поверхность.

Важным этапом при подготовке гумуса является его отделение от остальных побочных продуктов, а также получение удобрения необходимого гранулометрического состава. Для этого обычно применяют вибросито или фракционный сепаратор.

2). Капсульная рекультивация. Следующим этапом в рекультивации карьеров является технология получения капсульных почвообразователей. Данный метод даёт возможность использовать капсулы со смесью биоактивных веществ и семян устойчивых культур для рекультивации нарушенных горными работами земель [1].

Технологические подходы капсульной рекультивации разрабатывались нами на основе анализа существующих методов капсульной рекультивации и экспериментальных исследований различных капсульных смесей (рисунок 2). В ходе эксперимента предварительно было проведено моделирование

капсулосодержащего состава для отработанных известняково – карбонатных карьеров. Цель - аккумулировать наиболее быстрый процесс задернения верхнего слоя почв в условиях экстремально низкого содержания влаги; активизировать капсулы более сложного состава, где семена начинают прорастать на уже подготовленных территориях.

При разработке капсул были обоснованы следующие составы:

- внесение мелиорантов для улучшения свойств почвы;

-внесение минеральных удобрений для регулирования баланса питательных веществ в почве;

- внесение смесей семян многолетних устойчивых сортов растений для быстрого задернения, создания травостоев многолетних трав;

- биоактивные добавки для активации процессов трансформации веществ и ускоренного гумусообразования.

В результате экспериментальных исследований были получены биоактивные капсулы различного состава со смесями семян и минеральными добавками.

Активация капсулы приводила не только к быстрому прорастанию семян в условиях низкой влажности, но и к ускорению процесса дернообразования.

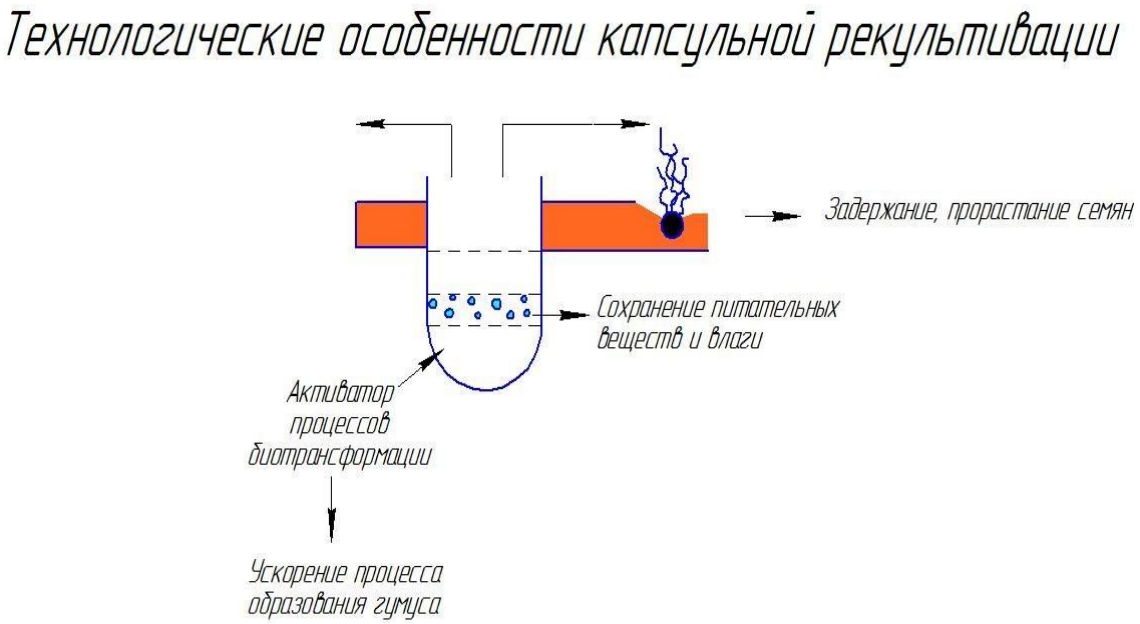


Рисунок 2 - Технологические особенности капсульной рекультивации

Капсульный почвообразователь можно эффективно применять для рекультивации больших площадей, в том числе и наклонных. Кроме того, он сокращает расход материала рекультиванта, позволяет в течение одного вегетационного периода восстановить почвенный покров рекультивируемых отвалов и хвостохранилищ, создать травяной покров.

Таким образом, эффективное снижение пылеобразования на поверхностях отработанных техногенных массивов планируется за счёт

создания связной структуры в верхнем слое покрытия, которая обеспечивала бы его повышенные прочностные свойства. Биогенный способ снижения пылевыделения с отработанных техногенных массивов заключается в нанесении на пылящие поверхности стационарных источников пылевыделения смеси с ее одновременным естественным или искусственным увлажнением и внесением семян трав. Это создаёт основу для формирования прочного задернованного биопродуктивного слоя. Следующим этапом рекультивации предложена рекультивация капсульным почвообразователем. В качестве компонентов предлагается использовать стимуляторы роста растений, семена или саженцы.

В результате проведённых исследований авторами разработан комплекс мероприятий по рекультивации отработанного карьера на территории Самарской Луки. Предварительные расчёты показали, что суммарная величина предотвращенного ущерба в результате природоохранных мероприятий, основанных на укрепление смесью биогумуса и Na-КМЦ пылящих поверхностей техногенных массивов площадью 17 га соответственно, составляет около 180 тыс. руб. для Жигулевского карьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов Е.В. Почвообразование и восстановление растительности на карьерах Жигулевского государственного заповедника / Е.В. Абакумов, В.П. Вехник, В.Ф. Малышева, Е.Ф. Малышева // Сборник трудов Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Гумус и почвообразование – СПб., ГАУ, 2006. - С. 34-36.
2. Бульбашев А.П., Шувалов Ю.В. Борьба с пылью на карьерах по добыче строительных материалов. - СПб: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2006. - 208 с.
3. Ковшов С.Н. Обоснование параметров биогенного способа снижения аэротехногенного воздействия внешних отвалов на рабочее пространство карьеров строительных материалов: Автореф. дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. / Санкт-Петербургский государственный горный университет. - СПб., 2010.
4. Чупров В.П., Заболотских В.В. Разработка технологии рекультивации отработанных карьеров на основе биогенного обеспыливания / Каталог молодёжных экологических инициатив (проектов) "ЭКОТОЛЬЯТТИ" в рамках шестой научно-практической конференции "Актуальные проблемы экологии и пути их решения", г. Тольятти, 30 ноября -1 декабря 2012 г. : изд-во Самарского научного центра РАН, г. Самара, 2012.- 115 с.
5. Яблоневый овраг: Экологическое состояние антропогенно нарушенной территории. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып.10 / Под ред. Г.С.Розенберга. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. – 97 с.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

DEVELOPMENT OF A MODEL OF PHOTOBIOROREACTOR SET IN A LABORATORY ENVIRONMENT TO CULTIVATE MICROALGAE AS A SOURCE TO OBTAIN ALTERNATIVE ENERGY

V.V. Zabolotskikh, L.A. Smakhtina, M.Y. Evleeva
Samara State Technical University, Samara, Russia

Basing on the experimental studies results and the analysis of existing technologies for cultivation of microalgae, the authors have developed a processing unit for growing chlorella to produce various types of biological fuel.

Key words: microalgae cultivation, photobioreactor, biofuel

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УСТАНОВКИ ФОТОБИОРЕАКТОРА В ЛАБОРАТОРНОЙ СРЕДЕ ДЛЯ КУЛЬТИВАЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ КАК ИСТОЧНИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

В.В. Заболотских, Л.А. Смахтина, М.Ю. Евлеева
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Основываясь на результатах экспериментальных исследований и анализе существующих технологий для культивации микроводорослей, авторы разработали установку для выращивания хлореллы в целях производства различных видов биотоплив.

Ключевые слова: культивация микроводорослей, фотобиореактор, биотопливо

В мире в настоящее время потребляет около 30 млрд. баррелей нефти в год или 3440 миллионов литров нефти ежедневно.

Запасы ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и природный газ, являются невозобновляемыми источниками энергии и постепенно истощаются. Использование ископаемых видов топлива в двигателях внутреннего сгорания или газовых турбинах приводит к выбрасыванию в атмосферу парниковых газов и других экологически вредных компонентов.

В связи с удорожанием ископаемых энергоресурсов, с дефицитом энергоресурсов и с угрозой глобального изменения климата необходим поиск альтернативных источников энергии.

Водоросли - это источник энергии и метод борьбы с глобальным потеплением. Водоросли относятся к числу наиболее быстро растущих растений во всем мире, и на 50% состоят из масел, которые используются для производства биодизельного топлива. В настоящее время насчитывается около 65000 известных видов водорослей, а сотни тысяч еще предстоит определить.

В последние годы возрастающее глобальное производство биотоплива из сельскохозяйственных культур и растительного масла стало более дорогостоящим, что частично связанно с ростом цен на удобрения и транспорт. Производство масел из зеленых водорослей с использованием недорогих отходов - очень привлекательная альтернатива для биотоплива следующего поколения. Очевидным преимуществом использования масла зеленых водорослей вместо масла, полученного из продовольственных культур, является то, что оно не конкурирует с продуктами питания и не влияет на продовольственные цены.

Основными преимуществами биотоплива являются бережное отношение к природе, отсутствие вредного воздействия, высокая эффективность и низкая стоимость по сравнению с традиционным топливом. К основным видам биотоплива относятся: биодизель, бионефть, биогаз и биоэтанол.

Целью нашей работы было разработать фотобиореактор для культивирования микроводорослей в замкнутой экологической системе жизнеобеспечения. Для исполнения данной цели мы выполнили ряд задач: изучили основные факторы, которые влияют на рост микроводорослей; провели сравнительный анализ основных способов культивирования микроводорослей; создали модельную установку для выращивания хлореллы с целью дальнейшего получения из них биотоплива в лабораторных условиях.

В работе мы использовали разные методы исследования: анализ материальных потоков; наблюдение; аналитический метод микробиологического анализа; моделирование; обработку и сравнение полученных результатов.

Хлорелла является быстро размножающейся микроводорослью, которая за сутки увеличивает свою биомассу в 5 раз. Этот эффект объясняется тем, что она поглощает много углекислого газа и соответственно выделяет много кислорода. Вода обогащается кислородом выше уровня насыщения, а концентрация хлореллы составляет примерно 10 мг/л. [5]

Хлореллу выращивают в специальных цехах, которые обычно имеют вид теплицы и состоят из помещения для производственного культивирования, лаборатории, склада для химикатов и баллонов с диоксидом углерода, помещения для приготовления растворов. Общая схема производственного процесса по выращиванию хлореллы состоит из этапов

подготовки питательных и газовых сред, приготовления инокулята (вещество, используемое в качестве питательного материала для введения в ткани растений, животных, человека), культивирования водоросли, выдачи готовой продукции, промывки и дезинфекции технологического оборудования.

В лаборатории готовят инокуляты, которые подают затем в производственные культиваторы. В 1 мл инокулята содержится 1–3 млн клеток хлореллы. В производственных культиваторах начальная плотность суспензии составляет 2–5 млн, конечная – не менее 60–125 млн клеток хлореллы в 1 мл.

В рабочих культиваторах (бассейнах) закрытого типа автоматически поддерживают температуру на уровне 20–28 °С и постоянное освещение. В них подается питательный раствор определенного состава с pH 6–7. В раствор входят различные макро- и микроэлементы. Подающаяся в культиватор газовая смесь содержит до 2 % диоксида углерода. Содержимое культиватора непрерывно перемешивается. В 1 л суспензии накапливается в среднем 3,5 г сухого вещества хлореллы. В культиваторах открытого типа плотность суспензии меньше. При их использовании усиливается зависимость процесса выращивания хлореллы от погодных условий. В таких культиваторах целесообразно выращивать мезофильные штаммы водоросли, выдерживающие колебания температуры от 5 до 30 °С.[9]

Для культивирования хлореллы можно использовать специальные установки (биореакторы) производительностью 800, 3200, 8000 и 9600 литров суспензии в сутки. Биореактор хлореллы представляет собой установку 5 емкостей по 1000 литров для суспензии хлореллы с источниками света. В комплект установки также входят и другие устройства, обеспечивающие оптимальные условия для размножения хлореллы в специальной питательной среде.

Разные технологии выращивания хлореллы предусматривают применение не только диоксида углерода в баллонах и питательных растворов на основе минеральных солей, но и использование в качестве источников минерального питания органических, органоминеральных смесей, жидкого навоза. Выбор источника питания зависит от дальнейшего назначения выращиваемой хлореллы. [11]

Принцип работы установок основан на использовании светового фактора как необходимого условия фотосинтеза и роста хлореллы в специальной питательной среде в определенном температурном диапазоне. Общий цикл работы биореактора – четверо полных суток (до нарастания необходимой плотности клеток хлореллы в суспензии). Сам процесс выращивания микроводоросли состоит из четырех этапов: запуска биореактора в работу; культивирования хлореллы; слива готовой суспензии хлореллы; подготовки биореактора к следующему запуску.

Зеленые водоросли просты в содержании, быстро растут и представлены множеством видов, использующих энергию солнечного света для

осуществления фотосинтеза. Фотосинтез - биологический процесс, который производит биомассу (сахара или липиды), кислород и высокоэнергетические молекулы АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) из углекислого газа (CO_2) и воды. Всю биомассу, будь то сахара или жиры, можно превратить в биотопливо, чаще всего в биоэтанол и биодизельное топливо. Кроме того, поскольку водоросли потребляют CO_2 в процессе фотосинтеза, они являются идеальным, дешевым и экологически чистым способом эффективного удаления этого газа из атмосферы.

В период жизнедеятельности микроводорослей происходит гибель болезнетворных бактерий. Микробы, имеющие паратрофный тип питания (патогены), в высококонцентрированной живой биомассе хлореллы погибают.

Выделяя в процессе фотосинтеза молекулярный кислород, хлорелла обеспечивает также окисление аммонийных солей в нитриты и нитраты, которые достаточно быстро усваиваются ею для построения своего тела, благодаря этому концентрация нитратов на выходе приближена к нулю. [12]

Теоретическими и некоторыми практическими работами доказано, что благодаря хлорелле можно получать: биотопливо третьего поколения (биодизель из водорослей); пищевые добавки; пищевые продукты; лекарства и БАД; корм для с/х животных; системы очистки и регенерации чистого кислорода.

Водоросли имеют простые требования для произрастания и они хорошо себя чувствуют в бедной по минеральному составу среде. Водорослям нужна только вода, солнечный свет, углекислый газ и азота, меньше чем сельскохозяйственным растениям. Некоторые водоросли могут расти не только в фототрофных условиях (в присутствии света и углекислого газа в качестве источника углерода), но и при гетеротрофных условиях (при отсутствии света, но при наличии глюкозы и других органических молекул в качестве сырья). Гетеротрофное выращивание водорослей с использованием сахара как источника углерода, приводит к значительно большему содержанию масел в водорослях по сравнению с водорослями, выращенными в фототрофных условиях. Но использование глюкозы для гетеротрофного роста водорослей и добычи масла является дорогостоящим и конкурирует с рынком продуктов питания. Дешевым способом является тот, в котором водоросли используют собственные продукты фотосинтеза для достижения значительной биомассы и производства масел [5, 8].

Питательные вещества как азот (N), фосфор (P), и калий (K), важны для роста водоросли и являются основными частями удобрения. Углекислый газ повышает производительность и урожай. Как правило, приблизительно 1,8 тонны будут использоваться за тонну водорослевой биомассы (сухой), хотя это меняется в зависимости от разновидностей морских водорослей.

Возможный питательный источник - сточные воды, которые являются главными загрязнителями и представляют риск для здоровья. Однако эти сточные воды не могут накормить морские водоросли непосредственно и

должны сначала быть обработаны бактериями посредством анаэробного вываривания. Тяжелые металлы и другие загрязнители в сточных водах могут уменьшить способность клеток произвести липиды биосинтетическим образом и также повлиять на различные другие работы в оборудовании клеток. Если сточные воды не будут обработаны, прежде чем они достигнут морских водорослей, то они загрязнят морские водоросли в реакторе и убьют большую часть морских водорослей. [4]

При получении биогаза органические отходы часто преобразовываются в смесь углекислого газа, метана и органического удобрения. Органическое удобрение является жидкостью, которая подходит для роста морских водорослей, но она должна сначала чиститься и стерилизоваться.

В настоящий момент различают следующие поколения биотоплива (см. рис. 1): пищевые масло- и сахаросодержащие наземные растения; непищевые и целлюлозосодержащие растения; непищевые водные растения, т. е. водоросли.

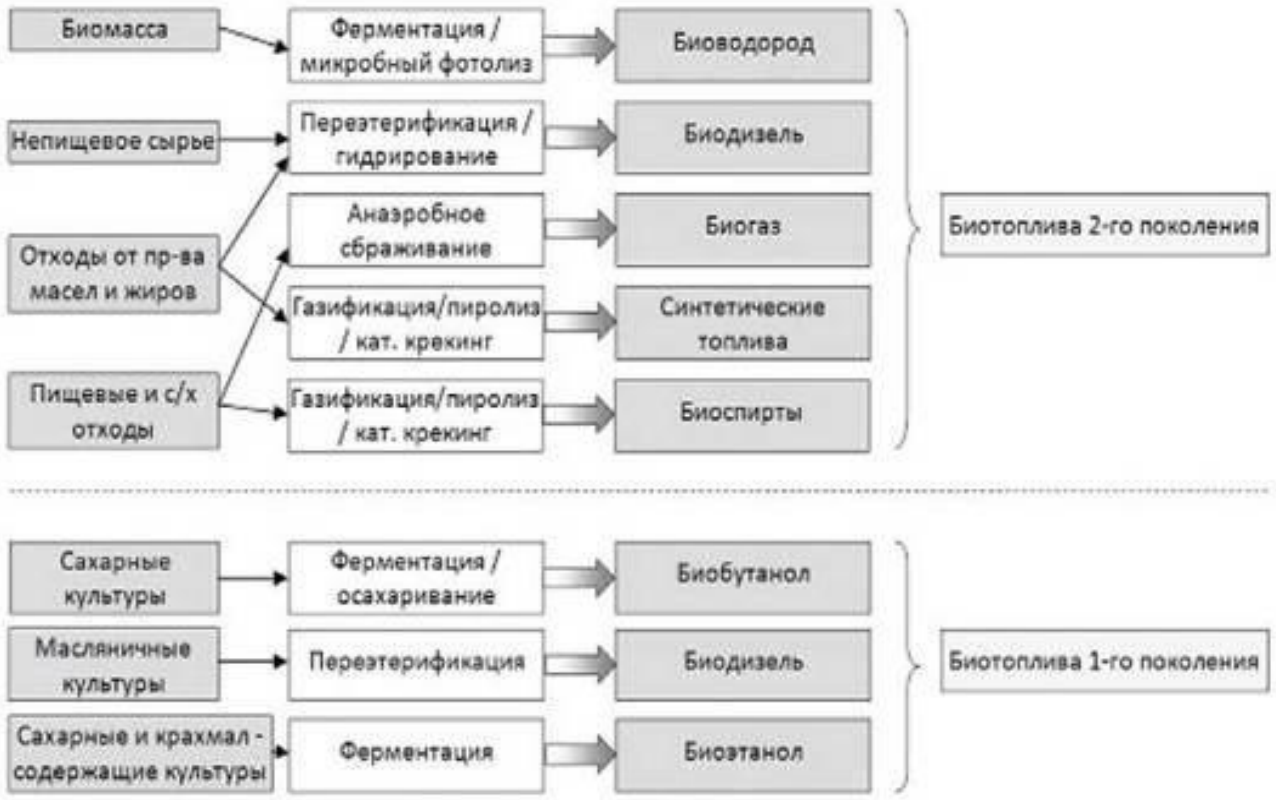


Рисунок 1 - Упрощенная классификация поколений биотоплива [1]

Биотопливо первого поколения изготавливают из сахара, крахмала, растительного масла и животного жира, используя традиционные технологии. Основными источниками сырья являются семена или зерно. Например, из семян рапса извлекают растительное масло, которое затем может быть использовано в биодизеле. Из пшеницы получают крахмал, после его сбраживания — биоэтанол [2].

Основной проблемой в производстве топлива из биомассы является продовольственная безопасность, поскольку биотопливо первого поколения производится из сельскохозяйственных культур, входящих в пищевую цепочку людей и животных (кукуруза, соя, масличная пальма, рапс, сахарный тростник, пшеница, рожь). Поскольку население Земли растет и требуется все больше пищи, то использование площадей для производства биотоплива уменьшает количество доступных продуктов питания и увеличивает их себестоимость.

Биотопливо второго поколения производится из непищевого сырья. Источниками сырья являются лигноцеллюлозные соединения, остающиеся после того, как пригодные для использования в пищевой промышленности части растительного сырья удаляются. Для этой цели также могут быть использованы быстрорастущие деревья и травы (тополь, ива, мискантус, ятрофа и другие). Эти растения не конкурируют с продовольственными культурами. Они могут произрастать на склонах, холмах, в оврагах, а также на непродуктивных и вырождающихся землях, иногда даже с перспективой восстановления этих земель. Для их выращивания можно использовать минимальное количество воды, удобрений, пестицидов и техники [13].

