

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
20.03.01 Техносферная безопасность
профиль «Инженерная защита окружающей среды»

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

(подпись) М.В.Кравцова
(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Чадаева Татьяна Александровна

1. Тема: Очистка газовоздушных выбросов от летучих органических соединений на основе биосорбционных технологий.

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 10.06.2016.

3. Исходные данные к бакалаврской работе:

3.1 Проект нормативов предельно допустимых выбросов для ОАО «АВТО-ВАЗ», 2012 г.

3.2 Государственная статистическая отчетность по форме 2-ТП (воздух) ОАО «АВТОВАЗ» за 2014 г.

4. Содержание бакалаврской работы:

4.1 Анализ проблемы загрязнения атмосферы городов летучими органическими соединениями.

4.2 Анализ выбросов загрязняющих веществ цеха 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ».

4.3 Разработка системы очистки воздуха с применением биотехнологий.

5. Дата выдачи задания «15» марта 2016 г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

В.В. Заболотских

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Т.А. Чадаева

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

(подпись) М.В.Кравцова
(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы

Студента: Чадаевой Татьяны Александровны

по теме: Очистка газоздушных выбросов от летучих органических соединений на основе биосорбционных технологий.

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.03.2016			
Анализ проблемы загрязнения атмосферы городов летучими органическими соединениями	31.03.2016			
Анализ выбросов за-	20.04.2016			

грязняющих веществ цеха 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ»				
Разработка системы очистки воздуха с при- менением биотехноло- гий	15.05.2016			
Заключение	05.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

В.В. Заболотских

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Т.А. Чадаева

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Чадаева Т.А.

Тема работы: Очистка газозвдушных выбросов от летучих органических соединений на основе биосорбционных технологий.

Научный руководитель: Заболотских В.В.

Цель дипломной работы – снижение антропогенной нагрузки на ОС от воздействия ЛОС на основе разработки биосорбционного модуля очистки газозвдушных выбросов на примере его применения в цехе окраски 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ».

В соответствии с намеченной целью были поставлены следующие задачи:

1. Провести теоретический анализ проблемы загрязнения ЛОС атмосферы городов.
2. Провести сравнительный анализ методов очистки газозвдушных выбросов предприятий от ЛОС.
3. Провести анализ ЛОС в выбросах цеха 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ» на токсичность и их количественное соотношение для определения приоритетных ЗВ.
4. Провести анализ параметров биологического метода очистки и разработать биосорбционную установку для очистки газозвдушных выбросов цеха окраски 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ» от ЛОС.

Объектом исследования являются выбросы ЛОС на ОАО «АВТОВАЗ», их влияние на окружающую среду и меры по снижению выбросов.

Предметом исследования является разработка технологии очистки газозвдушных выбросов от летучих органических соединений на основе применения биосорбционных технологий.

Информационной базой при выполнении бакалаврской работы являлись учебники, рассматриваемые теоретические аспекты темы, проект нор-

мативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух ОАО «АВТОВАЗ» от 2012 г.

Краткие выводы по бакалаврской работе: в работе была проанализирована проблема загрязнения атмосферы городов летучими органическими соединениями; выявлен основной источник выбросов летучих органических соединений на ОАО «АВТОВАЗ»; определены приоритетные загрязняющие вещества; влияние данных веществ на окружающую среду и человека; проанализированы методы очистки газвоздушных выбросов; определены приоритетные параметры метода биологической очистки выбросов; разработан биосорбционный аппарат для очистки воздуха от летучих органических соединений.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи исследования.

В первой главе приведены данные по загрязнению атмосферы летучими органическими соединениями, проведен анализ методов очистки газоздушных выбросов.

Во второй главе выполнен анализ проблем выбросов летучих органических соединений на ОАО «АВТОВАЗ».

В третьей главе приведены и обоснованы параметры управления биологическим методом очистки выбросов. Предложена модель биосорбера с загрузкой из углеродсодержащих биологически активных сорбентов.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 3-х разделов, заключения, списка литературы из 60 источников и 4 приложений. Общий объем работы, без приложений 52 страница машинописного текста, в том числе таблиц – 9, рисунков – 9.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГОУ – газоочистная установка

ЗВ – загрязняющее вещество

ЛОС – летучие органические соединения

ОКВЭД – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности

ОС – окружающая среда

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПДК_{м.р.} – максимальная разовая предельно допустимая концентрация