Но больший интерес приобретает развитие третьего поколения биотоплива. Эффективной возобновляемой биомассой, для которой не нужны пахотные земли и пресная вода, являются водоросли. Это простые организмы, приспособленные к росту даже в загрязненной или соленой воде. Определяющими факторами для накопления биомассы водорослями являются: интенсивность солнечной радиации; температура воды; наличие биогенных элементов; концентрация углекислоты.

Водоросли включают в себя множество видов как одноклеточных, так и многоклеточных организмов. Они состоят из белков, углеводов, жиров и нуклеиновых кислот. Процентное содержание этих веществ зависит от вида водоросли.

Экспериментальным путем на собранном нами в лабораторных условиях в фотобиореакторе мы вырастили микроводоросли. С помощью современного микроскопа определили, что это хлорелла. Выяснили, что для ее роста и развития необходимы углекислый газ, вода, свет и тепло. Опытным путем определили, что микроводоросли растут и размножаются в закрытых и открытых системах. Автоклавным способом, в условиях высокого давления и температуры мы экстрагировали липиды из хлореллы. Это позволяет в перспективе получать различные виды биотоплива.

Зеленые водоросли просты в содержании, быстро растут в пресной и в соленой воде, в промышленных стоках, где используются для очистки [1, 3].

Используют энергию солнечного света для осуществления фотосинтеза. Фотосинтез - биологический процесс, который производит биомассу (сахара или липиды), кислород и высокоэнергитические молекулы АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) из углекислого газа CO_2 и воды. Всю биомассу, будь то сахара или жиры, можно превратить в биотопливо, чаще

всего в биоэтанол и биодизельное топливо. Они не имеют жесткой оболочки и практически лигнина, что технологически делает их переработку в жидкие виды топлива более простой и эффективной, чем переработка биомассы из любого наземного сырья [12].

Так как водоросли представляют собой непищевую биомассу, ее использование для производства топлива не представляет угрозы продовольственной безопасности. Они производят в 15-100 раз больше масла с гектара, чем альтернативные наземные культуры — рапс, масличная пальма, соя или ятрофа.

Кроме того, поскольку водоросли потребляют CO_2 в процессе фотосинтеза, они являются идеальным, дешевым и экологически чистым способом эффективного удаления этого газа из атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов О.А. Промышленные установки для культивирования микроорганизмов. Обзор. М. :ВНИИБиотехника, 1973. 20 с.
2. Батыров А.Ш. К вопросу о культивировании микроводорослей с использованием солнечной энергии. - Инф. листок НИИНТИ. Ашхабад, 1981. 1920 с.
3. Белянин В.Н., Сидько Ф.Я., Тренкеншу А.П. Энергетика фотосинтезирующей культуры микроводорослей. Новосибирск: Наука, 1980. 134 с.
4. Варфоломеев С.Д., Калюжный С.В. Биотехнология: Кинетические основы микробиологических процессов. М. :Высш. шк., 1990. 296 с.
5. Грачева И.М., Иванова Л.А., Кантере В.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и биоэнергия. М.: Колос, 1992. 383 с.
6. Демидов Э.Д., Керимов С.Х., Бородин В.Б., Белл Л.Н. Фотосинтез и фотодыхание клеток хлореллы, адаптированных к низким и высоким концентрациям углекислоты. Физиология растений. М., 1980. С. 1018-1023.
7. Жаворонков В.А., Казенин Д.А., Карлов С.П., Шитиков Е.С, Глущук Л.П., Гладышев П.А. Специфика процессов переноса в фотобиореакторах. М., 1997. С. 59-66.
8. Жаворонков В.А. Разработка фотобиореакторов для интенсивного культивирования микроорганизмов. М., 1987. С. 5-6.
9. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов.М. : Лесная промышленность, 1979. 344 с.
10. Корягин В.В. Процессы и аппараты для микробиологических производств. Биотехника-86. М., 1986. С. 10-11.
11. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. Пер с англ.М.: Мир, 1985. С 20-21.
12. Малек И., Фенцель 3. Непрерывное культивирование микроорганизмов. М.: Пищевая промышленность, 1968. 346 с.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING MERCURY-CONTAINING WASTE AT THE ENTERPRISES OF THE CITY OF VORONEZH AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL MEASURES

A. V. Zvyagintseva, M. V. Verbitskaya
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The impact assessment of the company «EVO» Voronezh on the environment and analysis of technologies for processing mercury-containing waste. The conformity of the amount of pollutants to the values of MPC, MPV, and the need to submit recommendations to reduce pollutants in process emissions, discharges, thereby reducing the negative impact on the OPS. Measures for the protection of atmospheric air from mercury vapor are proposed.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРОДА ВОРОНЕЖА И РАЗРАБОТКА ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А.В. Звягинцева, М.В. Вербицкая
Воронежский государственный технический университет, г.Воронеж

Проведена оценка воздействия предприятия ООО «ЭВО» г. Воронеж на окружающую среду и анализ технологий переработки ртутьсодержащих отходов. Определены соответствия количества загрязняющих веществ значениям ПДК, ПДВ, и обусловлена необходимость рекомендаций для снижения загрязняющих веществ в технологических выбросах, сбросах, тем самым, снижая отрицательное воздействие на ОС. Предложены мероприятия по охране атмосферного воздуха от паров ртути.

Общество с ограниченной ответственностью «ЭВО» расположено в г. Воронеже на территории левобережных очистных сооружений (ЛОС), рис. 1. Основной вид деятельности - сбор, транспортировка, хранение и переработка ртутьсодержащих отходов. ООО «ЭВО» принимает от предприятий и организаций на утилизацию ртутьсодержащие отходы, в которые входят: вторичная ртуть (ртуть с примесями) - 1 класс опасности; приборы с ртутным заполнением - 1 класс опасности; грунт, загрязненный ртутью - 1 класс опасности; ртутьсодержащие лампы (люминесцентные, дуговые) - 1 класс опасности.

На предприятии имеется специально оборудованная площадка для временного хранения ртутьсодержащих отходов. До сдачи на ртуть в перерабатывающее предприятие на ней хранятся вторичная ртуть, ступпа, сорбенты и фильтрующие элементы, отработанные по ртути (рис. 2).

Режим работы ООО «ЭВО»-260 дней в году, двухсменная работа по 6 часов в смену. Нормативная производительность участка при этом составит 600 тыс. ламп. Участок включает в себя:

- помещение для хранения отработанных ламп, ступпы и демеркуризированного стеклобоя:
- отделение демеркуризации отработанных ламп;
- отделение разборки ДРЛ;
- компрессорная;
- служебные и бытовые помещения;
- щитовые КИП и электроснабжения;
- приточные и вытяжные венткамеры [1].

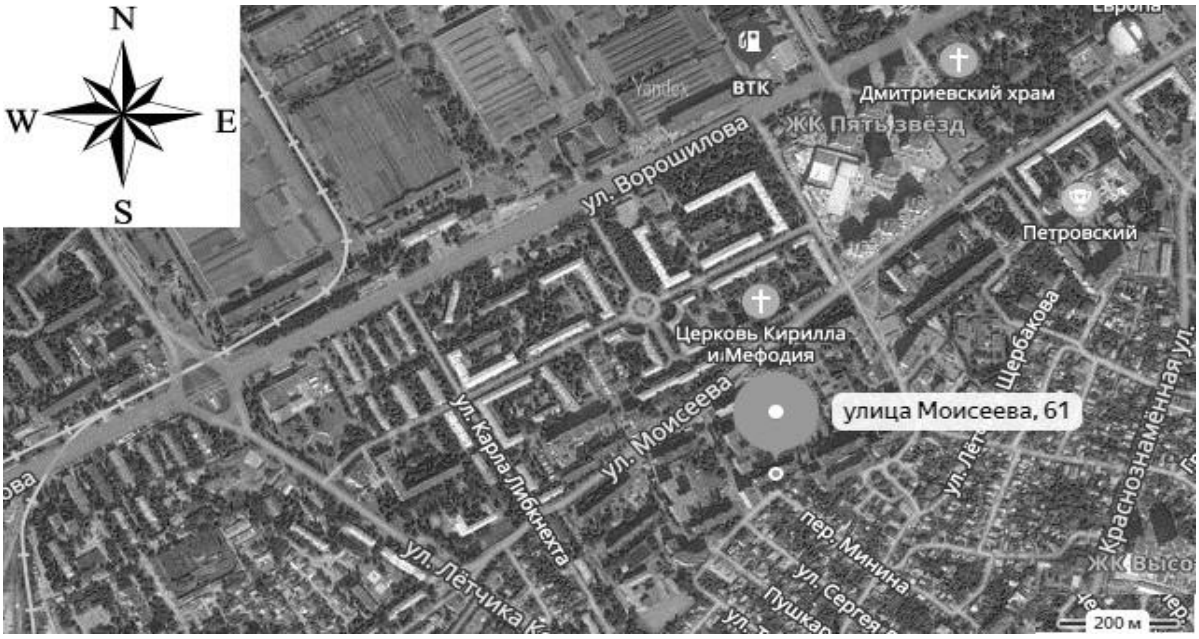


Рисунок 1 – Расположение объекта

На рис. 2 представлена карта схема промышленной площадки.

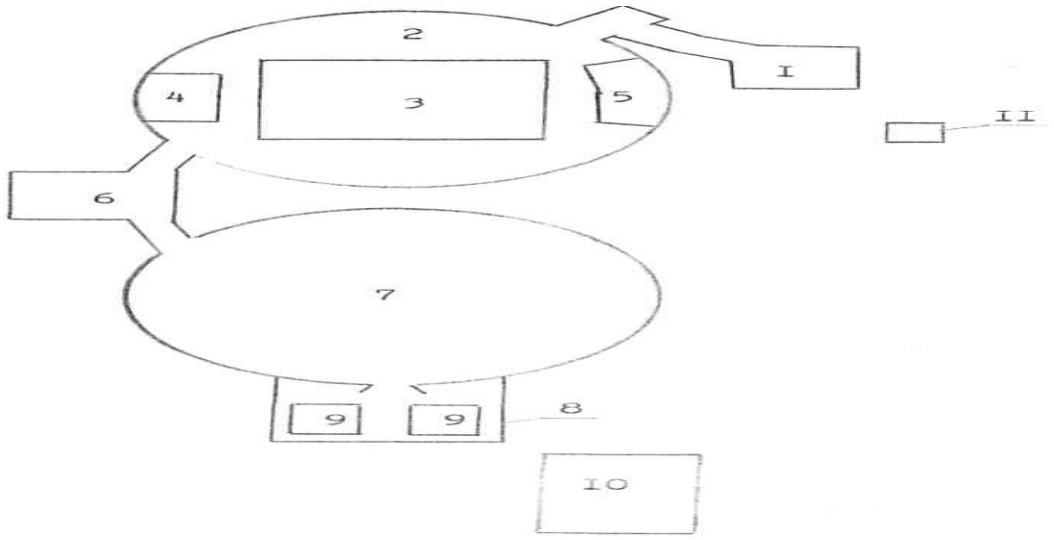


Рисунок 2 - Карта-схема промышленной площадки:

1. Бытовые помещения. 2. Цех. 3. Установка демеркуризации ртутьсодер-жащих ламп. 4. Комната разборки ДРЛ. 5. Площадка для временного хранения ртутьсодержащих отходов. 6. Электрощитовая. 7. Склад. 8. Погрузочно-разгрузочная площадка. 9. Контейнеры для демеркуризированного стеклобоя. 10. Площадка для временного складирования упаковочного картона. 11. Контейнер для бытовых отходов

В основе технологического процесса лежит термическое выпаривание ртути с последующей ее конденсации, в результате которой образуется ступпа, которую «ЭВО» отправляет на дальнейшую переработку в г. Краснодар на предприятие ОАО «КубаньЦветМет». Основные технологические операции сводятся к следующему (рис. 3): распаковка ртуть содержащих ламп на складе; загрузка ламп в дробилку; дробление ламп на куски размером не более 30 мм; термообработка ламп в печи, где ртуть переходит в газообразное состояние: выгрузка демеркуризированного стеклобоя из печи в специальные контейнеры.

Материальный баланс рассчитан на разовую загрузку установки - 100 шт. люминесцентных ламп и представлен в табл. 1. Из табл. 1 видно, что более 99% ртути из ламп переводится в продукты, отправляемые на ртутьперерабатывающее предприятие: 72% ртути переходит в ступпу и 27,1% сорбируется на поглотители, т. е. переходит в отработанный сорбент. Общие потери ртути при переработке ламп составляют менее 1% от ртути, находящейся в лампах, потери ртути со стеклобоем составляют 0,877% и с технологическими газами в окружающую среду теряется $1 \cdot 10^{-3}$ % ртути.

Установка демеркуризации ламп УДЛ-150М, используемая на ООО «ЭВО», имеет производительность 150 ламп/час. Годовая производительность составляет: 48·96·150 = 691200 ламп. Коэффициент безотходности рассматриваемого технологического процесса Кб. =0,0074.

Таблица 1

Материальный баланс по ртути (на 100 ламп)

Приход	Количество				Расход	Количество			
	Кг	Содержание ртути в %	Кол-во ртути кг	Выход ртути в %		Кг	Содержание ртути в %	Кол-во ртути кг	Выход ртути в %
Лампы отработанные	45	0,02	$9 \cdot 10^{-3}$	100	Ступпа	$8,5 \cdot 10^{-3}$	76	$6,48 \cdot 10^{-3}$	72
Сорбент (ХПР)	28	———	———	———	Отработанный сорбент	28,0	$9 \cdot 10^{-3}$	$2,43 \cdot 10^{-3}$	27,122
					Стеклобой демеркуризованный	44,95	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$	0,877
					Стеклянные колбы	0,04	———	———	———
					Технологические газы			$9 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Всего	73	-----	-------	-----	Всего	73	--------	$9 \cdot 10^{-3}$	100

Рисунок 3 - Схема процесса демеркуризации

Во время проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу выявлены следующие источники выделения ЗВ: тележка, элеватор, загрузочное устройство, дробилка, адсорбер, конвейер, контейнер для приема демеркуризированного стеклобоя, стол разборки ДРЛ и дробилка горелок ДРЛ. Загрязняющие вещества из указанных источников выделения поступают либо в технологические газы, либо в воздух вытяжной вентиляции и все вместе поступают выхлопную трубу предприятия, откуда отбираются пробы воздуха для анализа на содержание ртути и неорганической пыл при контроле норм ПДВ (табл. 2).

Таблица 2

Перечень и количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу «ЭВО»

Вещества	Количество			
	По проекту		Результаты контроля за 2004г	
	т/год	г/с	т/год	г/с
Ртуть металлическая	$2{,}34\cdot10^{-5}$	$1{,}3612\cdot10^{-6}$	$1{,}47\cdot10^{-5}$	$0{,}68\cdot10^{-6}$
Пыль неорганическая	0,02144	0,00068	0,0047	0,00022

Обнаруженные превышения связаны с 1) поставкой клиентами ООО «ЭВО» большого количества битых люминесцентных ламп; 2) отработкой сорбента ХПР в адсорбере для очистки технологических газов от остаточной ртути.

После разъяснения клиентам правил сбора, хранения и транспортировки б/у люминесцентных ламп, количество поставляемого боя резко уменьшилось. После обнаружения превышения ПДК ртути для воздуха рабочей зоны была проведена внеочередная демеркуризация цехового помещения, что способствовало уменьшению содержания ртути в воздухе рабочей зоны до количества меньшего чувствительности методики определения (табл. 3).

Превышение норм ПДВ по ртути устраняли путем дозасыпки сорбента ХПР или его полной замены в адсорбере для очистки технологических газов от ртути. В соответствии с программой производственного контроля, согласованной с ЦГСЭН в г.Воронеже, на предприятии организованно следующее наблюдение за состоянием окружающей среды.

Отчеты о проведении наблюдения за состоянием окружающей среды в местах временного хранения отходов с результатами анализов представляются в контролирующие органы ежеквартально.

Таблица 3

Сводные данные производственного контроля на предприятии за состоянием окружающей среды

№ п/п	Объект контроля и определяемое вещество	Место контроля	Количество проб	Периодичность контроля
1	Воздух рабочей зоны (ртуть)	Площадка для временного хранения ртутьсодержащих отходов	1	1 раз в 10 рабочих дней при работающей установке, 1 раз в месяц при неработающей
2	Воздух санитарно-защитной зоны (ртуть)	СЗЗ, погрузочно-разгрузочная площадка	2	1 раз в квартал при работающей установке
3	Почва (ртуть)	То же	3	1 раз во II-ом квартале; 1 раз в III-ем квартале

Мероприятия по охране атмосферного воздуха следующие:

- установка демеркуризации работает под разряжением, что исключает выделение паров ртути в атмосферу;
- технологические пары от установки демеркуризации проходят очистку в адсорбере на сорбенте ХПР до сброса в атмосферу;
- в местах возможного выделения паров ртути (падающий элеватор, шкаф для разборки ДРЛ, узел загрузки ламп в дробилку, ловушки для ртути), а также при ремонте оборудования предусмотрены местные отсосы с очисткой запыленного воздуха в адсорбере;
- в местах возможного выделения пыли (стекло, люминофор) в местах пересыпки, дробления и сортировки демеркуризованного стеклобоя предусмотрены аспирационные отсосы с очисткой запыленного воздуха в рукавном фильтре.

Проанализировав деятельность предприятия ООО «ЭВО», можно сделать вывод о незначительном влиянии данного предприятия на экологию г. Воронеж. В целях предотвращения заражения населения в случаи чрезвычайной ситуации парами ртути данное предприятии находится в санитарно-защитной зоне ОАО «Воронежсинтезкаучук». Для того чтобы избежать загрязнения атмосферного воздуха установлено оборудование для очистки отходящих газов, более подробно в работе [2]. Предложенное дополнительное техническое решение – Газонейтрализаторы СОЛАР, рис. 4.

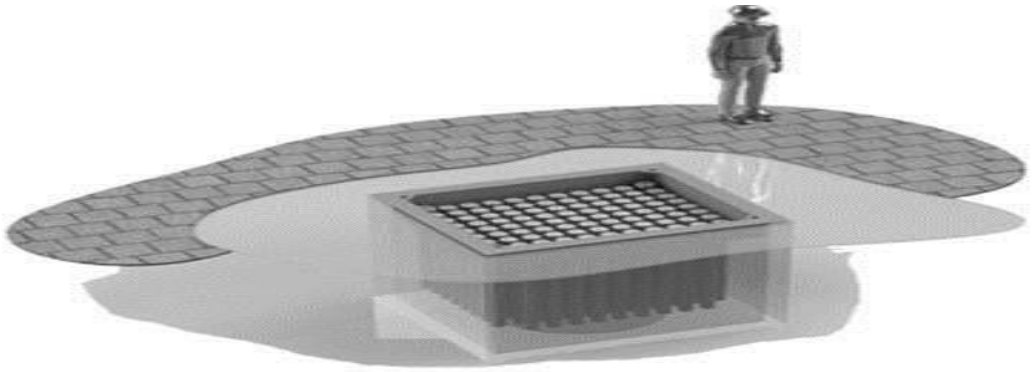


Рисунок 4 - Газонейтрализаторы СОЛАР

Основным элементом биофильтра для очистки воздуха, как и водоочистного биофильтра, является фильтрующий слой, который сорбирует токсические вещества из воздуха. Далее эти вещества в растворенном виде диффундируют к микробным клеткам, включаются в них и подвергаются деструкции. В качестве носителя для фильтрующего слоя используются природные материалы. Эти материалы содержат в своем составе различные минеральные соли и вещества, необходимые для развития микроорганизмов. Очиститель воздуха (газов) может активно работать при влажности воздуха от 60% до 100% включительно, так как все химические реакции нейтрализации вредных выбросов происходят с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов (ферментами), а микроорганизмы лучше развиваются во влажной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Участок демеркуризации отработанных ртутных ламп. Часть технологическая. Пояснительная записка ЭРС при ВНИИР КПО «Резерв» [Текст] / г. Воронеж, 1990г, арх.№14-89,ТХПЗ.
2. Звягинцева А.В., Лутовац М. Анализ технологии переработки опасных ртутьсодержащих отходов на предприятии города Воронежа и оценка его воздействия на окружающую среду /6th International Conference «New Functional Materials and High Technology», Tivat, Montenegro, 17-21 September 2018: Abstracts. – Ivanovo: Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 2018. – 195 p. - С. 129-132.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

SELECTION OF CONCENTRATION OF FLUORESCENT DYES FOR DEVELOPMENT OF CHEMOSENSORS

I.A. Ivanova[1], S.M. Rogachova[1,2]
[1]Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
[2]Saratov Medical University "Reaviz", Saratov, Russia

Spectra of the fluorescence of trypaflavine and eosin in aqueous solutions with the contents of the probes $1*10^{-6}$ - $2,5*10^{-5}$ mol/l. It was determined that during concentrations of the probes more than $1,5*10^{-5}$ 5 mol/l the effect of concentration quenching was observed, which is necessary to take into consideration during development of chemosensors systems.

ПОДБОР КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ХЕМОСЕНСОРОВ

И.А. Иванова[1], С.М. Рогачева[1,2]
[1]Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия
[2]Саратовский медицинский университет «Реавиз», г. Саратов, Россия

Исследованы спектры флуоресценции эозина и трипафлавина в водных растворах с содержанием зондов $1*10^{-6}$ - $2,5*10^{-5}$ моль/л. Установлено, что при концентрации зондов выше $1,5*10^{-5}$ моль/л наблюдается эффект концентрационного тушения, что необходимо учитывать при создании хемосенсорных систем.

Хемосенсоры - это системы, реагирующие на взаимодействие с субстратом специфическим изменением или возникновением новых физико-химических характеристик [1]. Наибольший интерес представляют люминесцентные хемосенсоры. Они высокочувствительны, недороги, удобны в эксплуатации. Одним из вариантов аналитического сигнала в таких хемосенсорах является твердофазная люминесценция (ТФЛ) – это люминесценция молекул, сорбированных на поверхности твердой матрицы.

Ранее авторами были разработаны пленочные полисахаридные матрицы из диацетата целлюлозы и хитозана, сорбция на которые люминесцентных зондов приводила к значительному повышению интенсивности флуоресценции этих красителей [2,3]. По интенсивности сигнала ТФЛ можно определять наличие и концентрацию люминофора в

анализируемой среде, а по изменению сигнала ТФЛ зонда, сорбированного на матрице, можно регистрировать вещества, взаимодействующие с зондом.

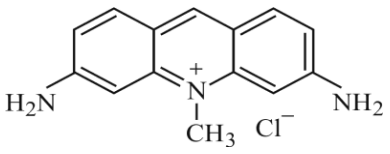
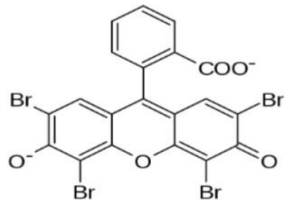
Целью данной работы было изучить люминесценцию красителей эозина и трипафлавина в водных растворах и подобрать оптимальную концентрацию для проведения сорбции на полисахаридные матрицы.

В исследованиях использовали водные растворы красителя ксантенового ряда – эозина и красителя акридинового ряда – трипафлавина (табл.1), в концентрациях, моль/л: $1*10^{-6}$; $1,5*10^{-6}$; $2,5*10^{-6}$; $5*10^{-6}$; $1*10^{-5}$; $1,5*10^{-5}$; $2,5*10^{-5}$; $5*10^{-5}$.

На спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» снимали спектры флуоресценции растворов трипафлавина при $\lambda_{возб}$ = 460 нм, эозина – при $\lambda_{возб}$ = 500 нм. Спектры трипафлавина имели максимум флуоресценции при $\lambda_{фл}$ = 508 нм, эозина – при $\lambda_{фл}$ = 555 нм (рис. 1,2). Определяли значения интенсивности флуоресценции в максимумах спектров и строили графики зависимости интенсивности флуоресценции от логарифма концентрации раствора трипафлавина (рис.3) и эозина (рис.4).

Таблица 1

Характеристики используемых красителей

Наименование	Молярная масса, г/моль	Структурная формула
Трипафлавин (3,6-диамино-10-метилакридиний)	296,2	
Эозин Y (2,4,5,7-тетрабромфлуоресцеин)	647,9	

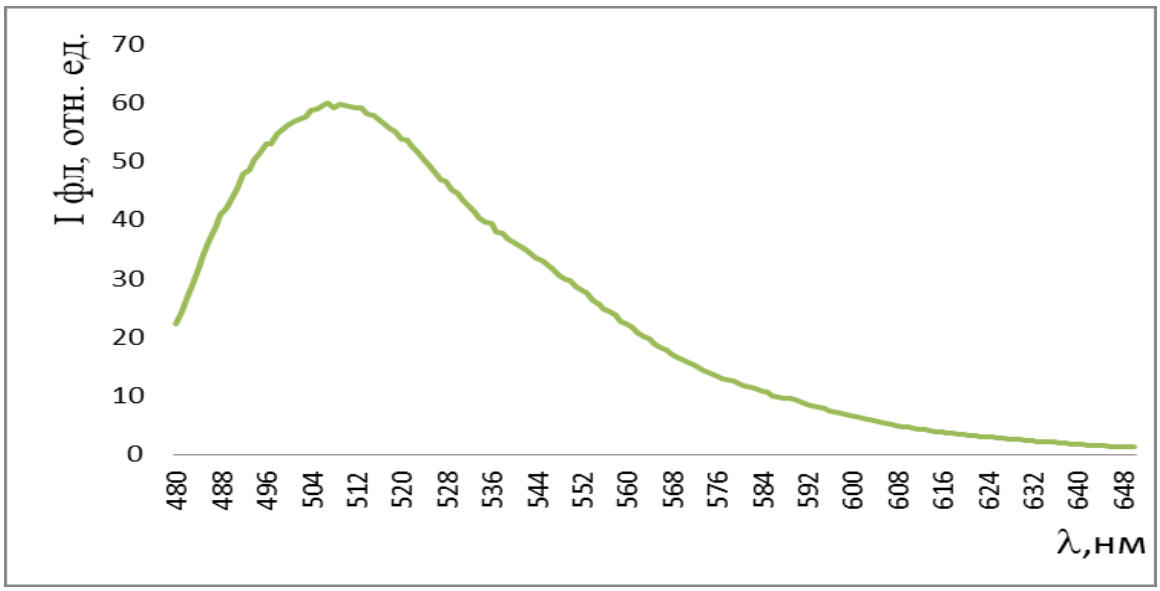


Рисунок 1 - Спектр трипафлавина в водном растворе с содержанием красителя $1,5*10^{-5}$ моль/л при $\lambda_{возб}$ = 460 нм.

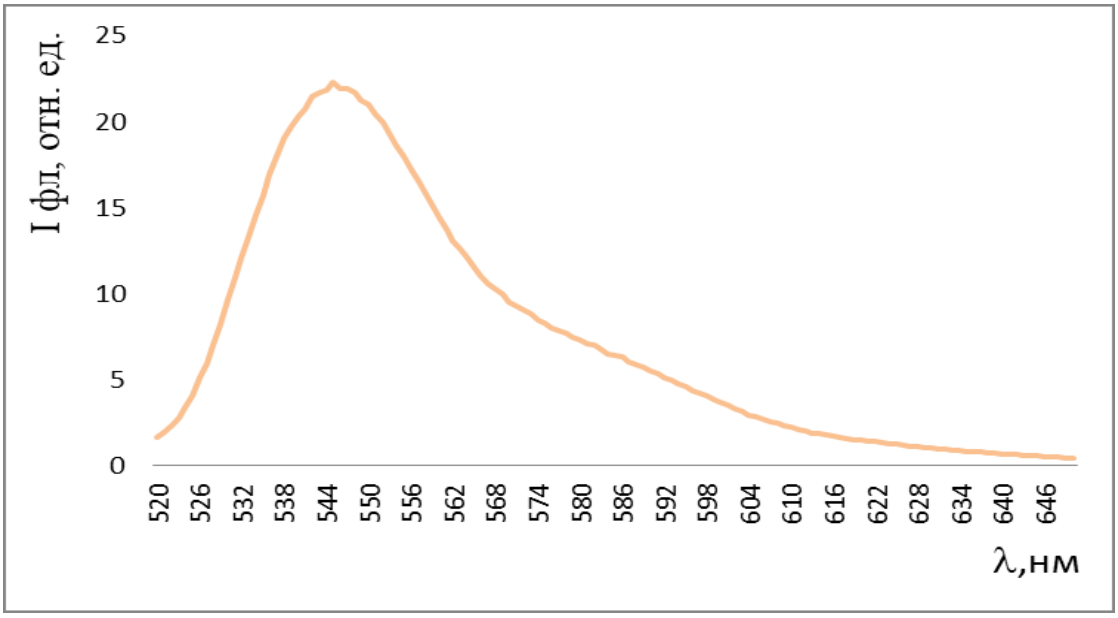
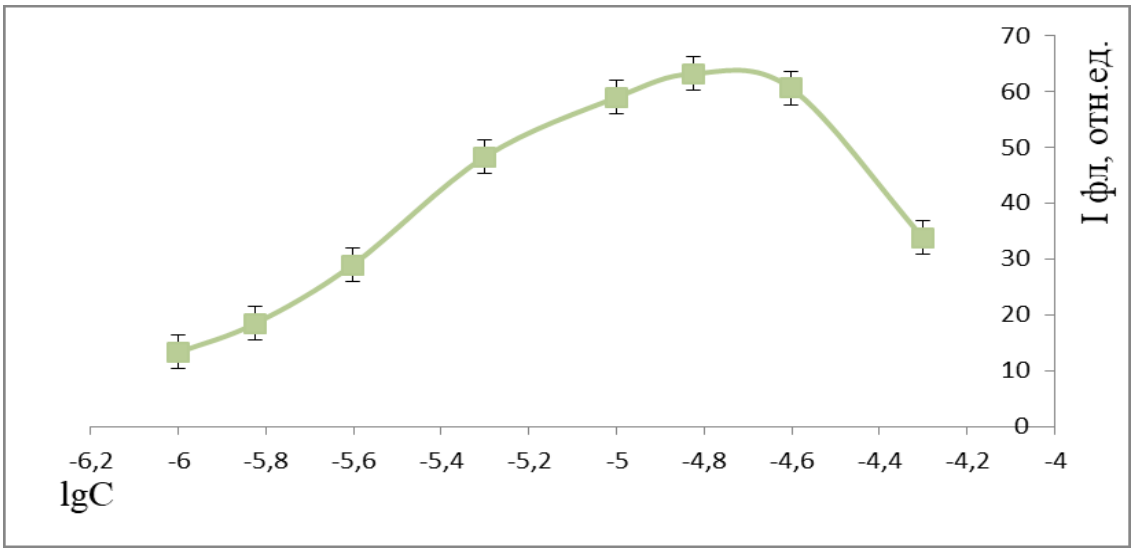


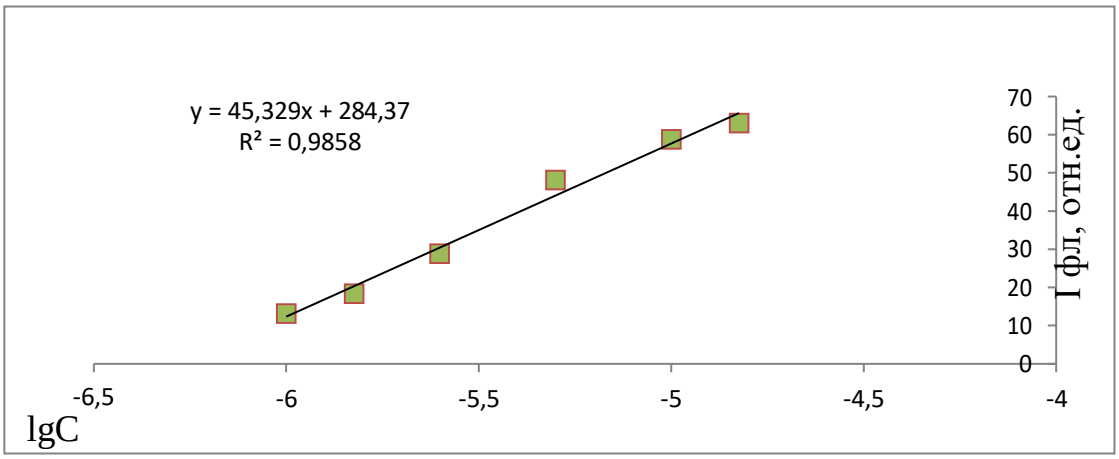
Рисунок 2 - Спектр эозина в водном растворе с содержанием красителя $1,5*10^{-5}$ моль/л при $\lambda_{возб}$ = 500 нм.

Из рис. 3,4 видно, что у красителей трипафлавина и эозина интенсивность флуоресценции начинает уменьшаться при концентрации выше $1,5*10^{-5}$ моль/л. Это можно объяснить эффектом концентрационного тушения [4]. Обычно он начинает проявляться с некоторой пороговой концентрации c_0, при этом имеет место экспоненциальная зависимость выхода люминесценции от концентрации. Величина пороговой концентрации c_0 и характер зависимости специфичны для различных веществ.

Известно, что уменьшение выхода люминесценции с увеличением концентрации люминофора может быть вызвано, с одной стороны, ассоциацией молекул люминофора с образованием нелюминесцирующих агрегатов различного состава (теория молекулярной ассоциации), с другой — передачей энергии от возбужденных молекул к невозбужденным (теория миграции энергии) [4].

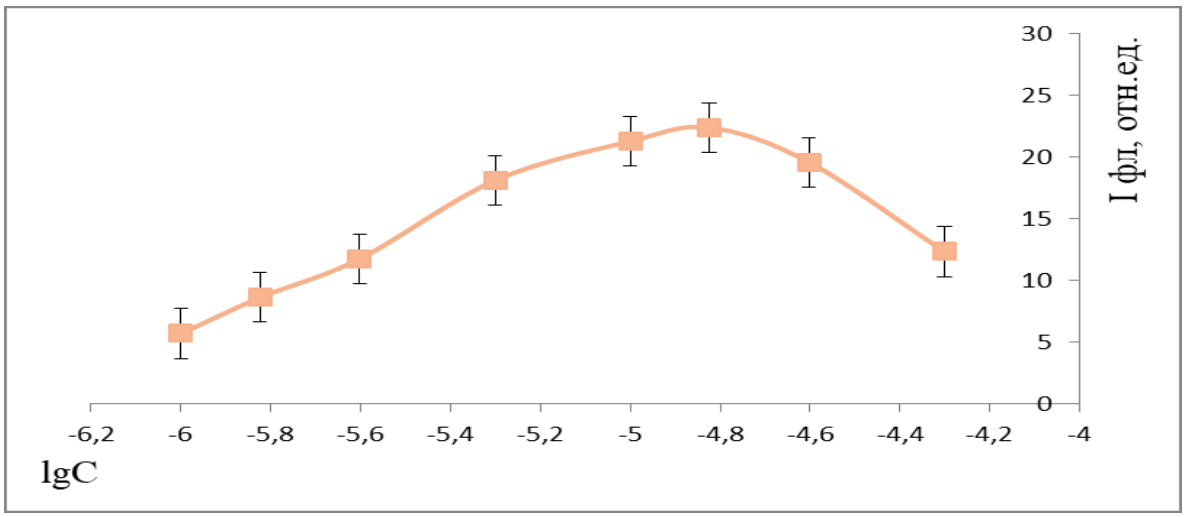


А

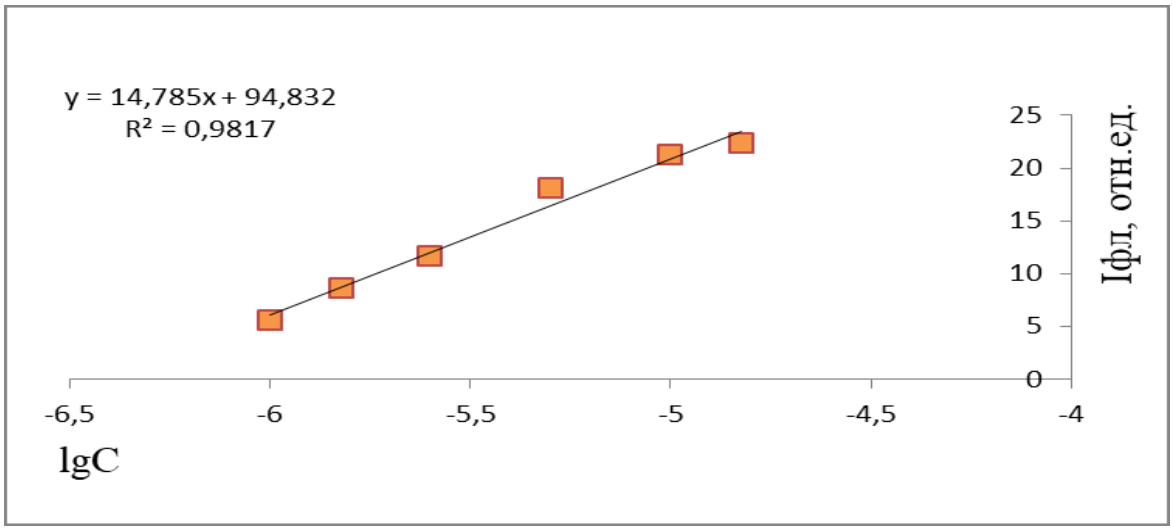


Б

Рисунок 3 - Зависимость интенсивности флуоресценции трипафлавина при $\lambda_{фл}$ = 508 нм, $\lambda_{возб}$ = 460 нм от логарифма его концентрации в водном растворе: А – во всем диапазоне концентраций, Б – линейный диапазон.



А



Б

Рисунок 4 - Зависимость интенсивности флуоресценции эозина при $\lambda_{фл}$ = 555 нм, $\lambda_{возб}$ = 500 нм от логарифма его концентрации в водном растворе: А – во всем диапазоне концентраций, Б – линейный диапазон.

Следовательно, при создании хемосенсоров путем сорбции флуоресцентных зондов эозина и трипафлавина на полисахаридные матрицы необходимо использовать их водные растворы с концентрацией не более $1,5*10^{-5}$ моль/л, т.е. не входящей в зону концентрационного тушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров А.А. Егоров М.А., Царева Ю.И. Химические сенсоры: классификация, принципы работы, области применения // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2008. №6. С. 10–27.
2. Шиповская А.Б., Рогачева С.М., Губина Т.И. Полисахаридные матрицы в люминесцентном анализе экотоксикантов. - Саратов: Из-во СГУ, 2018. 112 с.
3. Иванова И.А., Рогачева С.М. Влияние свойств поверхности полисахаридных наноструктурированных матриц на твердофазную люминесценцию эозина // Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы: сб. материалов VIII Междунар. молодеж. науч. конф. - Саратов, СГТУ, 2018. С. 212-216.
4. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения: Молекулярная люминесценция. М.: Изд-во МГУ, 1989. 272 с.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

REDUCTION OF NEGATIVE EMISSIONS DURING COMBUSTION OF HEATING OIL IN BOILER PLANTS OF ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT

V.D. Katin[1,2], R.V. Dolgov[1], M.H. Ahtyamov[1]
[1]Far East State University of Railways, Khabarovsk, Russia
[2]Pacific State University, Khabarovsk, Russia

In paper innovative technical solution is considered for reduction of negative emissions during combustion of heating oil in steam and hot water boilers of enterprises of railway transport. New construction of cyclone is suggested allowing to carry out efficient flue gas cleaning from fuel oil ash, construction of which is protected by a utility model patent.

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПОЧНОГО МАЗУТА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.Д. Катин[1,2], Р.В. Долгов[1], М.Х. Ахтямов[1]
[1]Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия
[2]Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

В статье рассмотрено инновационное техническое решение для снижения вредных выбросов при сжигании топочного мазута в паровых и водогрейных котлах предприятий железнодорожного транспорта. Предложена новая конструкция циклона, позволяющего производить эффективную очистку дымовых газов от мазутной золы, защищённого патентом на полезную модель.

Топочный мазут остается одним из основных видов топлива, обеспечивающих работу котельного парка на предприятиях ОАО «Российские железные дороги» («РЖД»), в том числе Дальневосточной железной дороги. В процессе эксплуатации котлов на присутствует факт цикличности повышения и снижения генерируемой мощности в зависимости от требований и режима работы производственных объектов. В процессе значительных изменений режимов работы энергогенерирующих пароводогрейных котлов, а также в процессе их запуска после плановых и

внеплановых остановок, в котлах возникают режимы горения при низких коэффициентах избытка окислителя. В таких режимах горения происходит значительное повышение генерации как газообразных загрязняющих веществ, так и твердых веществ: сажистых частиц.

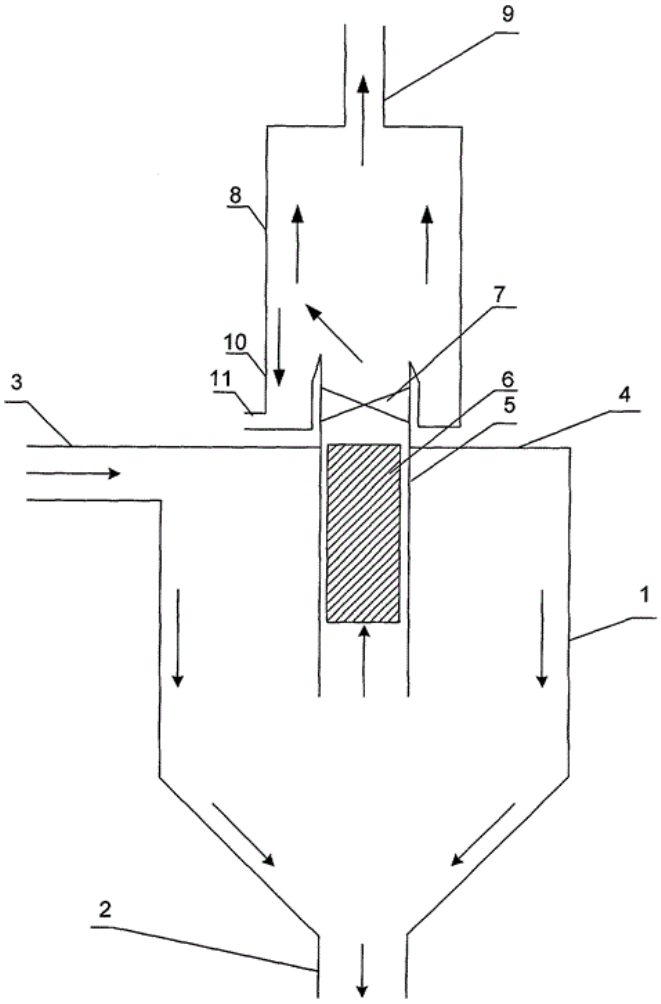


Рисунок 1 - Схема циклона-золоуловителя новой конструкции ДВГУПС

1 - вертикальный цилиндрический корпус; 2 - патрубок для удаления пыли (золы); 3 - патрубок для подачи в аппарат запыленного газового потока; 4 – крышка; 5 - выхлопная труба; 6 - плазмотрон; 7 – раскручиватель газового потока; 8 – цилиндрический корпус; 9 – патрубок для удаления очищенного газа; 10 – круговой бункер для сбора уловленной пыли (золы); 11 - патрубок для удаления пыли (золы).