ПДК_{с.с.} – среднесуточная предельно допустимая концентрация

ПШМ – противозумная мастика

РФ – Российская Федерация

С/х – сельское хозяйство

СЗЗ – санитарно-защитная зона

СКП – сборочно-кузовное производство

ЦНС – центральная нервная система

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЛОС И МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ	12
1.1 Масштабы проблемы загрязнения атмосферы ЛОС в РФ и г. Тольятти	12
1.2 Методы очистки газовойоздушных выбросов от ЛОС	15
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЦЕХЕ 44-1 КОРПУСА 01/1 СКП ОАО «АВТОВАЗ»	20
2.1 Характеристика производства	20
2.2 Технологический цикл окраски СКП ОАО «АВТОВАЗ» (цех 44-1, корпус 01/1)	21
2.3 Характеристика вентиляционных выбросов цеха окраски 44-1 корпуса 01/1 СКП ОАО «АВТОВАЗ»	24
2.4 Существующая система снижения выбросов ЗВ в атмосферу в цехе окраски 44-1 СКП	30
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА БИОСОРБЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛОС	32
3.1 Сорбент	32
3.2 Биодеструкторы	34
3.3 Физико-химические параметры	35
3.4 Конструкция биосорбера	38
3.5 Расчет платы за выбросы ЛОС цеха 44-1 СКП	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ	53

ВВЕДЕНИЕ

С развитием промышленности загрязнение атмосферы представляет все более сложную проблему. Возрастающая эмиссия ЗВ играет решающую роль в изменении химического состава атмосферы и климата Земли. Наиболее важными антропогенными выбросами по отношению к газовой химии тропосферы являются азот- и углеродсодержащие соединения. В результате увеличения химических реактивов в составе атмосферы, обладающих высокой реакционной способностью, помимо прямого токсического воздействия этих веществ на ОС, возрастает количество опасных продуктов их реакций [12].

Выбросы ЛОС являются одним из основных загрязнителей атмосферы, состоящих из широкого спектра соединений. Их источниками являются выхлопные газы автомобилей, нефтеперерабатывающие заводы, заводы производства пластмасс, синтетических смол и использование в производстве растворителей. Многие представители ЛОС (бензол, толуол, формальдегид и др.) обладают токсичными, мутагенными канцерогенными свойствами. В результате попадания в атмосферу данные вещества и вторичные продукты их фотохимического окисления причиняют ущерб окружающей среде и наносят вред здоровью людей.

Тольятти является городом с развитой автомобильной и химической промышленностью, и проблема охраны атмосферы для города является одной из наиболее приоритетных экологических проблем. Одними из значительных источников выделения ЛОС являются предприятия, имеющие в своем производстве малярные цехи и окрасочные участки, в которых выделение ЛОС связано с применением растворителей в производственных процессах нанесения лакокрасочных покрытий. Среди таких предприятий в Тольятти большая доля выбросов ЛОС приходится на ОАО «АВТОВАЗ». Основным источником выделения ЛОС на данном предприятии являются цеха окраски СПК. В частности цех окраски 44-1 (корпус 01/1), не оснащенный оборудо-

ванием для очистки вентиляционных выбросов, является источником целого ряда токсичных ЛОС в атмосфере города.

Традиционные технологии, обычно используемые для производственного контроля загрязнения воздуха, это абсорбция, адсорбция, конденсация, окисление (термическое, каталитическое и термокаталитическое). Тем не менее, эти методы являются дорогостоящими из-за высоких энергетических потребностей, а так же приводят к риску получения вторичных вредных соединений, которые требуют дополнительной очистки.

В последнее время, с возрастанием антропогенной нагрузки на ОС и сокращением запасов природных ресурсов, большую актуальность и перспективность набирают природосообразные, ресурсосберегающие технологии.

Целью работы является снижение антропогенной нагрузки на ОС от воздействия ЛОС на основе разработки биосорбционного модуля очистки газовоздушных выбросов на примере его применения в цехе окраски 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

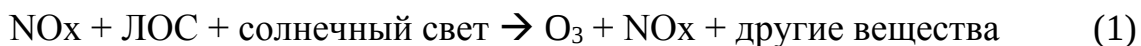
1. Провести теоретический анализ проблемы загрязнения ЛОС атмосферы городов.
2. Провести сравнительный анализ методов очистки газовоздушных выбросов предприятий от ЛОС.
3. Провести анализ ЛОС в выбросах цеха 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ» на токсичность и их количественное соотношение для определения приоритетных ЗВ.
4. Провести анализ параметров биологического метода очистки и разработать биосорбционную установку для очистки газовоздушных выбросов цеха окраски 44-1 СКП ОАО «АВТОВАЗ» от ЛОС.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЛОС И МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1 Масштабы проблемы загрязнения атмосферы ЛОС в РФ и г. Тольятти

Летучие органические соединения это углеводороды антропогенного или природного происхождения, имеющие высокое давление пара и низкую температуру кипения (от 50 до 260 °С) и обладающие высокой реакционной способностью. ЛОС играют важную роль в формировании биоценозов, терморегуляции растений, геофизических процессах, но в то же время многие виды ЛОС являются токсичными или даже смертельными для человека и вредными для окружающей среды [25].