Особенности процесса горения мазута с образованием сопутствующих вредных выбросов подробно рассмотрены в работах [1, 2]. При горении мазута с продуктами сгорания выбрасываются оксиды серы SO_x, оксиды азота NO_x, монооксид углерода CO, углеводороды, а также мазутная зола. Последнее вещество (мазутная зола) включает в себя окислы кремния,

марганца, алюминия, железа, а также оксиды ванадия. Нормирование выбросов мазутной золы осуществляется по пентаоксиду ванадия V_2O_5, способного вызвать раздражение верхних дыхательных путей, изменение работы системы кровообращения, нарушение обмена веществ, аллергические реакции, нарушения работы нервной системы.

Для решения актуальной задачи очистки дымовых газов от твёрдых частиц производственных и производственно-отопительных котельных предприятий ОАО «РЖД» авторами предлагается циклон-золоуловитель принципиально новой конструкции ДВГУПС, изображенный на рисунке и защищенный патентом на полезную модель [3].

Благодаря отличительным признакам предлагаемый золоуловитель циклонного типа имеет достаточно высокую степень очистки от вредных компонентов выброса, частиц крупного, среднего и мелкого дисперсного состава и не требует отключения для регенерации. Это обусловлено тем, что пылегазовый поток, предварительно очищенный в цилиндроконическом корпусе циклонного аппарата, проходит через плазмотрон. В плазмотроне между электродами периодически происходят электрические разряды, вызывающие разложение вредных компонентов газового потока на простые составляющие, которые имеют заряд - плазму. Под действием образовавшейся плазмы происходит разрушение вредных компонентов выброса и заряд частиц мелкой дисперсной фазы. Частицы пыли (золы), имеющие электрический заряд, слипаются, увеличивают свою массу и, проходя через раскручиватель, попадают в цилиндрический корпус, где под действием центробежных сил частицы пыли (золы) отбрасываются к стенкам цилиндрического корпуса, оседают на них и стекают в круговой бункер для удаления пыли (золы).

Циклон-золоуловитель (рис. 1) содержит вертикальный цилиндроконический корпус 1, снабженный патрубком 2 для удаления пыли (золы), патрубок 3 для подачи в аппарат запыленного газового потока, расположенный тангенциально к корпусу, крышку 4, выхлопную трубу 5, внутри которой установлен плазмотрон 6 и раскручиватель газового потока 7, верхняя часть выхлопной трубы выполненной с расширением в виде цилиндрического корпуса 8 с патрубком для удаления очищенного газа 9, и круговым бункером 10 снабженным патрубком для удаления пыли 11 [4].

Золоулавливающие устройство работает следующим образом. Пылегазовый поток по патрубку 3 попадает внутрь цилиндроконического корпуса 1, проходит по окружности вокруг выхлопной трубы 5 и движется спирально вниз, обеспечивая отделение крупных частиц дисперсной фазы от дисперсионной среды (газа). В нижней части корпуса поток теряет скорость и меняет свое направление, вследствие чего происходит отделение крупных и средних взвешенных частиц, и удаление их через патрубок для удаления пыли (золы) 2. Очищенные от крупной и средней дисперсной пыли (золы) газы движутся по восходящей спирали и поступают в выхлопную трубу 5. Газовый поток поднимается по выхлопной трубе 5 и проходит через

плазмотрон 6. В плазмотроне 6 между электродами периодически происходят электрические разряды, вызывающие разложение вредных компонентов газового потока на простые составляющие, которые имеют заряд. Под действием образовавшейся плазмы происходит разрушение сложных компонентов выброса и заряд частиц мелкой дисперсной фазы. Частицы пыли (золы), имеющие электрический заряд, слипаются, увеличивают свою массу. Далее газ через раскручиватель газового потока 7 поступает в расширенную часть выхлопной трубы выполненную в виде цилиндрического корпуса 8, где при вращении газового потока происходит отделение от него частиц мелкой дисперсной фазы под действием центробежных сил и сил гравитации. Очищенный газовый поток удаляется через патрубок для удаления очищенного газа 9, а пыль (зола) под действием сил гравитации по стенкам цилиндрического корпуса стекает в круговой бункер для пыли (золы) 10, откуда удаляется через патрубок для удаления пыли (золы) 11.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет производить очистку дымовых газов от мазутной золы и снизить антропогенное влияние на окружающую среду при сжигании топочного мазута в котлах предприятий железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамов, В.А. Сжигание мазута в топках котлов./В.А. Адамов. − СПб.: Недра, 1999. – 304 с.
2. Ахмедов, Р.Б., Технология сжигания горючих газов и жидких топлив./ Р.Б. Ахмедов, Л.М. Цирульников. − СПб.: Недра, 1994. – 238 с.
3. Патент №96792 РФ (51) МПК B04C 9/00 (2006.01). Циклон / Р.В. Долгов, М.Х. Ахтямов. № 2010113091/05; заявл. 05.04.2010; опубл. 20.08.2010 Бюл. № 23.
4. Катин, В.Д. Модернизация и разработка новых эффективных золо- и пылеуловителей для защиты среды обитания человека / В.Д.Катин, М.Х. Ахтямов, Р.В. Долгов. – М.: Спутник+, 2015. – 116 с.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

RESOURCE- AND ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES BASED ON THE BASIS OF ALUMOTERMIA

N.N. Kuvshinova, A.O. Kuvshinova
Nizhny Novgorod State Technical University Named After R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russia

The paper presents an analysis of well-known energy and resource-saving technologies based on aluminothermy in order to determine further prospects for their development.

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ НА ОСНОВЕ АЛЮМОТЕРМИИ

Н.Н. Кувшинова, А.О. Кувшинова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

В работе представлен анализ известных энерго- и ресурсосберегающих на основе алюмотермии технологий с целью определения дальнейших перспектив их развития.

Энерго- и ресурсосбережение развивается в направлении получения ресурсов и тепловой энергии из альтернативных источников, например, посредством экзотермических реакций.

Чтобы расплавить металл, необходимо применить достаточное количество тепла. Так, чтобы расплавить 12 кг стали требуется примерно $1*10^6$ Дж тепла, примерно 2,3 часа времени и печь мощностью не менее 100 кВт. Печь, как правило, работает от электроэнергии, расходы которой при расплавлении металла достаточно существенны.

Необходимое количество тепла можно получить и без применения источников электроэнергии. А именно – химическим путем, посредством экзотермических реакций.

В металлургии принцип получения металла посредством экзотермических реакций стал известен с 1865 года, когда выдающийся русский ученый химик Н. Н. Бекетов сформулировал принцип получения трудно восстанавливаемых металлов из их оксидов. Он установил, что алюминий при определенных условиях легко восстанавливает из окислов

другие металлы, стоящие правее его в таблице напряжений химических элементов. Так были заложены основы алюмотермии. [1]

Стандартная экзотермическая реакция протекает с большим выделением тепла и выглядит следующим образом [2]:

$$MeO + R = Me + RO - Q, \quad (1)$$

где MeO – оксид металла;
R – металл-восстановитель;
Me – восстановленный из оксида металл;
RO – окисленный металл-восстановитель
Q - тепловая энергия, выделяющаяся при реакции.

Алюминий имеет большее сродство к кислороду, чем большинство других металлов. Поэтому ему отдается предпочтение как металлу-восстановителю (реакцию называют еще и алюминотермитной), причем он относительно дешев и имеется в достаточном количестве.

В качестве оксида металла чаще всего применяют содержащую оксиды железа железную окалину или железную руду.

Окалина включает в себя несколько оксидов железа: FeO (закись железа) – с 22,2% кислорода; Fe_3O_4(закись-окись железа) – с 27,58% кислорода; Fe_2O_3(окись) – с 30,0% кислорода.

Во время наплавки протекают экзотермические реакции, соответствующие уравнениям:

$$2Al + 3FeO = 3Fe + Al_2O_3 - 0{,}835 \times 106 \text{ Дж / кг смеси}, \quad (2)$$

$$8\,Al + 3\,Fe_3O_4 = 9Fe + 4Al_2O_3 - 3{,}239 \times 106 \text{ Дж / кг смеси}, \quad (3)$$

$$2Al + Fe_2O_3 = 2Fe + Al_2O_3 - 0{,}830 \times 106 \text{ Дж / кг смеси [2]}, \quad (4)$$

Продуктами реакции являются железо, восстанавливаемое из оксидов (термитная сталь) и оксид алюминия (термитный шлак). Обычно получают 50% железа и 50% шлака. [3]

Одно из направлений, где применяют алюмотермию, это сварка и наплавка. Уже с конца 19 века термитной сваркой заваривали трамвайные рельсы, чуть позже стала известна технология заварки открытых дефектов изделий. Посредством термита приваривают также заземления к трубопроводу. Известен также способ заварки внутренней полости стальной втулки посредством алюмотермии.

Второе направление – это литейное производство. Здесь используют экзотермические вставки для обогрева прибылей, причем вставки разделяют на два основных вида. Первый – с выделением термитного металла в

основной, второй – без выделения металла в основной. Также известна технология получения окатышей из термитной стали.

Для наглядности была построена схема по применению алюмотермии в машиностроении (рис. 1).

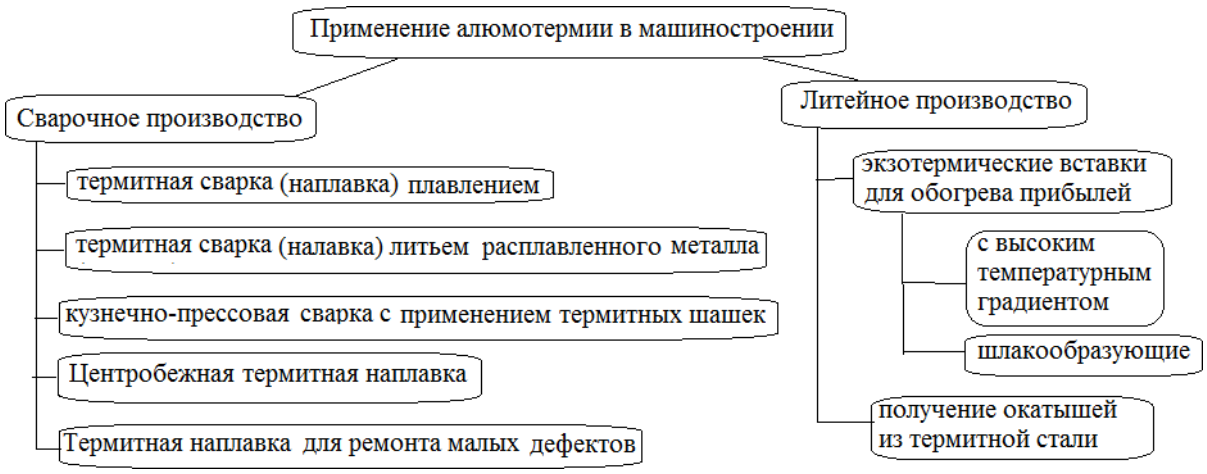
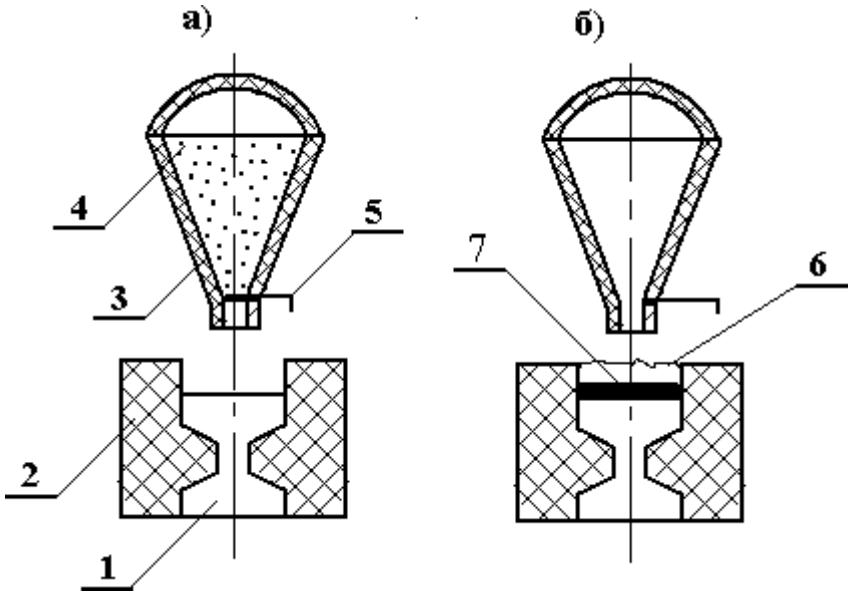


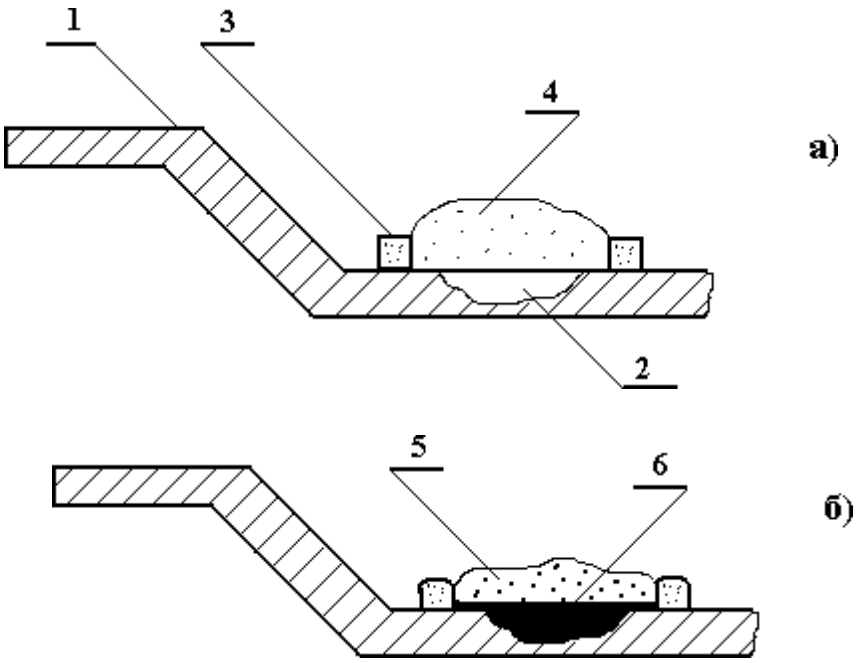
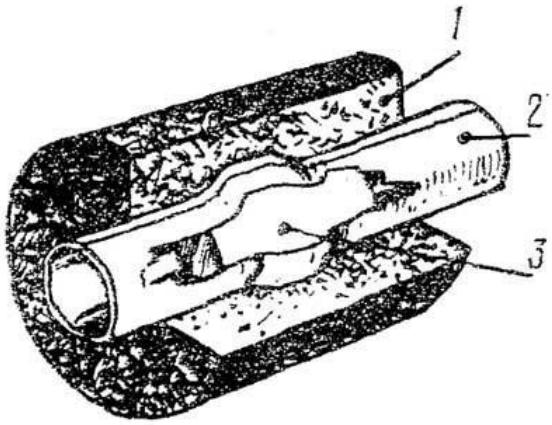
Рисунок 1 - Схема применения типовых технологий алюмотермии в машиностроении

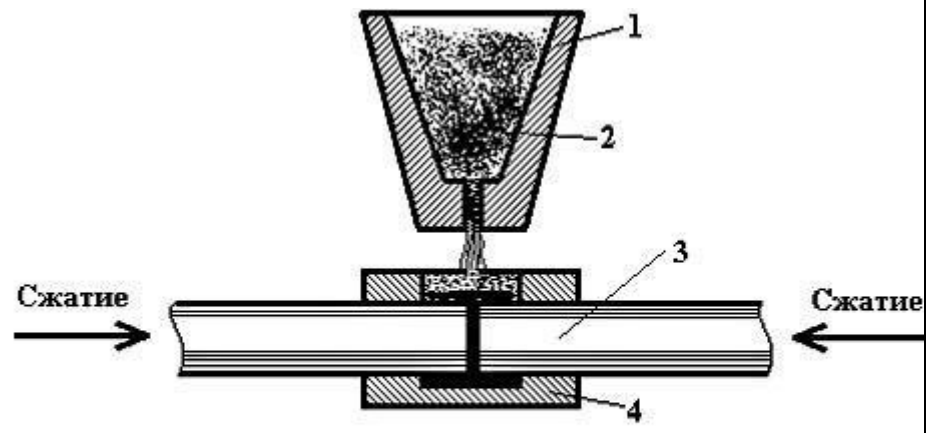
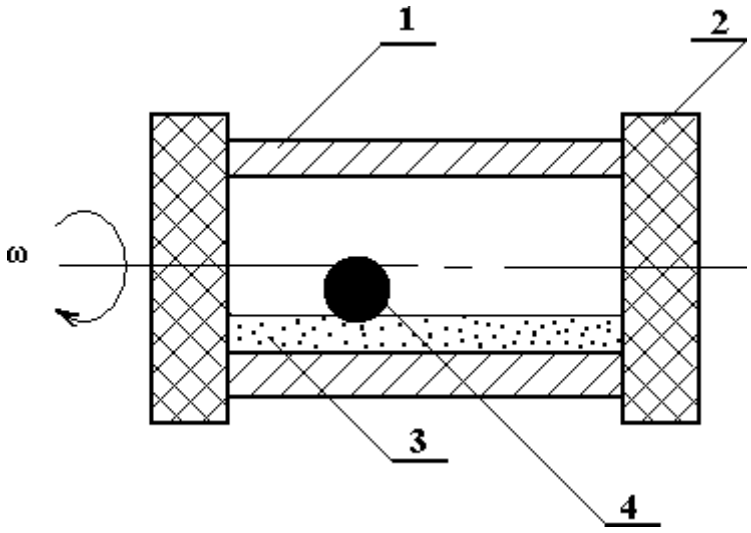
Более подробно каждая из технологий с применением алюмотермии представлена в таблице 1.

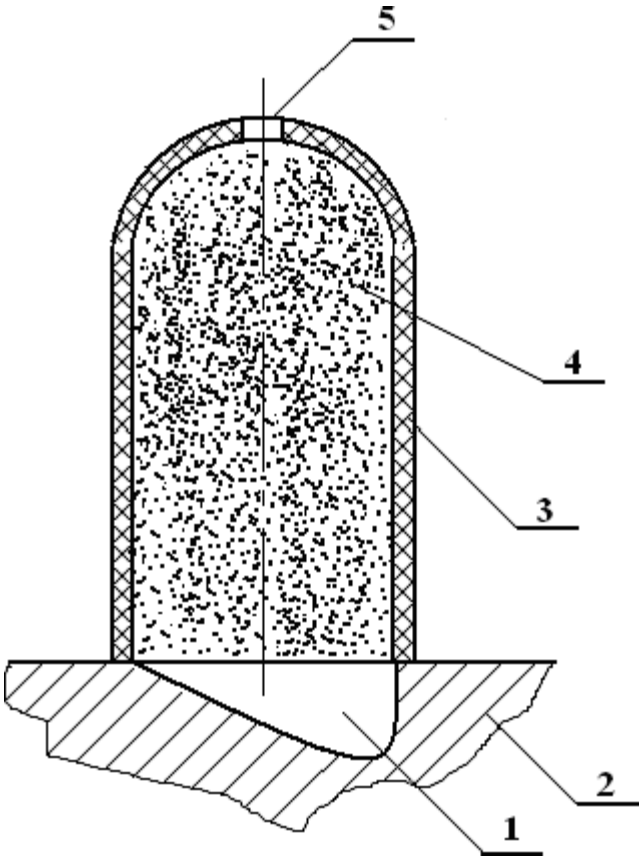
Таблица 1

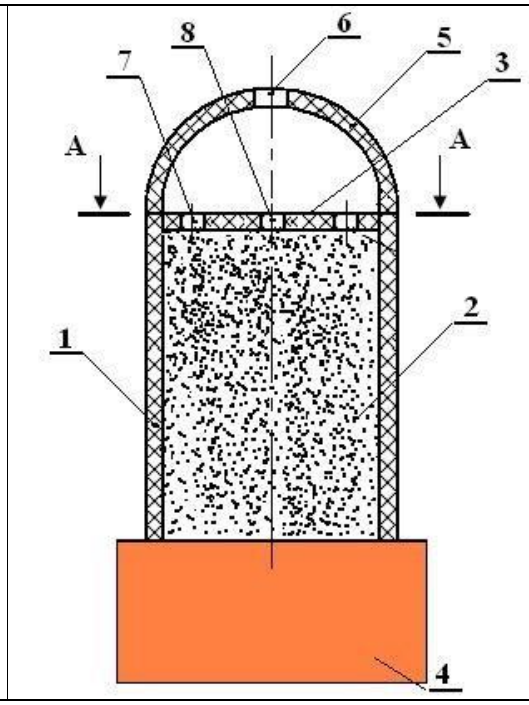
Алюмотермитные технологии в машиностроении

Сварочное производство	
1. термитная сварка (наплавка) плавлением а) – до реакции, б) – после реакции. 1 – деталь, 2 – ограждение, 3 – тигель, 4 – термитная шихта, 5 – заслонка, 6 - термитный шлак, 7 – наплавка.	