Природными источниками ЛОС являются болота, леса, океаны и вулканы, но основной вклад в эмиссию ЛОС в атмосферу вносит антропогенная деятельность, включающая обрабатывающую, нефтехимическую промышленности, производства, связанные с использованием красок и растворителей, автомобильные выбросы [39,50]. Большинство ЛОС являются фотохимически чувствительными и при взаимодействии с окислами азота и солнечным светом образуют озон и другие продукты, как представлено в уравнении (1):



Особое беспокойство вызывает образование канцерогенного смога а так же тропосферного озона (1 класс опасности; ПДК_{м.р.}=0,16 мг/м³; ПДК_{с.с.}=0,03 мг/м³), который ВОЗ отнесла к веществам беспорогового действия, т. е. любая концентрация в воздухе этого газа, сильнейшего канцерогена, опасна для человека [58,46].

В таблице 1 приведены значения по выбросам ЗВ в атмосферу в РФ 2010-2014 гг (по данным Росстата и Росприроднадзора) [15].

Таблица 1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2010 – 2014 гг. в Российской Федерации

Год	2010	2011	2012	2013	2014
Общий объем выбросов, от стационарных и автомобильных источников, тыс. т/год, из них:					
Объем выбросов СО, тыс. т/год	15341,7	15816,3	16092,9	15757,5	15493,0
Объем выбросов твердых веществ, тыс. т/год	2435,0	2327,3	2273,1	2033,4	1947,4
Объем выбросов NH ₃ , тыс. т/год	69,7	70,4	80,7	81,9	86,7
Объем выбросов NO _x (в пересчете на NO ₂), тыс. т/год	3656,9	3561,9	3356,5	3333,3	3288,4
Объем выбросов НМ ЛОС, тыс. т/год	2885,1	2966,6	2552,1	2823,8	2730,0

По сравнению с 2010 годом объем выбросов ЗВ в 2014 году снизился лишь на 3,6 %. Динамика по выбросам ЛОС в атмосферу в период с 2010 по 2014 гг. имеет волнообразный характер, но объемы выбросов попрежнему остаются на достаточно высоком уровне. Крайне неблагоприятную динамику выбросов по РФ имеет один из самых токсичных представителей ЛОС – формальдегид (рисунок 1) [15].

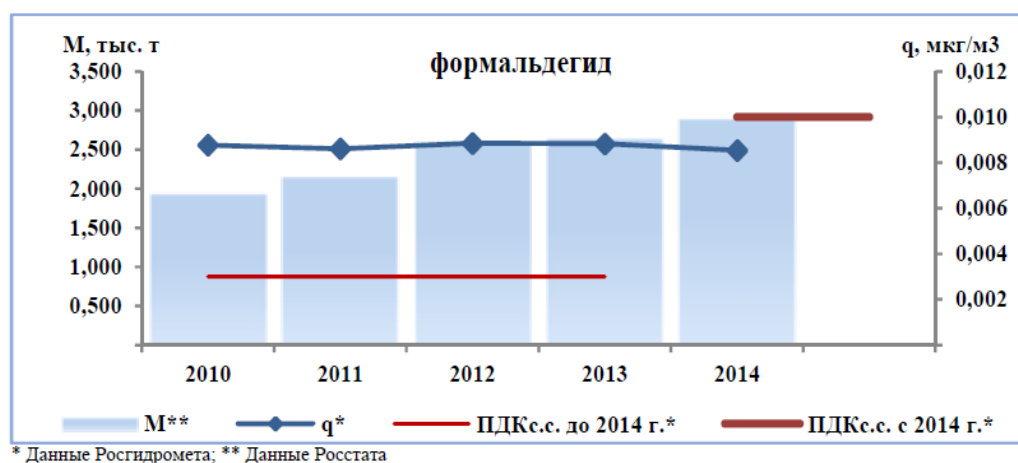


Рисунок 1 – Среднегодовые концентрации (q) и выбросы (М) формальдегида от стационарных источников

Касательно выбросов формальдегида на территории г. Тольятти, среднегодовая концентрация 2014 года, с учетом новых ПДК, в целом по городскому округу составила 0,6 ПДК (рисунок 2). (Однако, оценивая состояние загрязнения атмосферы формальдегидом с учетом старых ПДК, средняя за

год концентрация примеси превысила норму в 2,0 раза, что на 20% выше, чем в 2013 году). В годовом ходе среднемесячных концентраций в целом по городскому округу наблюдались колебания от 0,4 до 0,8 ПДК (1,3-2,7 ПДК по старым критериям) [16].