2. термитная сварка (наплавка) литьем расплавленного металла. а) - до реакции, б) - после реакции. 1 – стальной кокиль, 2 – дефект, 3 - ограждение (песчаный валик), 4 – термитная шихта, 5 – термитный шлак, 6 – наплавка (термитная сталь).	
3. кузнечно-прессовая сварка – с применением термитных патронов или шашек, внутрь которых устанавливают концы свариваемых проводов, во время реакции шашки концы проводов сжимают. 3.1. кузнечно-прессовая сварка рельсов. Технология	 1 - термитный патрон; 2 - кокиль; 3 - алюминиевый вкладыш

аналогична 3.1.	 **1 - тигль** **2 - термитная смесь** **3 - рельсы** **4 - разъемная огнеупорная форма**
4. центробежная наплавка (патент РФ № 2129057). 1 – наплавляемая деталь; 2 – керамическая заглушка; 3 – экзотермическая смесь до начала вращения; 4 – запал; ω – вращение детали.	

5. термитная наплавка для ремонта малых дефектов. (Патент РФ № 2182063) 1 - полость дефекта; 2 - изделие; 3 - форма; 4 - термитная смесь; 5 - отверстие для поджигания термитной смеси.	
Литейное производство	
1. экзотермические вставки для обогрева прибылей	экзотермические вставки представляют собой прессованную термитную смесь в виде таблетки, кольца, цилиндра.

2. получение окатышей из термитной стали		1 – форма 2 – термитная смесь 3 – огнеупорная перегородка 4 – огнеупорная подложка (шамотный кирпич) 5,6 – крышка и отверстие для зажигания 7,8 – отверстия в перегородке

Общим для каждой из представленных технологий алюмотермии является энергосбережение. Тепло для сварки (наплавки), а также для обогрева прибылей и получения окатышей выделяется за счет экзотермической реакции.

Ресурсосбережение в алюмотермии получают за счет использования в качестве компонентов шихты отходов металлургического производства: дробленой алюминиевой стружки и железной окалины.

Производственная окалина имеет следующий химический состав, %: 0,05 – 0,15 C; 0,10 – 0,35 Si; 0,1 – 0,35 Mn; 0,01 – 0,03 S; 0,01 – 0,03 P; 40 – 50 Fe_2O_3; 50 – 60 FeO [1,2].

Железная окалина, как правило, включает в себя от 40 до 70% железа. И на извлечении железа из окалины построена технология изготовления окатышей из термитной стали.

Однако, для сварки, изготовления прибылей идет уже обработанная окалина, а алюминиевую стружку заменяют на специально подготовленные алюминиевые порошки, например, АПВ-4. Увеличивается время на подготовительные работы. Это связано еще и с требованиями к качеству сварочного соединения. Термитная реакция, как правило, контролируется в очень узких пределах, и такие дефекты, как поры и шлаковые включения часто встречаются в полученных термитной сваркой соединениях.

Из всех представленных технологий минимальные требования к окатышам из термитной стали, поскольку окатыши используют как железосодержащую составляющую для выплавки чугунов и сталей, и все шлаковые включения окатыша уйдут в общий шлак в процессе плавки.

И для окатыша как раз подойдут и окалина, полученная при сухой обработке стальных отливок без предварительной обработки и молотая

алюминиевая стружка. Оба эти ингредиента являются самыми настоящими отходами металлургического производства. И про технологию изготовления окатыша посредство алюмотермии можно наиболее достоверно сказать, как о ресурсо- и энергосберегающей технологии.

По результатам исследований можно сделать следующий вывод. При проведении анализа известных технологий машиностроительного производства с применением алюмотермии наиболее перспективное направление развития как ресурсо- и энергосбережения у технологии изготовления окатышей для выплавки сталей и чугунов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малкин Б. В., Воробьев А. А. Термитная сварка. М.: Машгиз, 1963.
2. Beckert M. Neumann A. Grundlagen der Schweiβtechnik – Schweiβverfahren. Berlin: VEB Verlag Technik. 1974.
3. Новохацкий В. А., Жуков А. А., Макарычев Ю. И. Малоотходная технология производства стальных отливок с экзотермическими прибылями. М.: Машиностроение, 1986.
4. Кувшинова Н. Н. Энергосберегающая технология наплавки стальных деталей». Москва, журнал "Сварочное производство" № 1 , 2010 год, с. 12-14
5. Кувшинова Н. Н. Возможность применения термитной стали в качестве железосодержащей добавки для получения стальных и чугунных отливок. Труды XII съезда литейщиков России/НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2015. – с.129-132.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

RESEARCH OF MECHANISM OF CENTRIFUGAL SEPARATION IN HYDRODYNAMIC VIBRATION FILTER

I.A. Myagkov, V.A. Lvov, A.L. Belovolova
Moscow State Technical University Named After N.E. Bauman (National Research University), Moscow, Russia

Constructive schemes of accelerators of centrifugal separation are considered. Results of experimental-theoretical research of mechanism of centrifugal separation in hydrodynamic vibration filter are proving the efficiency of using of accelerators of centrifugal separation with the purpose of increasing of resource characteristic of used filter materials.

Key words: hydrodynamic vibration filter, probabilistic and statistical methods, centrifugal separation, efficiency of cleaning, resource characteristic

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СЕПАРАЦИИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ВИБРАЦИОННОМ ФИЛЬТРЕ

И.А. Мягков, В.А. Львов, А.Л. Беловолова
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

Рассмотрены конструктивные схемы ускорителей центробежной сепарации в гидродинамическом вибрационном фильтре. Полученные результаты экспериментально-теоретического исследования механизма центробежной сепарации в гидродинамическом вибрационном фильтре подтверждают эффективность использования ускорителей центробежной сепарации с целью повышения ресурсных характеристик используемых фильтровальных материалов.

Ключевые слова: гидродинамический вибрационный фильтр, вероятностно-статистические методы, центробежная сепарация, эффективность очистки, ресурсные характеристики

1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что основным недостатком фильтрующих элементов поверхностного типа является ограниченный ресурс работы, причем с повышением тонкости фильтрации ресурс резко снижается. Этот недостаток может быть устранен за счет использования центробежного поля. Движущей силой процесса при фильтровании в центробежном поле является статическое давление жидкости, находящееся над слоем осадка и его порах. Осаждение твердой фазы суспензии и последующее ее уплотнение происходит, в том числе, и за счет влияния массовых сил самого осадка [1].

2. УСКОРИТЕЛИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СЕПАРАЦИИ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ВИБРАЦИОННЫХ ФИЛЬТРАХ

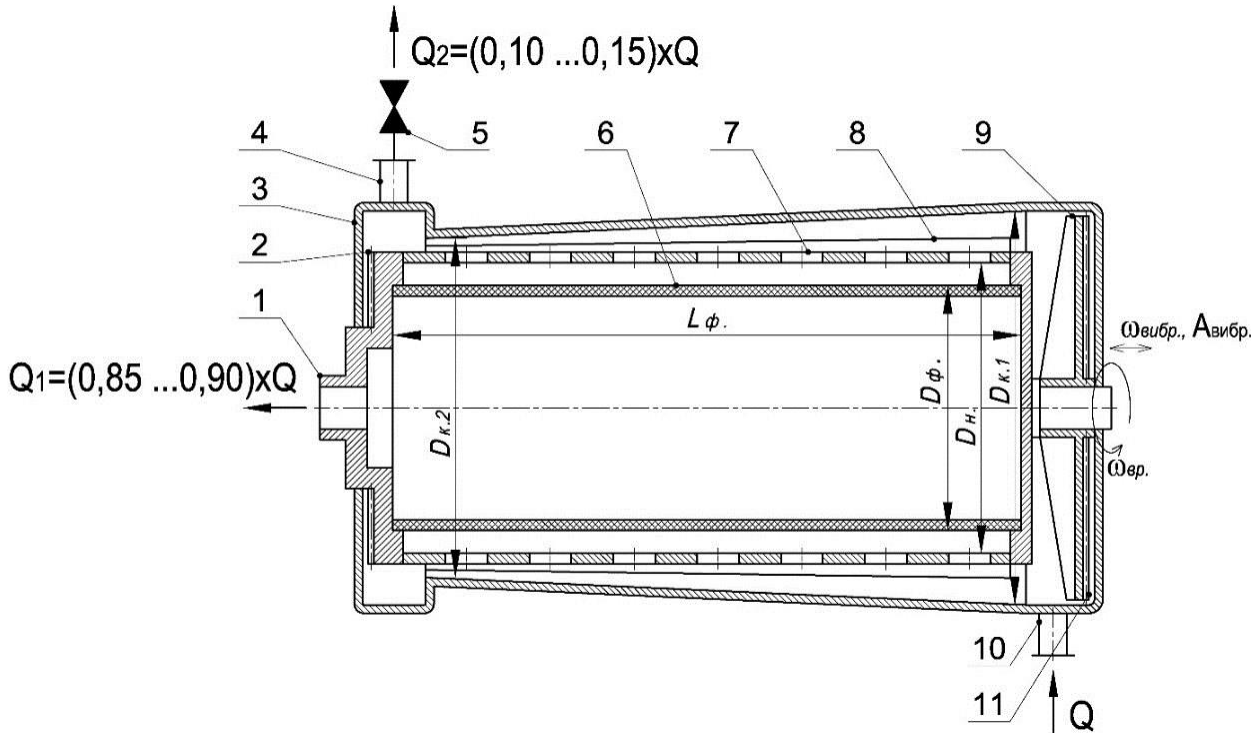
Отдельный класс устройств, принцип работы которых связан с использованием энергии центробежного поля, представляют собой фильтры с вращающимися и вибрирующими фильтровальными перегородками (ФП), в которых реализуется процесс обратной фильтрации, способствующим предотвращению накопления мелких частиц загрязнений на поверхности ФП. Для улучшения условий центробежной сепарации жидкость вводят в фильтр по касательной.

Тангенциальный ввод позволяет использовать центробежный эффект для удаления наиболее крупных частиц загрязнений. Во избежание образования вакуумной воронки, блокирующей часть рабочей поверхности ФП [2] необходимо выбирать оптимальное соотношение угла закрутки потока и геометрических параметров фильтра. Для увеличения степени закрутки потока жидкости ФП снабжают продольными ребрами (лопатками) или ставят на нее разбрызгивающие или импеллерные кольца.

Описанный выше механизм центробежной сепарации реализован в гидродинамическом вибрационном фильтре (ГВФ), принцип работы и основные конструктивные и режимные параметры которого представлены в [3]. Помимо рассмотренных выше конструктивных "завихрителей" потока устройство очистки снабжено перфорированной насадкой (см. рис. 1) с закрытыми торцами, повышающей эффективность центробежной сепарации крупных частиц загрязнений за счет повышения величины окружной скорости в пространстве между ФП и насадкой при отсутствии продольного движения [4-6].

3. СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЕНИЯ СУСПЕНЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИТНОЙ НАСАДКИ

При построении стохастической модели разделения суспензии в ГВФ с использованием защитной насадки выделяют две рабочие зоны [7]:



1 - патрубок выходной; 2, 11 - кольцо импеллерное; 3 - корпус неподвижный; 4 – патрубок для отвода концентрата загрязнений; 5 - устройство дроссельное; 6 – перегородка фильтровальная (из спеченного пористого сетчатого материала); 7 – насадка перфорированная с закрытыми торцами; 8 - лопатка продольная; 9 – кольцо лопастное разбрызгивающее; 10 - патрубок входной

Рисунок 1 − Схема гидродинамического вибрационного фильтра с ускорителями центробежной сепарации

Зона I — зона тангенциального ввода разделяемой суспензии, которая ограничена зазором между внутренней цилиндрической стенкой с радиусом R_0 неподвижного корпуса аппарата 1 и наружной цилиндрической стенкой вращающейся перфорированной перегородки 2 с радиусом R_1.

Зона II — защитная зона, которая находится в зазоре между вращающимися наружными цилиндрическими стенками перфорированной перегородки 2 и фильтрующего элемента 3 с радиусами R_1 и R_2, соответственно.В общем виде для установившегося движения жидкости между двумя коаксиальными цилиндрами, равномерно вращающимися с угловыми скоростями $\omega 0$ и ωн будет иметь место следующее выражение:

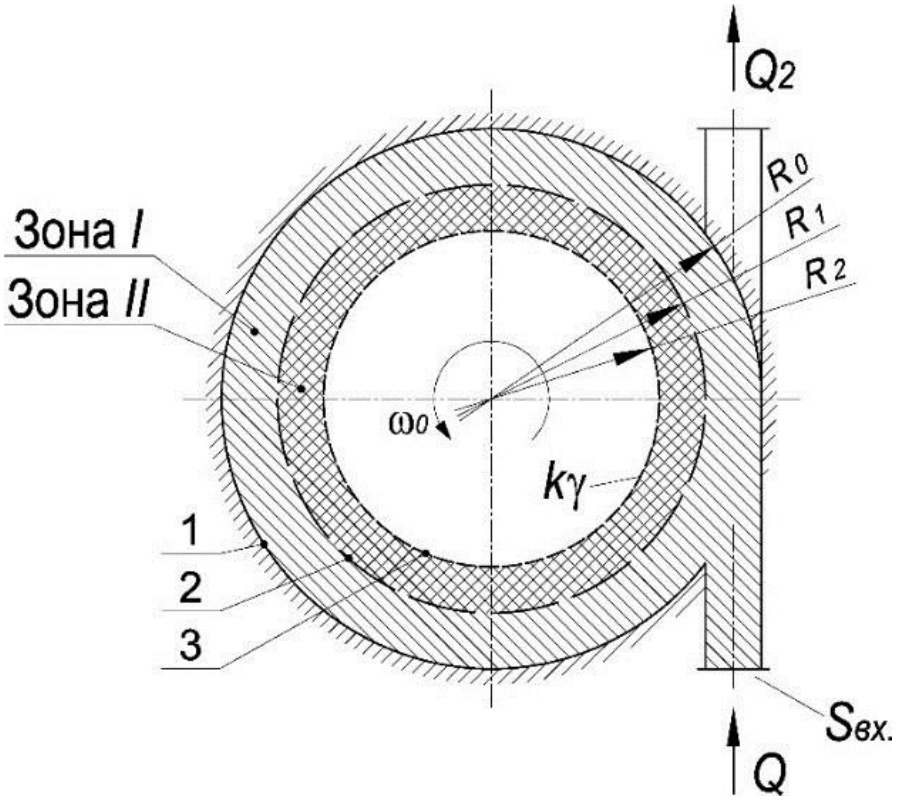
$$\omega_c(R) = \frac{R_н^2 R_в^2}{R_н^2 - R_в^2}\left(\frac{\omega_в - \omega_н}{R^2} + \frac{R^2\omega_н - R^2\omega_в}{R_н^2 - R_в^2}\right), \quad (1)$$

Тогда *в зоне тангенциального ввода:*

$$\omega(R) = \frac{R_н^2 R^2}{R^2 - R_н^2} \frac{\omega_0 - k_Q Q/(R_0 S_{вх})}{R^2} + \frac{R^2 k_Q}{R^2 - R_н^2} \frac{Q/(R_0 S_{вх}) - R_в^2 \omega_0}{R^2 - R_в^2} \approx \frac{D}{R^{n+1}}, (R > R_1), \quad (2)$$

где $k_Q = k_Q(Q)$ – постоянный коэффициент, учитывающий изменение средней скорости тангенциального ввода потока разделяемой среды в аппарат;

D=const, n=const– некоторые известные постоянные, определяемые путем аппроксимации величины *ω(R)* зависимостью вида D/R^{n+1} при $R \in [R_1; R_0]$;



1 – неподвижный корпус; 2 – защитная насадка; 3 – фильтровальная перегородка

Рисунок 2 - Схема гидродинамического вибрационного фильтрования с защитной насадкой

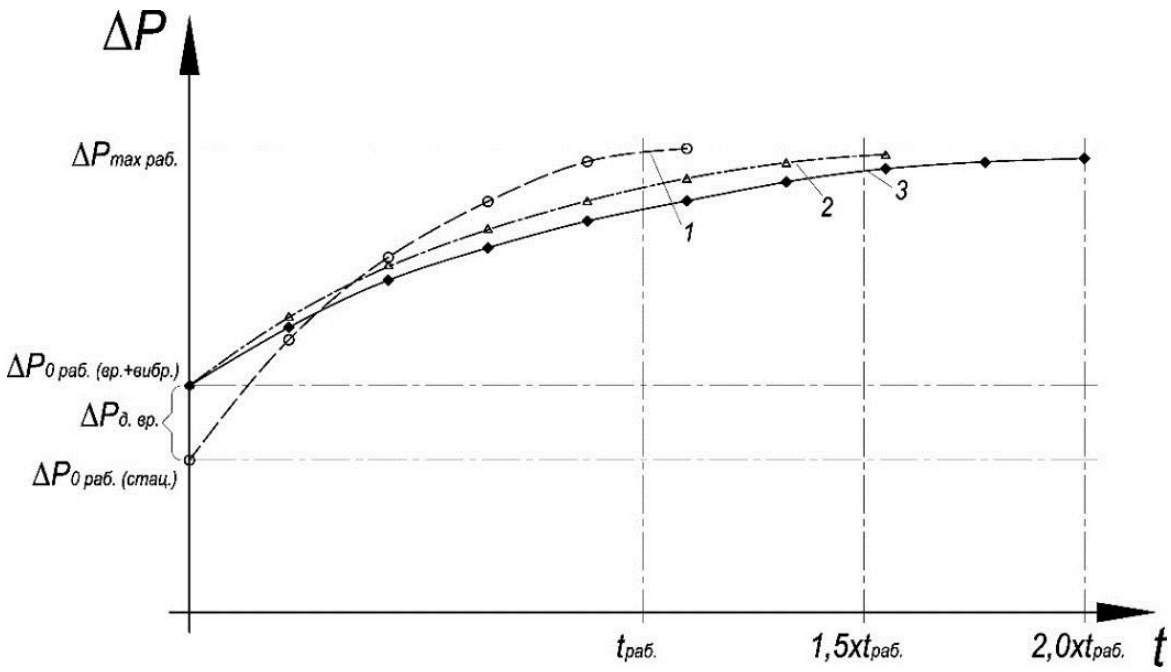
В *защищенной зоне:*

$$\omega_н = \omega_в = \omega_0 и \omega_c(R) = \omega_0 = const, (R < R_1), \quad (3)$$

Таким образом, на основании этих данных в дальнейшем может быть получено выражение для определения функции плотности распределения частицы дисперсной фазы в каждой из зон [7].

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В ходе экспериментально-теоретического исследования выявлено, что использование в условии вращения и вибрации ФП в ГВФ перфорированной насадки как устройства - ускорителя центробежной сепарации в ГВФ позволяет повысить ресурс работы фильтра по сравнению с процессом фильтрования с неподвижной ФП более чем в два раза, в то время как использование вращение и вибрации без насадки продлевают ресурс работы в 1,5 раза (см. рис. 3) [8].



1 - фильтровальная перегородка неподвижна; 2 - фильтровальная перегородка вращается и вибрирует (без насадки); 3 - фильтровальная перегородка вращается и вибрирует (с насадкой)

Рисунок 3 - Ресурсная характеристика гидродинамического вибрационного фильтра при различных режимах его работы

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющиеся аналитические зависимости, выражающие основные закономерности процесса разделения жидких сред, успешно согласуются с результатами экспериментов, что позволяет говорить о достоверности предлагаемой авторами аналитической модели гидродинамического вибрационного фильтрования с использованием ускорителей центробежной сепарации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Малиновская, Т. А. Разделение суспензий в химической промышленности / Т. А. Малиновская, И. А. Кобринский, О. С. Кирсанов и др. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
2 Коваленко, В. П. Загрязнения и очистка нефтяных масел / В. П. Коваленко. – М.: Химия, 1978. – 304 с.
3 Девисилов, В. А. Гидродинамическое фильтрование в системе очистки и восстановления отработанных моторных масел / В. А. Девисилов, И. А. Мягков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том.1. – 2005. – с. 220 - 226.
4 Девисилов, В. А. Регенерируемый фильтр / И. А. Мягков, В. А. Львов, Е. Ю. Шарай // Патент на полезную модель. – 2014. – №149136.
5 Девисилов, В. А. Фильтр самоочищающийся / Е. Ю. Шарай, И. А. Мягков // Патент на полезную модель. – 2014. – №150505.
6 Девисилов, В. А. Фильтр гидродинамический вибрационный / И. А. Мягков Е. Ю. Шарай // Патент на полезную модель. – 2014. – №150506.
7 Девисилов, В. А. Аналитическая модель процесса разделения суспензий в гидродинамическом фильтре с вращающейся перфорированной перегородкой / В. А. Львов, Е. Ю. Шарай, И. А. Мягков // Безопасность в техносфере. – 2014. – Т. 3, №5, с. 32-41.
8 Девисилов, В. А. Использование гидродинамического вибрационного фильтрования для интенсификации процесса очистки жидкостей от механических загрязнений / И.А. Мягков, В.А. Львов // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках. Тезисы докладов XIX школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева. – 2013. – с. 415-416.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH OF HYDRAULIC AND FILTER CHARACTERISTIC OF LIQUID CLEANING APPARATUS

I.A. Myagkov, A.L. Belovolova
Moscow State Technical University Named After N.E. Bauman (National Research University), Moscow, Russia

Unique hydraulic and filter stand was created for experimental research of filter operation, allowing to carry out experimental research in wide range of constructive and performance parameters. Pneumatic-hydraulic circuit of experimental stand is presented, peculiarities of stand operation, it constructive and performance parameters are shown.

Key words: experimental research of filter, hydrodynamic vibration filter, centrifugal separation, resource of operation, efficiency of cleaning

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СВОЙСТВ АППАРАТОВ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ

И.А. Мягков, А.Л. Беловолова
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

Для экспериментального исследования работы фильтра создан уникальный гидравлический и фильтровальный стенд, позволяющий выполнять экспериментальные исследования в широком диапазоне конструктивных и режимных параметров. Представлена пневмогидравлическая схема экспериментального стенда, показаны особенности работы стенда, его конструктивные и режимные параметры.

Ключевые слова: экспериментальное исследование фильтра, гидродинамический вибрационный фильтр, центробежная сепарация, ресурс работы, эффективность очистки

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процессы фильтрации и фильтрования высоковязких жидких сред, особенно обладающих неньютоновскими свойствами, изучены недостаточно, в частности в условиях совместного протекания процессов, имеющих место в гидродинамическом вибрационном фильтре (ГВФ).Способ гидродинамического вибрационного фильтрования обладает новизной, несмотря на то, что отдельные механизмы способа – гидродинамический смыв осадка с поверхности фильтровальной перегородки [1], центробежная очистка жидкости [2], влияние вибрации на сепарационные процессы [3] и фильтровальные механизмы [4] ранее исследовались в разном объеме и тщательности изучения. При этом наибольшие сложности возникают при создании теории течения таких жидкостей через пористые структуры в нестационарных условиях. Теоретических исследований сочетанных гидродинамических процессов немного, они сложны и не дают полного представления о процессах очистки, тем более, что по теоретическим моделям и зависимостям из-за их сложности расчет может быть произведен только численным методом с использование современных и мощных программных продуктов [5]. Теоретические расчеты позволяют выявить основные механизмы процесса очистки и их значимость, но требуют экспериментального подтверждения, а создание конструкции аппарата невозможно без опытной отработки изделия. Для уточнения теоретической модели гидродинамического вибрационного фильтрования и разработки инженерных методик расчета необходимы экспериментальные исследования, для проведения которых создан экспериментальный стенд, позволяющий проводить испытания в широком диапазоне режимов и параметров очищаемой среды.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД

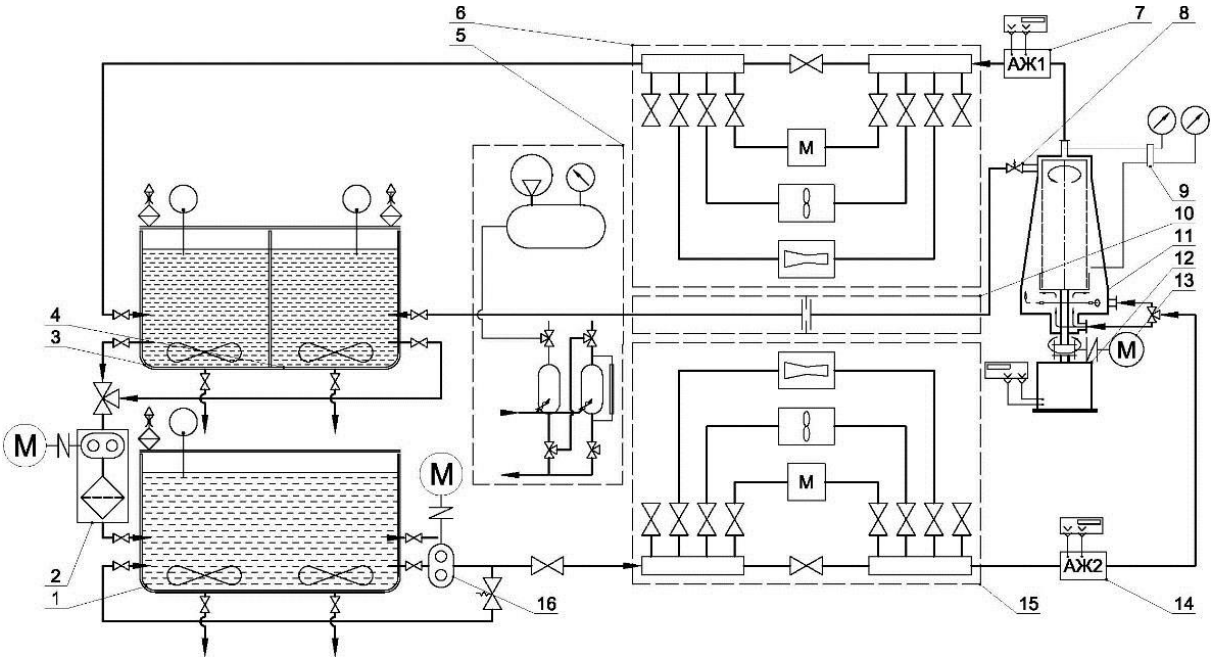
С целью экспериментального исследования течения, фильтрации и фильтрования жидкостей в стационарных и нестационарных условиях и для оптимизации конструктивных и режимных параметров ГВФ на кафедре «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н. Э. Баумана разработан, создан и испытан экспериментальный стенд с использованием модельного ГВФ, пневмогидравлическая схема которого представлена на рис. 1 [6].

Согласно данной схемы подача рабочей жидкости в систему фильтрования ГВФ возможна одним из двух способов: 1 – объемным способом из исходной емкости 1 с помощью шестеренчатого насоса 16; 2 – нагнетательной системой из находящихся под давлением двух ресиверов посредством наддува их сжатым воздухом компрессора 5.

Стенд работает следующим образом. Подготовленная в исходной емкости 1 или блоке 5 избыточного давления рабочая жидкость поступает в систему фильтрования ГВФ 11, где очищается от механических загрязнений

и поступает в емкость 3 с очищенной жидкости, в то время как концентрат загрязнений выводится из системы в емкость 4 с загрязненной жидкостью.

Вращение ФП обеспечивается электродвигателем 13 через клиноременную передачу, возвратно-поступательные движения ФП генерируются электродинамическим вибростолом 12, подключенным к ГВФ с помощью соединительного модуля.



1 – емкость исходная; 2 – фильтрационно-перекачивающая станция; 3 – емкость с очищенной жидкостью; 4 – емкость с перепускаемой жидкостью (концентратом загрязнений); 5 – блок подачи исходной жидкости компрессором; 6 – блок контроля расхода исходной жидкости;7 – анализатор контроля загрязнений очищенной жидкости; 8 – вентиль балансировочный для контроля расхода перепускаемой жидкости; 9 – датчик перепада давления на ФП;10 – блок контроля расхода загрязненной жидкости; 11 – ГВФ; 12 – вибростол электродинамический; 13 – электропривод вращения (электродвигатель) ФП с системой контроля частоты вращения; 14 – анализатор контроля загрязнений исходной жидкости; 15 – блок контроля расхода очищенной жидкости; 16 – насос шестеренчатый

Рисунок 1 - Пневмогидравлическая схема экспериментального стенда

Контроль расхода исходной, очищенной жидкости и концентрата загрязнений обеспечивается блоками контроля расхода 15, 6 и 10. В блоках контроля расхода исходной и очищенной жидкости соответственно 15 и 6 датчики расхода/расходомеры (турбинный, ротаметрический, магнитно-индукционный) установлены параллельно по отношению друг к другу. Это дает возможность контролировать расход жидкостей, отличающихся по своим физическим свойствам и загрязненными механическими примесями/твердыми частицами, без переустановки датчика. Контроль расхода концентрата загрязнений после ГВФ, обеспечивается

балансировочным вентилем 8 с датчиками расхода переменного перепада давления типа сопло (расходомерными диафрагмами). Перепад давления на ФП ГВФ определяется дифференциальным манометром 9.

Для контроля загрязнений, присутствующих в подаваемой на очистку и в очищенной жидкости, в системе установлены поточные анализаторы 14 и 7 жидкости. Они обеспечивают измерения счетной концентрации частиц механических примесей в потоках жидкостей по размерным группам в соответствии с ГОСТ 17216-2001, а также ISO 4406:1999.

Таблица 1

Основные технические и гидравлические характеристики ЭС

№ п. п.	Режим работы ГВФ / Параметры ГВФ	ФП неподвижна	ФП вращается	ФП вибрирует	ФП вращается и вибрирует
Параметры работы ГВФ					
1	Частота вращения ФП, об/мин	–	от 0 до 3 500	–	от 0 до 3 500
2	Частота вибрации ФП, Гц	–	–	от 0 до 200	от 0 до 200
3	Амплитуда вибрации ФП, мм	–	–	от 0,1 до 2,0	от 0,1 до 2,0
Параметры рабочей среды					
1	Вязкость жидкости, сСт	от 1 до 200	от 1 до 200	от 1 до 200	от 1 до 200
2	Плотность жидкости, кг/м^3	от 890 до 1263	от 890 … 1263	от 890 до 1263	от 890 до 1263
3	Плотность частиц загрязнений, кг/м^3	2500; 3200; 3900	2500; 3200; 3900	2500; 3200; 3900	2500; 3200; 3900
4	Массовая концентрация частиц загрязнений в жидкости, %	от 0,01 до 0,15	от 0,01 до 0,15	от 0,01 до 0,15	от 0,01 до 0,15
Параметры течения жидкости					
1	Расход жидкости, подаваемой на очистку, л/мин	от 0,1 до 40	от 0,1 до 40	от 0,1 до 40	от 0,1 до 40
2	Скорость фильтрации, м/с	от 0 до 0,060	от 0 до 0,060	от 0 до 0,060	от 0 до 0,060
3	Скорость продольного потока жидкости, м/с	от 0,1 до 1,0	от 0,1 до 1,0	от 0,1 до 1,0	от 0,1 до 1,0

Для обеспечения работы стенда по замкнутому контуру в системе фильтрования стенда установлена фильтрационно-перекачивающая станция 2, которая при необходимости может быть снабжена фильтрующим элементом требуемой тонкости очистки, обеспечивающим удаление из рабочей жидкости всех механических частиц, оставшихся после ГВФ. Очищенная таким образом жидкость может быть использована повторно для приготовления исходной рабочей жидкости.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ СТЕНДА

Входящий в состав установки ГВФ обеспечивает возможность проведения исследования при различных режимах работы ФП: ФП неподвижна (1); ФП вращается (2); ФП вибрирует (3); ФП вращается и вибрирует (4).В табл.1 приведены основные технические и гидравлические характеристики ЭС, дающие качественную и количественную оценку предполагаемого экспериментального исследования.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные испытания показали работоспособность экспериментального стенда, измерительного оборудования и используемого для обработки результатов измерений программного обеспечения.

Применение для измерения одного и того же параметра нескольких измерительных приборов и показанная при этом сходимость результатов показала достоверность эксперимента и правильность разработанной методики испытаний и обработки экспериментальных результатов. Это дает основания широкого применения стенда, измерительного оборудования и методики экспериментальных исследований для проведения всего объема запланированных испытаний для опытного определения и уточнения конструктивных и режимных параметров нового типа фильтра для различных типов рабочих сред и видов загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финкельштейн, З. Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин / З. Л. Финкельштейн. – М.: Недра, 1986. – с. 232.
2. Малиновская, Т. А. Разделение суспензий в химической промышленности / Т. А. Малиновская, И. А. Кобринский, О. С. Кирсанов и др. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
3. Гавриленко, П. В. Моделирование классифицирующей способности виброфильтра с гидродинамической связью. / П. В. Гавриленко., П. В. Мишта, С. П. Мишта, С. А. Трусов, А. Б. Голованчиков // Экологические системы и приборы. – 2008. – №2. – С. 14 – 17.
4. Белоглазов И. Н. Фильтрование технологических пульп / И. Н. Белоглазов, В. О. Голубев, О. Н. Тихонов, Ю. Куукка, Эд. Яскелянен. – М.: ФГУП «Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – С. 320.
5. Девисилов, В. А. Численное исследование структуры потоков в гидродинамическом фильтре. / Е. Ю. Шарай. // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т. 50. – №2. – С. 215.
6. Девисилов, В. А. Экспериментальное исследование гидродинамического вибрационного фильтра. / И. А. Мягков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2011. – №8. – С. 13.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

OIL SORBENT ON THE BASIS OF POLYURETHANE FOAM AND LIGNIN RECEIVED FROM THE WASTE OF RICE PRODUCTION

N.H. Ngia, Kuen Tkhi Kuin An, L.A. Zenitova
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Approaches of extraction from rice husk not only cellulose, but other valuable products like silicone dioxide, lignin. Sorbent was developed on the basis of elastic polyurethane foam filled in by lignin produced from the wastes of rice production. This sorbent is having some advantages.

НЕФТЯНОЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА И ЛИГНИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДОВ РИСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нго Хонг Нгиа, Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Разрабатываются подходы извлечения из рисовой шелухи не только целлюлозы, но и других ценных продуктов, таких как диоксид кремния, лигнин. Разработан сорбент на основе эластичного пенополиуретана, наполненный лигнином, полученном из отходов рисового производства. Данный сорбент обладает рядом преимуществ.

Настоящее исследование является продолжением серии работ по разработке технологии получения нефтяных сорбентов на основе пенополиуретана и отходов сельскохозяйственных производств, таких как шелуха гречихи, пшеницы, подсолнечника и т.п. Обычно эти отходы плохо подвергаются гниению и остаются на полях или являются неутилизируемыми отходами сельскохозяйственных производств. Это в большой мере относится к производству риса, культивирование которого имеет место в Краснодарском крае и на Дальнем востоке России. Кроме того, Вьетнам является вторым государством в мире по производству риса. При этом отходы рисового производства во Вьетнаме насчитывают 100 тыс. тон ежегодно. В составе таких отходов входят ценные продукты: диоксид кремния, лигнин, целлюлоза.

Традиционно разработка технологий извлечения полезных соединений базируется на получении одного из перечисленных продуктов. Остальные уходят в неутилизируемые отходы, которые также можно применить для получения других ценных продуктов. В данной работе представлены результаты исследования по разработке технологии совместного получения из отходов рисового производства диоксида кремния, лигнина и целлюлозы с максимальным выходом. Каждый из этих отходов находит свое практическое применение. Так диоксид кремния и целлюлоза используются в качестве наполнителя полимерных композиционных материалов на основе полиэтилена низкого давления, а лигнин в качестве наполнителя нефтяного сорбента на основе пенополиуретана.

В данной работе разрабатываются подходы извлечения из рисовой шелухи не только целлюлозы, но и других ценных продуктов, таких как диоксид кремния, лигнин. При обработке рисовой шелухи раствором NaOH при высокой температуре получается раствор, содержащий соединения кремния и лигнина, а оставшийся твердый остаток в своем составе содержит целлюлозу. Принципиальная технологическая схема описана на рисунке 1. Исследовали влияние основных технологических параметров (концентрации щелочи; температуры процесса щелочной варки; время варки) на эффективности процесса извлечния.

Выявлено, что оптимальными условиями щелочной варки шелухи риса для эффективного извлечения неорганических веществ, следует считать: соотношение рисовая шелуха: раствор = 1 : 10; концентрация водного раствора гидрата натрия 17,5%; температура варки 100^{o}C; время обработки 150 минут. Твердый остаток (в основном целлюлоза) в дальнейшем обрабатывают с целью получения наноцеллюлозы. Кремний и лигнин, растворенные в черной жидкости, выделяют и очищают методом кислотного осаждения на следующих стадиях.

Выход диоксида кремния и лигнина, а также эффективность их извлечения из рисовой шелухи приведены в таблице 1.

Процесс изготовления наноцеллюлозы состоит из трех основных этапов: отбеливание - гидролиз – измельчение (рис.1). Это комбинация химических методов (с использованием химических агентов) и механических методов (процесс измельчения).

Технологические условия процесса:

- соотношение исходный материал : раствор равно 1:10 (10г материал в 100мл раствора);
- расход H_2SO_4 40%: 5% по отношению к беленой целлюлозе (эквивалентно концентрации 0,5г/100мл раствора);
- температура обработки: 120 - 150^{o}C
- время процесса 2 часа.

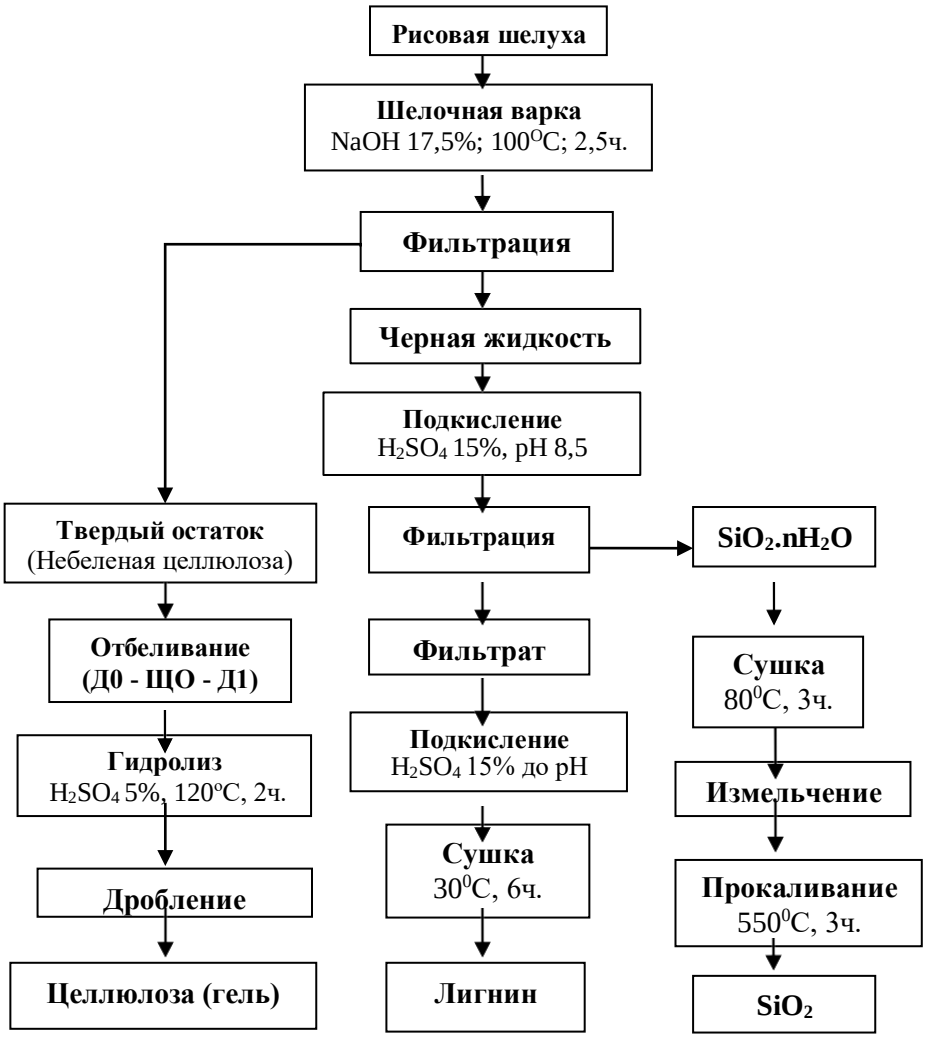


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства целевых продуктов из рисовой шелухи

Таблица 1

Выход и эффективность извлечения диоксида кремния и лигнина из рисовой шелухи

Материал	Выход, %	Эффективность извлечения,%
Диоксид кремния	10,07	64,0
Лигнин	5,8	17,4

В таблице 2 приведены показатели выхода и свойства полученной целлюлозы.

Таблица 2

Свойства целлюлозы до и после отбеливания

Свойства	Небеленная целлюлоза	Отбеленная целлюлоза
Содержание целлюлозы,%	57,3	65,0
Содержание лигнина,%	2,72	1,42
Зольность,%	2,35	2,10
Белизна, %	–	82,5
Кристалличность,%	59,8	71,9
Выход,%	55	45

Таким образом, на основе комбинации многих этапов обработки, получено три полезных продукта: лигнин, диоксид кремния и целлюлоза. Эффективность процесса приведена в таблице 3.