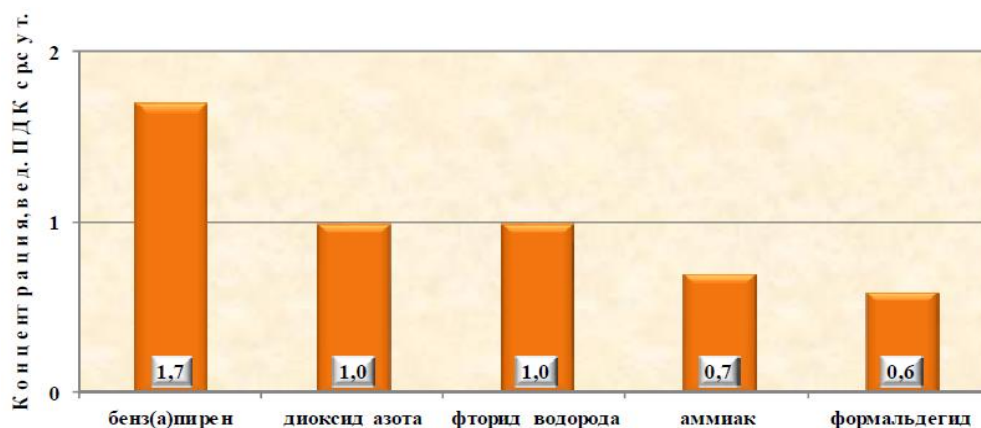


Рисунок 2 – Среднегодовые концентрации примесей, внесших наибольший вклад в загрязнение атмосферы г.о. Тольятти в 2014 году

В таблице 2 представлены данные по выбросам ЛОС от стационарных источников по ОКВЭД и федеральным округам [15].

Таблица 2 – Количество выбросов ЛОС в атмосферу от стационарных источников по ОКВЭД и федеральным округам в 2014 году, в тыс. т

Вид деятельности ⇒ Федеральный округ ↓	С/х, охота и лес- ное хозяй- ство	Добыча полез- ных ис- копае- мых	Обра- баты- вающие произ- водства	Производ- ство и распреде- ление электро- энергии, газа и во- ды	Про- чие	Итого
1	2	3	4	5	6	7
Центральный	3,1	0,6	52,5	1,3	21	78,5
Северо-Западный	0,8	11,6	29,6	0,9	110,3	153,2
Южный	1,1	16,6	34,4	1	29	82,1
Северо-Кавказский	0,48	6,49	2,26	0,67	1,39	11,29
Крымский	0,21	0,03	0,14	0,06	0,21	0,65
Приволжский	1,6	176,5	205,5	12	70,9	466,5
Уральский	0,6	291,8	26,2	6,2	29,5	354,3
Сибирский	0,8	46,3	78,7	1,8	32,4	160
Дальневосточный	0,3	8,7	7	1,9	15,4	33,3
Итого	8,99	558,62	436,3	25,83	310,1	1339,84

График на рисунке 3 иллюстрирует объемы выбросов ЛОС в атмосферу по федеральным округам. На долю Приволжского федерального округа в 2014 году пришлось 34,8 % выбросов ЛОС от стационарных источников по РФ. Из них наибольший вклад внесли обрабатывающая промышленность (44,1%) и добыча полезных ископаемых (37,8%).