Таблица 3

Выход целевых продуктов разработанным совмещенным методом: кремнезема, лигнина и наноцеллюлозы

Выход, %	Сырье	Общий выход
Кремнезем	15,7	10,07
Лигнин	33,3	5,80
Целлюлоза	36,0	30,71
Итого		46,58

Очевидным преимуществом процесса является возможность одновременно получать несколько продуктов с высокой чистотой и выходом. По сравнению с другими методами, этот метод использует доступные и экономичные реагенты. Разработанная технология имеет существенные преимущества перед используемым в настоящее время процессом получения диоксида кремния методом пиролиза при высоких температурах. Синтетический диоксид кремния (аэросил) получают путем гидролиза паров тетрахлорида кремния в пламене кислорода при температуре 1100-1400°С, что делает этот процесс энергетически затратным, экономически неэффективным и неэкологичным. Кроме того, разработанный метод отличается низким энергопотреблением, технологичностью, простотой систем управления и не требует применения дорогого и специфического оборудования.

С использованием полученного кремнезема и целлюлозы, были изготовлены полимерные композиционные материалы на основе полиэтилена марки ПЭНД 273-83 при содержании наполнителя до 7,5% масс.

Таблица 4

Физико-механические показатели ПКМ на основе ПЭНД 273-83, наполненные растительными наполнителями

Содер-жание % масс.	Твердость по Шору А, усл . ед.		Относительное удлинение, %		Прочность при растяжении, МПа	
	SiO_2	целлюлоза	SiO_2	целлюлоза	SiO_2	целлюлоза
0	65,8		9,15		26,84	
1,0	65,4	63,5	9,30	8,60	28,90	27,30
2,5	65,6	64,5	9,25	8,50	30,75	28,50
5,0	66,2	65,5	9,05	8,32	**31,80**	**29,50**
7,5	66,3	64,8	9,45	8,25	28,50	27,20

Результаты, приведенные в таблице 4, показывают, что значение твердости и относительное удлинение не изменяются при увеличении количества наполнителя. При этом прочность ПКМ повышается, максимальное значение которой достигается при содержании диоксида кремния и целлюлозы 5% (выше ненаполненного аналога на 18,4% и 10% соответственно), далее с увеличением наполнения прочность падает.

Поскольку растительные наполнители диоксид кремния и целлюлоза существенно дешевле полимера, в состав которого они вводятся, то прослеживается экономичность ПКМ в целом.

Лигнин, полученный по разработанной технологии, использовался в качестве наполнителя пенополиуретанов (ППУ), применяемых в качестве нефтяного сорбента.

Известно, что лигнин является хорошим сорбентом как для жидкостей, так и для газов. Однако его форма в виде порошка не подходит для использования в качестве материала для ликвидации нефтеразливов на поверхности воды. Во-первых, порошкообразные сорбенты нетехнологичны с точки зрения нанесения на нефтяное пятно. Во-вторых, при извлечении насыщенного сорбента с него начинает стекать поглощенная нефть, вторично загрязняя водоем. Также насыщаясь, сорбент становится настолько тяжелым, что склонен к затоплению. Видимость ликвидации разлива существует, но вред от такого сорбента только увеличивается. Опустившись на дно водоема, сорбент затрудняет поступление кислорода, всплывает на поверхность воды в случае волнения. В этой связи порошкообразный продукт, каким является лигнин, целесообразно перевести в такую форму, которая бы способствовала увеличению нефтеемкости, и в тоже время не давала возможность опускаться на дно в сатурированном состоянии. Поэтому в качестве матрицы использовался ППУ, наполненный лигнином в количестве от 20 до 50 % масс. от суммы компонентов А и Б системы для получения эластичного ППУ.

Соотношение компонентов: А: Б = 100 : 60. После изготовления сорбента его измельчали до размеров частиц Dусл = 0,125см^3.

Принципиальная технологическая схема получения сорбента приведена на рис.2.

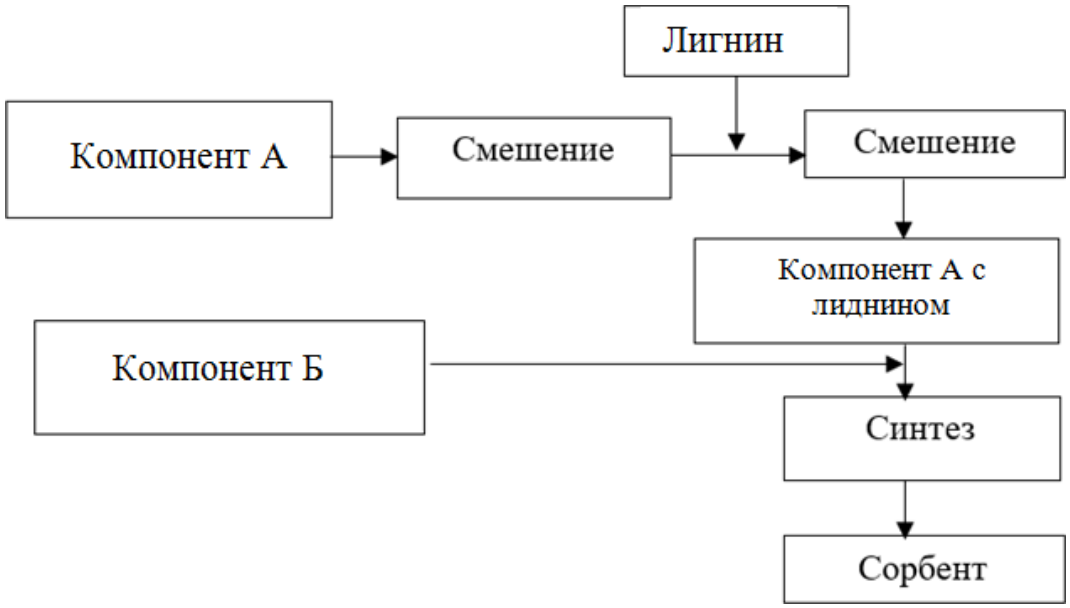


Рисунок 2 – Технологическая схема получения нефтяного сорбента

Было выявлено, что наполнение ППУ в количестве 40 и 50 % приводит к утяжелению сорбента, и он в насыщенном состоянии может затонуть. Поэтому дальнейшие исследования производились на сорбенте с 20% и 30% содержания лигнина. Нефтеемкость (водоемкость) оценивалась по формуле:

$$\text{Емкость} = \frac{м^2 - м_1}{м_1}, \quad (1)$$

где: $м_1$ –масса сухого сорбента, г

$м_2$ – масса сорбента после поглощения нефти (воды) через 5, 15, 20, 30, 60 и 120 минут, г

Из приведенных данных таблицы 5 видно, что нефтеемкость сорбента с содержанием лигнина 30% масс. выше, чем у сорбента с 20% наполнения. В первые 15-20 минут происходит быстрое поглощение нефти. Через 20-30 минут сорбция ППУ достигает равновесного состояния.

На практике разливы нефти чаще всего происходят на водной поверхности. Для выявления преимущественной способности поглощать нефть или воду были проведены исследования сорбционной емкости сорбентов по отношению к воде (таб. 5). Видно, что нефтеемкость сорбента независимо от степени наполнения выше, чем водоемкость.

Таблица 5

Кинетика процесса сорбции нефти и воды сорбентом на основе ППУ и лигнина (Л)

Время, мин	Нефтеемкость, г/г		Водоемкость, г/г	
	Л-20	Л-30	Л-20	Л-30
5	3,41	3,67	2,11	2,5
15	5,80	6,10	3,42	3,69
20	5,90	7,20	4,60	4,78
30	6,00	7,61	5,02	5,10
60	6,21	8,40	5,09	5,30
120	6,46	8,49	5,10	5,42

Оценивать поглощающую способность сорбентов по отношению к нефти в сравнении со способностью поглощать воду принято производить по показателю «а», который определяется как отношение его водоемкости к нефтеемкости по уравнению:

$$a = \frac{\text{водоемкость}}{\text{нефтеемкость}}, \quad (2)$$

где a = 1 - адсорбция нефти и воды одинакова;
a < 1- адсорбент сорбирует нефть лучше воды;
a > 1- адсорбент сорбирует воду лучше, чем нефть

Таким образом, показатель «а» для сорбента с 20% наполнения составляет 0,79, а для сорбента с 30% наполнения 0,64 (при 120 мин. процесса адсорбции).

В заключение следует отметить, что разработан сорбент на основе эластичного пенополиуретана, наполненный лигнином, полученном из отходов рисового производства в количестве 20 и 30 % масс. нефтеемкостью 6,46 и 8,49 г/г соответственно.

Преимущества сорбента заключаются в том, что он обладает высоким коэффициентом рентабельности на поглощенный литр нефти, не тонет даже в сатурированном состоянии, обладает высокой скоростью сорбции (90% поглощения за 15-20 минут), легок в эксплуатации, благодаря своей высокой эластичности дает возможность извлекать поглощенное вещество путем отжима или центрифугирования, нетоксичен для человека, водной фауны, животного и растительного мира, изготавливается на основе доступного возобновляемого сырья.

SEVENTH INTERNATIONAL
ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

COMPOSITE SORBENTS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM COLORING MATERIALS

A.A. Solomennikova, Ju. Ju. Kolupaeva
Vyatka State University, Kirov, Russia

Coloring materials are developed from fly ash and cellulose fiber. Sorption capacity of sorbents is determined exceeding 2.5 times sorption capacity of sawdust.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ

А.А. Соломенникова, Ю.Ю. Колупаева
Вятский государственный университет, г.Киров, Россия

Разработаны композиционные сорбенты из золы уноса и целлюлозного волокна. Определена их сорбционная емкость, превышающая в 2,5 раза сорбционную емкость опила.

1. ВВЕДЕНИЕ

По объему потребления природной воды для производственных процессов текстильная промышленность занимает одно из ведущих мест. Вода требуется в технологических процессах для создания красильного раствора, подготовки тканей, промывки оборудования и др. Из большого объема водопотребления следует образование также большого объема производственно-технологических сточных вод.

Производственные сточные воды представляют собой сложную гетерогенную систему. Основную массу загрязнений представляют отработанные реагенты технологических процессов: красители различных классов, поверхностно-активные вещества, вспомогательные вещества, шлихта, аппретурные препараты [1].

Для очистки сточных вод текстильной промышленности применяют физические и физико-химические методы (флотация, отстаивание, фильтрование, сорбционныеи другие).

Одним из наиболее распространенных методов очистки сточных вод текстильной промышленности является сорбция. Сорбенты, применяемые в

промышленной практике, по составу подразделяются на минеральные и углеродные. К минеральным относятся глины, силикагели, алюмогели и т.д. К углеродным сорбентам относятся активные угли, углеродные волокна, смолы и другие материалы.

2. МИНЕРАЛЬНЫЕ АДСОРБЕНТЫ

Минеральные адсорбенты в значительной степени гидрофильны. На поверхности материалов находятся функциональные группы, которые образуют с молекулами воды прочные водородные связи. Средняя энергия связей составляет 30-40 кДж/моль. При данных величинах происходит адсорбция молекул воды из водного раствора, когда происходит использование оксидного, гидроксидного, алюмосиликатного материала. Благодаря дисперсионному взаимодействию молекул органического вещества с атомами адсорбента, которые располагаются на поверхности, обеспечивается удерживание у поверхности адсорбента молекул органических веществ[2].

3. УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ

Из углеродных сорбентов наиболее применим в настоящее время активный уголь. Материалом для получения активного угля может служить уголь, древесина, отходы целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности. Активные угли, применяемые в процессах очистки сточных вод, должны соответствовать следующим требованиям: крупнопористость, небольшая удерживающая способность (если необходима регенерация компонентов), смачиваемость, отсутствие истирания, минимальная каталитическая активность в разнообразных реакциях, способность к регенерации и т.д.

Кроме классификации по составу, возможна классификация адсорбентов по происхождению (целевые продукты и вторичные). Все вышеописанные сорбенты относятся к целевым.

В качестве вторичного применяют, например, опил, предварительно обработанный минеральной кислотой [3]. Такая загрузка обладает хорошей проницаемостью и высокой поглотительной емкостью. Кроме того, для сорбции используют отходы и других производств, например, ТЭЦ: остаточный бурый уголь (ОБУ) и алюмосиликатные микросферы (АСМС), образующиеся при сжигании органического топлива и концентрирующиеся в золошлаковых отходах (ЗШО), зола уноса[4-6].

Описана возможность применения в качестве сорбента целлюлозного волокна [7].

4. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Приготовление модельной сточной воды. Готовили модельную сточную воду с содержанием дисперсного красителя 0.17 г/л.

2. Приготовление сорбентов. Сорбенты готовили из смеси золы уноса ТЭЦ и целлюлозного волокна. Для приготовления сорбента 1 (зола ТЭЦ в смеси с легким целлюлозным волокном) 100 г волокна измельчали, вымачивали в дистиллированной воде до размягчения и гомогенизировали. Далее добавляли 100 г золы ТЭЦ, перемешивали. После этого материал высушивали в течение 24 часов. Сорбент 2 готовили аналогичным способом, но смешение золы производили с тяжелым целлюлозным волокном.

3. Определение концентрации красителя в модельной сточной воде (СВ). Приборы и аппараты - фотоколориметр КФК-3КМ.

4. Построение калибровочного графика. В колбы вместимостью 50 $см^3$вносят 0.005 г, 0.01 г, 0.015 г, 0.02 г сухого красителя и доводят объем до метки дистиллированной водой. Получаем растворы с концентрациями 0.1 г/л, 0.2 г/л, 0.3 г/л, 0.4 г/л.

5. Определение оптической плотности СВ. Для определения оптической плотности СВ используют фотоколориметр. Устанавливают длину волны λ=450 нм. Определение оптической плотности проводят относительно дистиллированной воды. Концентрацию красителя определяют с помощью калибровочного графика.

6. Очистка СВ сорбцией. Готовые сорбенты загружали в сорбционные колонки, промывали дистиллированной водой до достижения оптической плотности, равной оптической плотности воды.

Модельную сточную воду пропускали через колонки до тех пор, пока концентрация красителя в очищенной сточной воде не достигала исходной.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе были исследованы сорбционные свойства материалов, полученных из отходов производств (опил, зола ТЭЦ в смеси с легким целлюлозным волокном, зола ТЭЦ в смеси с тяжелым целлюлозным волокном).

На рисунке 1 приведены результаты определения степени очистки сточных вод текстильной промышленности, содержащих красители, исследуемыми сорбентами.

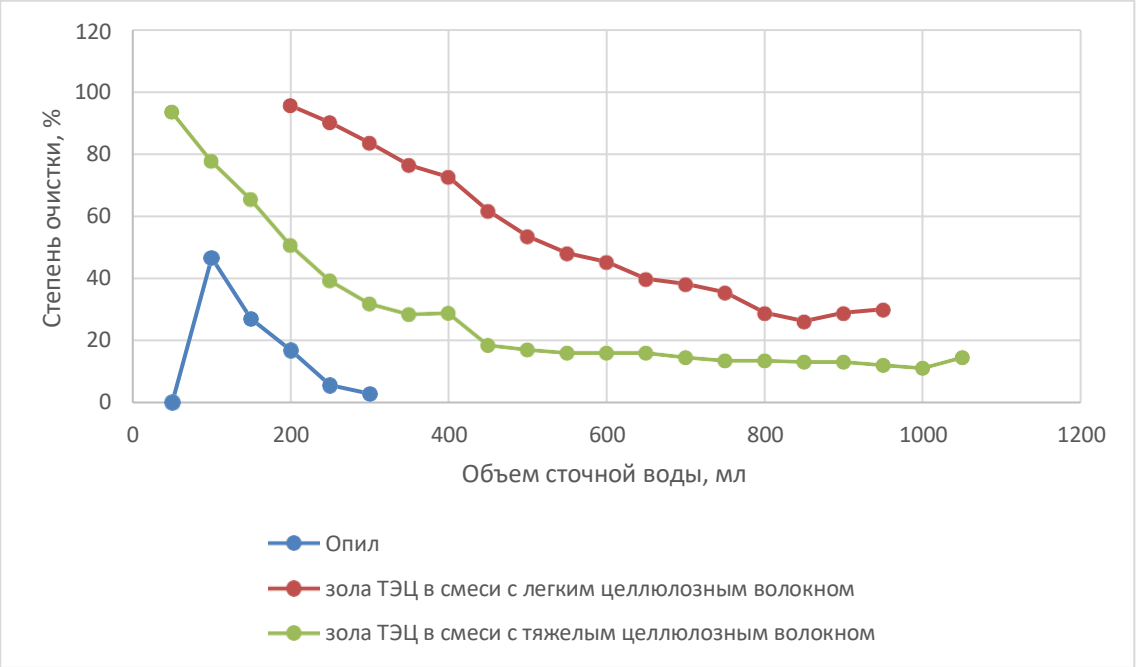


Рисунок 1 - Результаты определения степени очистки сточных вод текстильной промышленности, содержащих красители, исследуемыми сорбентами

Как видно из рисунка 1, используемые сорбенты, а именно опил, зола ТЭЦ в смеси с легким целлюлозным волокном, зола ТЭЦ в смеси с тяжелым целлюлозным волокном имеют следующие максимальные степени очистки: 54,91 %, 95,63 %, 93,60 %соответственно. Кроме того, опил, имея минимальную степень очистки, способен очистить небольшой объем сточных вод.

Таблица 1

Сорбционная емкость исследуемых сорбентов

Сорбент	Сорбционная емкость $\cdot 10^3$, г/г
зола ТЭЦ в смеси с легким целлюлозным волокном	4,5
зола ТЭЦ в смеси с тяжелым целлюлозным волокном	4,5
Опил	1,8

Как видно из табл.1, разработанные сорбенты обладают равной сорбционной емкостью, превышающей в 2,5 раза сорбционную емкость опила.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные сорбенты на основе отходов производства можно использовать для эффективной очистки сточных вод текстильной промышленности от красителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замкнутая система водопользования на предприятиях легкой промышленности [Текст] / С.В. Яковлев, Л.В. Алферова, Т.В. Дятлова, Е.В. Соколова, И.Н. Чурбанова, М.М.Тазутдинов, М.Н. Ворожбитова//Текстильная промышленность.- 1996.- №5.
2. Когановский, А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод – Киев: Наука. Думка, 1983. – 240 с.
3. Пат. 2251449 Российская Федерация, МПК B01J20/24. Способ получения сорбента для очистки сточных вод [Текст]/ Косов В.И., Баженова Э.В., Ходяков Г.М., Ходякова Т.Г., Савенкова, Е.Н.; заявитель и патентнообладатель Тверской государственный технический университет, заявл. 10.12.2003; опубл. 10.05.2005.
4. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанции. /ЗАО «Геоинформмарк», М.:2001, 68с.
5. Сорбенты из отходов ТЭС [Текст] / М.Н.Самусева, А.В. Житов // Успехи современного естествознания. - 2010. - № 10. - 54-55 с.
6. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС[Текст] / Ю.К.Целыковский// Новое в российской энергетике. Энергоиздат. - 2000. - № 2. -22-31 с.
7. Неоднородные сорбенты [Текст] / А.Н.Лукьянов // Красноярск: Сибирский федеральный университет. - 2012. - 188 с.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

ECOLOGICAL POLICY OF "AVTOVAZ" JOINT STOCK COMPANY: CONTINUOUS ECOLOGICAL IMPROVEMENT

Bernard Sonilhac[1], N.V. Eremin[1], V.V. Podurueva[1], A.V. Vasilyev[2]
[1]"AVTOVAZ" Joint Stock Company, Togliatti, Russia
[2]Samara State Technical University, Samara, Russia

The management of "AVTOVAZ" joint stock company officially proclaimed the policy in the field of ecological management for commitments demonstration to maintain and improve the results of ecological activity during design, purchasing, production, deliveries of cars, spare parts and accessories to them. Peculiarities of realization of ecological policy of "AVTOVAZ" joint stock company are considered. The company is consistently realize ecological policy, supports system of ecological management on high level and continuously improves it.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА АО "АВТОВАЗ": НЕПРЕРЫВНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Б. Сонилак[1], Н.В. Еремин[1], В.В. Подуруева[1], А.В. Васильев[2]
[1]Акционерное общество «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия
[2]Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Руководство АО «АВТОВАЗ» официально провозгласило политику в области экологического менеджмента для демонстрации обязательств по поддержанию и улучшению результатов экологической деятельности при проектировании, закупках, производстве, поставках автомобилей, запасных частей и комплектующих к ним. Рассмотрены особенности реализации экологической политики в АО «АВТОВАЗ». Предприятие последовательно реализует экологическую политику, поддерживает систему экологического менеджмента на высоком уровне, и непрерывно её совершенствует.

Под экологической политикой понимается система мероприятий, связанных с влиянием общества на природу [2]. Экологическая политика организации предполагает определенную совокупность намерений и принципов относительно экологических показателей её деятельности, которая создает основу для разработки конкретных целей и задач.