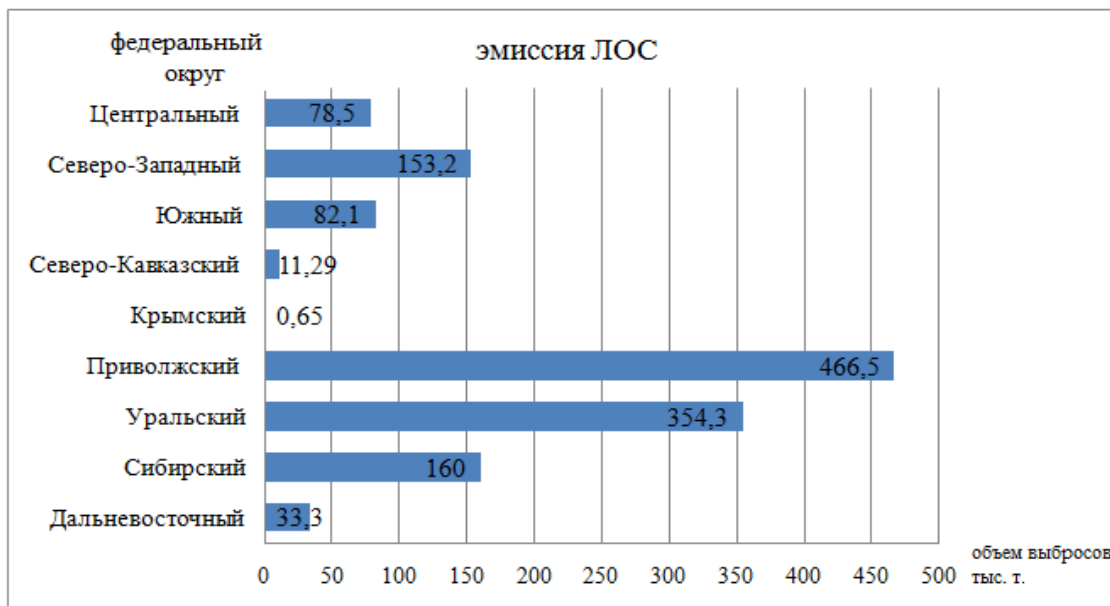


Рисунок 3 – Вклад федеральных округов РФ в эмиссию ЛОС в атмосферу в 2014 г. от стационарных источников

Из анализа загрязнения атмосферы ЛОС следует, что на сегодняшний день проблема является актуальной и особо остро стоит в регионах с развитыми добывающей и обрабатывающей промышленностями (в зоне высокой степени загрязнения ЛОС находится и г. Тольятти), потому требует поиска доступных, экологических и эффективных методов очистки газовоздушных выбросов от ЛОС.

1.2 Методы очистки газовоздушных выбросов от ЛОС

В данном разделе рассмотрены существующие методы обезвреживания и очистки газовоздушных выбросов от газообразных примесей. К числу таких методов относятся: высокотемпературное окисление, термокаталитическое окисление, адсорбция, абсорбция, биохимический метод. В таблице 3

представлена характеристика данных методов, их преимущества и недостатки [58,7,53].

Таблица 3 – Характеристика методов обезвреживания и очистки вентиляционных выбросов от газообразных примесей

Сущность метода очистки		Преимущества	Недостатки
1		2	3
Метод очистки:	Высокотемпературное окисление (сжигание в пламени)		
Метод основан на высокотемпературной (700°C и выше) деструкции и окислении органических веществ до диоксида углерода и воды. Для эффективной очистки газов данным методом необходимыми являются достаточное содержание окислителя (кислорода воздуха), и его тщательное перемешивание с загрязненными газами, а также достаточное время пребывания (не менее 0,5 с) газовой смеси в высокотемпературной зоне.		Одновременно позволяет уничтожать твердые частицы, запахи и другие примеси. Метод является эффективным для утилизации газовых выбросов, содержащих трудноокисляемые соединения и выбросов сложного состава.	Высокая стоимость, вызванная существенными энергозатратами, необходимыми для нагрева всей массы газоздушных выбросов до высокой температуры. Вероятность образования промежуточных более ядовитых продуктов или имеющих более сильный запах, чем исходные вещества при неполном сгорании многих органических соединений.
Метод очистки:	Термокаталитическое окисление		
Окисление органических примесей до диоксида углерода и воды в присутствии катализатора (металлы пла-		Высокая степень очистки (до 98-99%) по всем компонентам, отсутствие ток-	Высокие затраты на катализатор. Метод нельзя применять при наличии в выбросах

Продолжение таблицы 3

1		2	3
тиновой группы, оксиды металлов – хрома, меди, кобальта, марганца и т.д.), ускоряющего процесс окисления, что позволяет проводить процесс в диапазоне температур 250-450°C.		сичных продуктов, простое аппаратурное оформление и непрерывность действия.	большого содержания пыли и водяных паров ввиду дезактивации катализаторов, а также при наличии каталитических ядов (мышьяк, сера, ртуть, галогены, свинец, фосфор и их соединения, селен и др.), которые даже при очень малых концентрациях могут вызывать отравление катализаторов и сократить срок их службы.
Метод очистки:		Адсорбция	
Методы очистки основан на селективном извлечении примесей твердыми мелкопористыми поглотителями – адсорбентами. В качестве адсорбента используют активный уголь, силикагели, алюмогели, цеолиты и т.д.		Адсорбция осуществляется при низких температурах. Благодаря высокой поглотительной способности адсорбентов можно достичь высокой степени очистки при обработке большого количества выбросов с низким содержанием примесей.	Периодичность процесса очистки, высокая стоимость регенерации адсорбента. Невозможность применения метода к очистке газов, содержащих пыль и туман, ввиду резкого снижения эффективности адсорбции.

Продолжение таблицы 3

1		2	3
Метод очистки:	Абсорбция		
В основе метода лежит избирательное поглощение компонентов газовой смеси жидким поглотителем, в котором компонент растворим в той или иной степени. В качестве абсорбента используется вода, водные растворы щелочей и кислот, водные растворы химических окислителей.		Метод возможно применять для очистки влажных и запыленных газовых потоков.	Высокая химическая агрессивность абсорбентов. Образование большого количества загрязненных сточных вод.
Метод очистки:	Микробиологическая очистка		
Метод основан на способности микроорганизмов использовать многие органические соединения, содержащиеся в атмосферных выбросах, в качестве питательного субстрата. В результате микробиологической очистки происходит трансформация сложных токсичных веществ до простых и нетоксичных (до углекислого газа и воды).		Применение для очистки газовых выбросов естественных биологических процессов без использования искусственных материалов и реагентов. Способность микроорганизмов комплексов разлагать как органические, так и неорганические газо-	Необходимость поддержания благоприятных условий для жизнедеятельности организмов. Низкая скорость очистки. Необходимо контролировать состав загрязнений (частая смена состава и концентрации загрязнений снижает эффективность очистки, так как деструкторы не успевают адап-

	ВОЗ -	
--	-------	--

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	душные загрязнители. Низкие эксплуатационные затраты, безотходность метода, возможность его применения при комнатной температуре.	тироваться к новым условиям).

В сравнении с другими рассмотренными методами, биологическая очистка является более выгодной с технологической, экологической и экономической сторон.

Конструкции аппаратов биологической очистки просты, не имеют движущихся деталей, достаточно долговечны по сроку эксплуатации. Удаление загрязнений происходит в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, которые осуществляют деструкцию ЗВ до безвредных продуктов или полностью усваивают их. Благодаря чему биологический метод очистки отличается отсутствием образования новых токсичных веществ и опасных отходов. Кроме того, биологический метод отличается от других невысокими капитальными и производственными издержками.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЦЕХЕ 44-1 КОРПУСА 01/1 СКП ОАО «АВТОВАЗ»

2.1 Характеристика производства

ОАО «АВТОВАЗ» является крупнейшим предприятием машиностроительного комплекса России. Основной вид деятельности предприятия: производство автомобилей, запасных частей, продукции станкостроения, товаров народного потребления и услуг населению и иные виды деятельности, предусмотренные уставом. Технические возможности АВТОВАЗа предусматривают выпуск до одного миллиона автомобилей и автокомплектов в год. Рыночная доля продаж LADA в России на 2014 год составляет около 17%, кроме того продукция ОАО «АВТОВАЗ» идет на экспорт – СНГ, страны Европы, Африки и Латинской Америки. С 2008 года ОАО «АВТОВАЗ» является участником альянса Renault-Nissan [37,60].

В состав производственного комплекса ОАО «АВТОВАЗ» входят:

- металлургическое производство (МтП);
- сборочно-кузовное производство (СКП);
- механосборочное производство (МСП);
- производство пластмассовых изделий (ППИ);
- пресовое производство (ПрП);
- энергетическое производство (ЭП);
- опытно-промышленное производство (ОПП).

В результате деятельности ОАО «АВТОВАЗ» оказывает воздействие на окружающую среду:

- на атмосферный воздух от выбросов загрязняющих веществ от транспорта и оборудования;
- на водные объекты от сбросов загрязненных промышленных стоков;

– на почву отходов 1, 2, 3, 4, 5 классов опасности, связанное с передачей всех образующихся отходов в собственность в ООО «ПППО» (Производство по переработке промышленных отходов) для дальнейшего размещения.

По воздействию выбросов вредных веществ на качество атмосферного воздуха предприятие относится к первой категории[43,52].