Руководство АО «АВТОВАЗ» официально провозгласило политику в области экологического менеджмента для демонстрации обязательств по

поддержанию и улучшению результатов экологической деятельности при проектировании, закупках, производстве, поставках автомобилей, запасных частей и комплектующих к ним. АО "АВТОВАЗ" имеет чётко сформулированную и реализуемую экологическую политику, которая постоянно актуализируется исходя из новых возникающих задач. При этом экологическая политика компании постоянно корректируется.

В последней редакции № 11 (приложение №1 к приказу от 12.09.2019 №351, подписанному президентом АО «АВТОВАЗ» Ивом Каракатзанисом) политика АО "АВТОВАЗ" в области экологического менеджмента предполагает следующее: АО «АВТОВАЗ», являясь крупнейшим в России производителем продукции под брендами LADA и стратегического партнера Альянса Renault-Nissan-Mitsubishi, берет на себя обязательства:

• предотвращать загрязнение окружающей среды, применяя современные методы разработки продукции и технологии, используя передовой отечественный и зарубежный опыт, обеспечивая стабильность процессов производства;

• соблюдать действующие в Российской Федерации законодательные, нормативные и другие требования, принятые в АО «АВТОВАЗ» и применимые к экологическим аспектам деятельности;

• защищать окружающую среду путем последовательного сокращения негативного воздействия экологических аспектов деятельности АО «АВТОВАЗ»;

• рационально использовать природные, энергетические, материальные ресурсы и сокращать их удельное потребление на единицу продукции, повышать энергоэффективность производственных процессов;

• повышать уровень экологической компетентности и осведомленности работников;

• обеспечивать вовлечение работников в деятельность по управлению экологическими рисками, достижению экологических целей и показателей, повышению результативности системы экологического менеджмента;

• стремиться к предупреждению нештатных, аварийных ситуаций и минимизации их возможных последствий для окружающей среды, действуя по принципу: проще предупредить загрязнение, чем устранять его последствия;

• информировать контрагентов об экологических требованиях, принятых в АО «АВТОВАЗ»;

• своевременно уведомлять потребителей об использовании в автомобилях материалов, соответствующих международным экологическим нормам.

Руководство АО «АВТОВАЗ» принимает на себя ответственность за обеспечение постоянного улучшения экологической деятельности в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14001 и повышение результативности системы экологического менеджмента АО «АВТОВАЗ» в интересах настоящего и будущего поколений.

Одним из принципов экологической политики АО «АВТОВАЗ» является непрерывное экологическое совершенствование. Реализуя его, предприятие принимает эффективные меры по минимизации экологического ущерба в процессе производственной деятельности.

Экологическая политика АО «АВТОВАЗ» получает высокую оценку со стороны независимых международных аудиторов. На предприятии успешно реализуется система экологического менеджмента, функционирование которой является основой для уравновешивания экономических и экологических интересов.

В АО "АВТОВАЗ" с целью совершенствования природоохранной деятельности внедрена система экологического менеджмента, которая в 2005 году была сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ИСО 14001. В рамках плановых ре-сертификационных аудитов предприятие регулярно подтверждает свое соответствие требованиям стандарта.

Цель реализации системы экологического менеджмента предприятия заключается в достижении контроля над всеми воздействиями на окружающую среду со стороны предприятия путем обеспечения:

- тщательного анализа экологических проблем и воздействий, связанных с деятельностью компании;
- поддержания на должном уровне процедуры экологического аудита;
- надлежащего экологического обучения и ответственности персонала;
- высокого уровня экологической отчетности и пр.

АО "АВТОВАЗ" последовательно из года в год выполняет взятые на себя обязательства по минимизации техногенного воздействия деятельности на экосистему: снижает вредные выбросы в атмосферный воздух, занимается переработкой отходов, стремится к рациональному использованию ресурсов [1, 3-6].

Сотрудники компании постоянно получают дополнительное образование в сфере экологической безопасности. На учебу в первую очередь направляются лица, ответственные за принятие решений: руководители, главные инженеры, специалисты подразделений.

Следует отметить, что в рамках реализации экологической политики АО «АВТОВАЗ» руководствуется принципами открытости и достоверности предоставляемой информации об экологической деятельности предприятия, постоянно участвует в различных публичных мероприятиях, где представляет текущее состояние и достигнутые результаты в обеспечении эффективного функционирования системы экологического менеджмента.

АО «АВТОВАЗ» активно участвует в реализации социально значимых экологических акций и проектов, помогает учебным заведениям Самарской области в подготовке профессиональных экологических кадров, в том числе тесно сотрудничает с кафедрой «Химическая технология и промышленная экология» Самарского государственного технического университета.

АО «АВТОВАЗ» является постоянным организатором международных экологических конгрессов ELPIT с самого начала их проведения.

В 2018-19 гг. предприятием реализован целый ряд мероприятий в области обеспечения экологической безопасности производства, в том числе:
- внедрены новые, экологически менее опасные материалы («ТЕМП – АКТИВ 5») на операции обезжиривания установок противозадирного фосфатирования стальных деталей;
- оборудованы два места накопления пастообразных отходов 3 класса опасности в соответствии с требованиями законодательства;
- выполнен капитальный ремонт участка трубопровода подачи СОЖ для исключения утечек;
- произведена замена газоочистных устройств на 20 ИЗАВ;
- исключен сброс шлаков металлургических в шламонакопитель (отходы вывозятся на полигон), и др.

Таким образом, предприятие последовательно реализует экологическую политику, поддерживает систему экологического менеджмента на высоком уровне, и непрерывно её совершенствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В., Заболотских В.В., Подуруева В.В. Оценка возможного ущерба ихтиофауне Куйбышевского водохранилища в зоне влияния выпуска сточных вод ОАО "АВТОВАЗ". В сб. трудов V международного экологического конгресса (VII международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" ELPIT-2015, гг. Самара-Тольятти, 16-20 сентября 2015 г., изд-во АНО "Издательство СНЦ", г. Самара. Т.4, научный симпозиум "Экологический мониторинг промышленно-транспортных комплексов", с. 80-86.
2. Васильев А.В., Рябов В.М., Васильева Л.А. Основы менеджмента. Психология менеджмента. Экологический менеджмент. Учебное пособие. - г. Тольятти, Изд-во Тольяттинского химико-технологического колледжа, 1996 г., 94 с.
3. Подуруева В.В., Васильев А.В. Особенности реализации системы экологического менеджмента компаний различного масштаба. В сб. трудов шестого международного экологического конгресса (восьмой международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" ELPIT-2017, 20-24 сентября 2017 г., гг. Самара – Тольятти, Россия: Изд-во "ELPIT". Отпечатано в АНО "Издательство СНЦ". 2017. Т. 6, научный симпозиум "Проблемы и инновационные решения в области инженерного обеспечения экологической и промышленной безопасности урбанизированных территорий" - с. 148-154.

4. Сонилак Б., Еремин Н.В., Подуруева В.В., Васильев А.В. Система экологического менеджмента ОАО "АВТОВАЗ": непрерывное совершенствование. В сб. трудов шестого международного экологического конгресса (восьмой международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" ELPIT-2017, 20-24 сентября 2017 г., гг. Самара – Тольятти, Россия: Изд-во "ELPIT". Отпечатано в АНО "Издательство СНЦ". 2017. Т. 5, научный симпозиум "Урбоэкология. Экологические риски урбанизированных территорий" - с. 182-185.
5. Khamidullova L.R., Vasilyev A.V. Approaches for the reduction of negative impacts of lubricating cooling liquids in industrial sites: the AVTOVAZ case study. В книге: Health, work and social responsibility. Book of abstracts of VIII international scientific conference (IOHA-2010). International occupational hygiene association IOHA. 2010, p. 40.
6. Vasilyev A.V., Khamidullova L.R., Podurueva V.V., Solovyov S.G. Investigation of toxicity of waste water of "AVTOVAZ" company by using biological testing methods. Safety of Technogenic Environment. 2012. № 2, pp. 72-75.

SEVENTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2019

25-28 September 2019, Samara-Togliatti, Russia

INTEGRATED APPROACH TO REHABILITATION OF SOIL CONTAMINATED BY OIL PROCESSING PRODUCTS

S.N. Tankikh, V.V. Zabolotskikh, A.V. Vasilyev
Samara State Technical University, Samara, Russia

Basing on experimental studies, the authors of paper are proposing integrated approach to soils treatment from oil pollution by a combination of adsorption, bioremediation and bioaugmentation.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

С.Н. Танких, В.В. Заболотских, А.В. Васильев
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Авторы статьи на основании экспериментальных исследований предлагают для очистки почв от загрязнений нефтепродуктами комплексный подход на основе сочетания адсорбции, биоремедиации и биоаугментации.

Загрязнение почвы из-за утечки нефти или продуктов её переработки является острейшей проблемой нефтяной промышленности. Загрязнение почвы происходит в результате нарушения технологии добычи, переработки и транспортировки нефти. Так же этому способствуют аварийные ситуации.

Опасны не только крупные аварии на водном и железнодорожном транспорте, при прорыве нефтепроводов, но и мелкоочаговые загрязнения вокруг многочисленных баз хранения и распределения топливно-смазочных материалов (ТСМ), топливозаправочных станций, при хранении и ремонте техники. Например, в Российской Федерации имеется около 36 тыс. хозяйственных баз ТСМ и около 2 500 районных баз, через которые ежегодно проходит примерно 10 млн. тонн бензина и 20 млн. тонн дизельного топлива. Из-за несовершенства оборудования этих баз, небрежного обращения с нефтепродуктами: их потери на испарение, утечки и проливы по приближенным оценкам составляют около 0,4-2,3 % годового оборота. Иными словами, в год потери нефтепродуктов на хозяйственных базах составляют от 120 до 690 тыс. тонн. В этих же пределах находятся и потери на районных базах. Несмотря на сравнительно небольшие потери, приходящиеся на одну базу, они представляют большую экологическую

опасность, так как создают мелкоочаговое, но практически равномерное загрязнение обжитых районов страны. Нефть и нефтепродукты являются одними из основных загрязнителей окружающей среды и в первую очередь почвы (Коронелли Т.В., 1996).

Загрязнение почв нефтепродуктами является наиболее устойчивым и опасным. Нижний безопасный уровень содержания нефтепродуктов в почвах составляет 1000 мг/кг. Если загрязнение ниже этого уровня, то в почвенных экосистемах происходят процессы самовосстановления. Верхний безопасный уровень содержания нефтепродуктов зависит от типа почвы, климатической зоны и состава нефтепродуктов.

На современном этапе развития нефтедобывающей промышленности не представляется возможным исключить её воздействие на окружающую среду, поэтому возникает необходимость в разработке эффективных методов и технологий для восстановления загрязнённых нефтью земель.

Наиболее предпочтительными с экологической точки зрения являются методы биологической очистки почвы от загрязнения нефтепродуктами.

Проблемой загрязнения и восстановления почв, загрязнённых нефтью занимаются многие российские и зарубежные исследователи: Ю. Н. Пиковский, Н. П. Солнцева (1981), Н. П. Ильина (1982), Н. Д. Ананьева (2003), Н. М. Исмаилов (1988), Ф. Х. Хазиев и др. (1988), Д. Г. Звягинцев и др. (1989), М.Н. Глазковская (1988), Р. К. Андерсен (1994) Г. Г. Ягафарова (2003) Д. Ю. Ступин (2009), Y. B. Acar, R. J. Gale, G. Putnam, J. Hamed, 1989, A. N. Alshawabkeh, Y. B. Acar (1992), Н. А. Киреева и др. (1996, 2000, 2001, 2002, 2008), Т. С. Шорина (2009), Л. Г. Ахметзянова (2011), R. S. Pohren, J. A. V. Rocha, K. A. Horn, V. F. Vargas (2019).

Для изучения эффективности биологических технологий в очистке почвы от нефтяных загрязнений и продуктов переработки нефти нами были проведены экспериментальные исследования.

Опыт проводился с целью сравнительной оценки эффективности использования доломитовой муки в качестве природного адсорбента, сосновых опилок, как в качестве природного адсорбента, так и биостимулятора, и биопрепарата «Байкал ЭМ 1»» для деструкции лёгких продуктов переработки нефти. Мы взяли три образца серой лесной почвы, загрязнённой продуктами переработки нефти (бензин «Калоша»). Первый образец являлся контрольным. Во втором образце было взято 300г. почвы + 50 г доломита. В третьем образце: 300г почвы + 50г доломита + 50г сосновых опилок и измельчённой сосновой коры. К каждому образцу добавили биопрепарат «Байкал ЭМ 1» по 50 мл. Биопрепарат вносили в виде водного раствора из расчёта 100 мл жидкого биопрепарата на 10 литров воды. В качестве фитомелиоранта засеяли все образцы люцерной. Всходы начали появляться на 3 день после посева. Количество всходов: первый образец – 10% от числа посеянных семян, второй образец – 90%, третий образец – 100%. Затем посевы люцерны были занесены в почву и проведён тест анализ на фитотоксичность. Экспресс – анализ на фитотоксичность показал

эффективность комплексного подхода к очистке почв от продуктов переработки нефти [4, 5, 6, 7].

Рассмотрим достоинства этого подхода. Известно, что на сегодняшний день одним из наиболее распространенных материалов, применяемых для очистки почв от нефтепродуктов, являются различные сорбенты на синтетической основе. Но они имеют достаточно высокую стоимость. И кроме того отработанные сорбенты необходимо утилизировать. Некоторые из них не разлагаются под действием естественных факторов или в результате разложения образуются токсичные соединения, которые сами становятся источником экологической опасности. В связи с этим представляет интерес получение и использование экологически безопасных сорбентов на основе природных материалов. Мы предлагаем использовать для этого доломитовую муку. Доломит обладает абсолютной нетоксичностью по отношению к любым живым существам [1, 2].

Смешение загрязнённой нефтью почвы с сосновыми опилками и сосновой корой ускоряет на порядок скорость разрушения нефти за счёт способности микроорганизмов, существующих на поверхности коры, к разрушению сложных углеводородов, входящих в состав сосновой смолы, а также адсорбции нефтепродуктов корой.

Высокоэффективным приемом обезвреживания почв от нефтепродуктов является посев в нефтезагрязнённую почву определенных растений. Своей развитой корневой системой они способствуют улучшению газовоздушного режима почвы, обогащают ее азотом и биологически активными соединениями. Этот метод разложения вредных веществ в почве называется фитодетоксикацией. Люцерна, используемая с данной целью, оказывает большое влияние на повышение плодородия почвы, обогащает её азотом, и способствует созданию прочной мелкокомковатой структуры.

«Байкал ЭМ 1» имеет следующий состав: молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, сахаромицеты, культуральная жидкость. Действие его основано на активизизации деятельности полезной почвенной микрофлоры и накопление питательных веществ в почве [3, 4].

Комплексное использование методов адсорбции, биостимулирования и аугментации позволяет ускорить процесс деградации нефтепродуктов. Это позволяет снизить стоимость ремедиации и провести её в более короткие сроки.

С учетом существующих технологий и методов ремедиации и рекультивации в зависимости от уровня загрязнения почв нефтепродуктами и особенностей почв Самарского региона, на основании полученных экспериментальных данных мы разработали комплекс мероприятий на основе применения методов фито- и биоремедиации. Данный комплекс мероприятий проведения ремедиационных и рекультивационных работ включает ряд последовательных этапов.

1 этап. Оценка площади и степени загрязнения. Проводится отбор исходных проб почвы и химико-аналитические измерения для оценки структуры, свойств и агрохимического состояния почвы. Отбор осуществляется согласно нормативным документам. В отобранных пробах определяется содержание нефтепродуктов, наличие питательных элементов (азота, фосфора, калия), pH, общее микробное число, содержание углеводородокисляющих микроорганизмов. Для экспресса - определения токсичности загрязнённых почв, степени и характера загрязнения можно использовать метод тестирования фитотоксичности.

2 этап. Локализация и изоляция нефтяного загрязнения с помощью механических и физических методов. Механические методы по локализации загрязнений должны гарантированно обеспечить защиту рабочего участка от повторного нефтяного загрязнения.

3 этап. Подготовка объекта к биологической очистке. Предварительная очистка (техническая рекультивация). Задачей технической рекультивации (вспашка, рыхление загрязнённой почвы без отвала) является максимальное удаление нефти техническими средствами и подготовка объекта к биологической очистке.

4 этап. Биологическая очистка на основе методов фито и биомередиации. Биологическая очистка с использование комплекса методов биостимулирования, аугментации и фиторемедиации.

5 этап. Мониторинг и контроль эффективности процесса очистки. Мониторинг и контроль процесса ремедиации на всем протяжении очистки и рекультивации почв от нефтепродуктов. Для определения фитотоксичности очищаемых почвогрунтов используется метод автотестирования, основанный на влиянии анализируемого субстрата на прорастание семян.

6 этап. Рекультивация почвы и полное восстановление территории. Рекультивация территории с целью восстановления плодородия почв на основе фитомелиорации (посев люцерны и внесения природных сорбентов – доломитовой муки и сосновых опилок).

Таким образом, комплексное использование методов биостимулирования и аугментации позволяет ускорить процесс деградации нефтепродуктов, снизить стоимость ремедиации и провести её в более короткие сроки. Внесение оптимальной дозы доломита и сосновых опилок в почву, загрязнённую нефтепродуктами, создаёт благоприятные условия для биодеградации ксенобиотиков аборигенной микрофлорой за счёт снижения концентрации загрязнителя и увеличения значения pH до 6,5 – 8,0. Применение доломита способствует улучшению агрохимических свойств почв и лучшему восстановлению почвенных биосистем. Внесение оптимальной дозы доломита и сосновых опилок оказывает положительное влияние на рост люцерны, используемой в качестве фитомелиоранта. При очистке почв от нефтяных загрязнений предпочтительно использовать биотехнологический комплекс очистки и рекультивации почвы, на основе

сочетания различных биологических методов и их комплексного применения.

В результате проведения экспериментов была рекомендована к применению наиболее эффективная и оптимальная модель комплексного применения различных способов и методов биологической очистки почв от нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Andrade, J.A., Augusto, F., Jardim, I.C.S.F. (2010). Bioremediation of soils contaminated by petroleum and its derivatives. Eclética Química, 35(3), 17–43.
2. Brunner C., Wolf V., Bachofen R., Enrichment of bitumen – degrading microorganisms. // FEMS Lett., 1987, v. 43, p. 337 – 344.
3. Ivanov V. N., Kachur T. L., Dulgerov A. N. Degradation of the hydrocarbons by thermophylic denitrifying bacteria. // Микробиол. ж., 1995, т. 57, № 2, с. 85 – 94.
4. Заболотских В. В., Васильев А.В., Танких С.Н. Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязнённых земель. /Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 20, № 5(3), 2018
5. Заболотских В. В., Танких С.Н., Васильев А.В.Получение биосорбентов на основе природных материалов для очистки почв от нефтяных загрязнений. Доклады Международной конференции «Композит-2019» 21 – 23 мая 2019 года Энгельс 2019
6. Заболотских В.В., Танких С.Н., Заболотских А.Н. Development of bioactive capsules for soil restoration in spent quarries Разработка биоактивных капсул для восстановления почвенного покрова на отработанных карьерах/ Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration” - Reports in English (August 15, 2019. Beijing, PRC). С.156 – 161.
7. Заболотских В.В., Танких С.Н., Заболотских А.Н., Васильев А.В. Разработка биоактивных рекультивантов для детоксикации и восстановления техногенно нарушенных земель /Научные разработки: евразийский регион: материалы международной научной конференции теоретических и прикладных разработок (г. Москва, 16 августа 2019 г.) / отв. ред. Д.Р. Хисматуллин. – Москва: Издательство Инфинити, 2019. – 98 с. С.82 – 89.
8. Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводородов в окружающей среде (Обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. - Т. 32. - №6. - С.579-585.
9. Танких С.Н., Заболотских В.В. Диагностика, восстановление и рекультивация почв временных стоянок автомобилей на территории 14 квартала г.о. Тольятти./ Экологические проблемы природо- и недропользования: Труды международной молодежной научной конференции. Том XIX / Под ред. В. В. Куриленко – СПб.: СПбГУ, 2019. – 450 с.

Научное издание

ELPIT 2019

Volume 6 Том 6

PROCEEDINGS OF SCIENTIFIC SYMPOSIUM "PROBLEMS AND INNOVATIVE DECISIONS IN THE FIELD OF ENGINEERING PROVISION OF ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF URBAN TERRITORIES"

СБОРНИК ТРУДОВ НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА "ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ"

седьмого международного экологического конгресса (девятой Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2019"

Россия, Самарская область, гг. Самара, Тольятти,
Самарский федеральный исследовательский центр РАН;
Самарский государственный технический университет
25-28 сентября 2019г.

EDITOR: DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE, PROFESSOR ANDREY VASILYEV

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР А.В. ВАСИЛЬЕВ

Подписано в печать 28.10.2019 г.
Формат 60 х 84 1/8. Бумага офсетная. Печать оперативная.
Усл. печ. л. 20,00
Тираж 100 экз. Заказ № 1636.

Отпечатано в типографии АНО «Издательство СНЦ»
443001, г. Самара, Студенческий пер., 3А
тел.: (846) 242-37-07, ИНН 6315944726
E-mail: sncran@mail.ru