С учетом перспективы развития предприятия на 2014-2017 г.г. [43]:

– число источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – 5277 шт., в том числе неорганизованных – 53 шт.; оснащены пылегазоочистными установками – 536 шт.;

– число загрязняющих веществ – 113;

– общее количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ – 10219,477 т/год.

Территория предприятия ограничена: с севера- ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) и различными предприятиями, с юга - жилой застройкой, с востока - промышленно-коммунальной зоной, с запада - полями.

СЗЗ установлена в границах: с севера – вдоль южной ограды завода, с юга - по ул. Дзержинского, с запада – вдоль автодороги Н-13, с востока – по ул. Борковской до магистрального канала и примыкает к северо-восточному углу завода (приложение А).

В соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03 для предприятий класс I размер СЗЗ – 1000 м. В пределах СЗЗ завода жилье отсутствует [43,48].

2.2 Технологический цикл окраски СКП ОАО «АВТОВАЗ» (цех 44-1, корпус 01/1)

Сборочно-кузовное производство (СКП) – финишный этап изготовления автомобилей. В этот производственный комплекс входят мощности по сварке и окраске кузовов, по сборке автомобилей, ремонта оборудования.

Исходные материалы для изготовления узлов кузова и кузова в целом поступают в цеха из прессового производства ОАО «АВТОВАЗ». Сварка уз-

лов «черного» кузова осуществляется, в основном, с помощью контактной точечной сварки на автоматических линиях, а также на стационарных, многоточечных и подвесных сварочных машинах. В процессе сборки также применяются кислородно-ацетиленовая и электродуговая сварка в среде углекислого газа.

В основном все технологическое оборудование имеет местную вытяжную вентиляцию. Выбросы от оборудования, не обеспеченного местными отсосами, удаляются в атмосферу общеобменной вентиляцией и через существующие аэрационные фонари [43].

Цех окраски 44-1 расположен в корпусе 01/1 СКП, куда черные кузова поступают после сварки (рисунок 4).



Рисунок 4 – Основные этапы цикла окраски

Технологический цикл окраски кузовов включает следующие этапы:

1. Подготовка поверхности кузовов перед покраской (очистка растворителем наружных и внутренних поверхностей кузовов от загрязнений; обезжиривание и фосфатирование поверхностей; сушка от влаги и охлаждение кузовов после);
2. Нанесение электрофорезного покрытия методом электроосаждения (нанесение грунта на кузов методом катафореза осуществляется с целью предотвращения подпленочной коррозии, увеличения общей толщины лакокрасочного покрытия; далее следует сушка и охлаждение кузова);
3. Нанесение пластизольной мастики на наружные и внутренние сварные швы кузова (осуществляется с целью обеспечения герметичности кузова, а также для дополнительной защиты кромок металла от коррозии);
4. Нанесение вторичной грунтовки методом пневмо- и электрораспыления (после кузов направляется в камеры сушки и охлаждения);

5. Нанесение методом распыления невысыхающей и противозадирной мастики (ПШМ);

6. Подготовка поверхности кузова перед нанесением эмалей (мокрая шлифовка с помощью шлифмашинки, промывка водой под душем; сушка);

7. Нанесение эмалей (осуществляется окрасочных камерах методом пневмо- и электростатического распыления как в автоматическом так и в ручном режиме с применением акриловых и меломиналкидных эмалей; далее следуют сушка и охлаждение кузова);

8. Цикл подкраски, доработки окрашенных кузовов, контроль и приемка;

9. Антикоррозионная обработка скрытых и коробчатых сечений кузова (осуществляется методом безвоздушного распыления).

Для поддержания высокой температуры камеры сушки грунтов, эмалей, катафореза оборудованы теплогенераторами.

2.3 Характеристика вентиляционных выбросов цеха окраски 44-1 корпуса 01/1 СКП ОАО «АВТОВАЗ»

В результате осуществления деятельности цеха окраски 44-1СКП в вентиляционных выбросах образуется 22 наименования загрязняющих веществ (16 из них – ЛОС), перечень и количество выбросов которых представлен в таблице 4 (данные за 2014 год) [13,43].

Таблица 4 – ЗВ, образующиеся в результате деятельности цеха окраски 44-1 СКП

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Наличие ГОУ	Валовый выброс по цеху 44-1 с учетом очистки, т/год	Доля выбросов ЗВ от общего количества выбросов цеха 44-1, %	Всего выброшено в атмосферу по ОАО «АВТОВАЗ», т/год	Доля выбросов цеха 44-1 от общего выброса в атмосферу, %
1	2	3	4	5	6	7
Летучие органические соединения (ЛОС)						
0602	Бензол	-	30,285	1,9	43,842	69,1
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	-	691,672	43,1	1130,276	61,2
0621	Метилбензол (Толуол)	-	30,638	1,9	87,665	34,9
0931	(Хлорметил)оксиран (Эпихлоргидрин)	-	1,192	0,07	4,094	29,1
1042	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый)	-	137,854	8,6	287,569	47,9
1048	2-Метилпропан-1-ол (Изобутиловый спирт)	-	1,021	0,06	16,635	6,1
1051	Пропан-2-ол (Изопропиловый спирт)	-	50,921	3,2	88,260	57,7
1061	Этанол (Спирт этиловый)	-	1,120	0,07	2,987	37,5
1210	Бутилацетат	-	471,735	29,4	855,495	55,1
1240	Этилацетат	-	48,844	3	170,598	28,6

1325	Формальдегид	-	0,116	0,007	10,781	1,1
------	--------------	---	-------	-------	--------	-----

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
1401	Пропан-2-он (Ацетон)	-	14,636	0,9	55,206	26,5
1863	Триэтиламин	-	5,242	0,3	11,170	46,9
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	-	13,365	0,8	209,757	6,4
2748	Скипидар (в пересчете на углерод)	-	106,843	6,7	121,148	88,2
2754	Углеводороды предельные C12-C19	-	0,822	0,05	4,465	18,4
ИТОГО:		-	1606,306	100	3099,948	51,8
Другие ЗВ						
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	-	8,852	32,7	97,331	9,1
0302	Азотная кислота	-	0,604	2,2	0,709	85,2
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	-	1,438	5,3	15,802	9,1
0316	Соляная кислота	-	1,217	4,5	3,954	30,8
0337	Углерод оксид	-	13,394	49,6	660,646	2
2902	Взвешенные вещества	есть	1,536	5,7	157,911	1
ИТОГО:		-	27,041	100	936,353	2,9
ИТОГО (по всем видам ЗВ):		-	1633,347	ЛОС-98,3% др. в-ва -1,7%	4036,301	40,5

В результате анализа загрязняющих веществ по их содержанию в общем объеме выбросов, был сделан вывод, что выбросы ЛОС цеха окраски 44-1 СПК составляют 51,8 % от общего числа выбросов данных видов ЛОС по ОАО

«АВТОВАЗ» и 43,7 % от всех выбросов ЛОС ОАО «АВТОВАЗ». Кроме того, из числа общих выбросов цеха 44-1, ЛОС составляют 98,3 %. В таблице 5 представлены характеристики ЗВ цеха окраски 44-1 [40,43].

Таблица 5 – характеристики ЗВ, образующиеся в результате деятельности цеха окраски 44-1 СКП

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Формула	Класс опасности	Концентрация ЗВ на выходе из источника за- грязнения, мг/м ³	ПДК атм., мг/м ³	
					максимально разовая	среднесуто- чная
1	2	3	4	5	6	7
Летучие органические соединения (ЛОС)						
0602	Бензол	C ₆ H ₆	2	4,9	0,3	0,1
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	C ₈ H ₁₀	3	98,4	0,3	-
0621	Метилбензол (Толуол)	C ₇ H ₈	3	5,1	0,6	-
0931	(Хлорметил)оксиран (Эпихлоргидрин)	C ₃ H ₅ ClO	2	0,5	0,04	0,004
1042	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый)	C ₄ H ₁₀ O	3	34,5	0,1	-
1048	2-Метилпропан-1-ол (Изобутиловый спирт)	C ₄ H ₁₀ O	4	0,5	0,1	-
1051	Пропан-2-ол (Изопропиловый спирт)	C ₃ H ₈ O	3	7	0,6	-
1061	Этанол (Спирт этиловый)	C ₂ H ₆ O	4	0,5	5	-
1210	Бутилацетат	C ₆ H ₁₂ O ₂	4	71,8	0,1	-
1240	Этилацетат	C ₄ H ₈ O ₂	4	6,2	0,1	-
1325	Формальдегид	CH ₂ O	2	0,01	0,05	0,01
1401	Пропан-2-он (Ацетон)	C ₃ H ₆ O	4	2,1	0,35	-
1863	Триэтиламин	C ₆ H ₁₅ N	3	1,1	0,14	-

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	-	4	1,9	5	1,5
2748	Скипидар (в пересчете на углерод)	C ₁₀ H ₁₆	4	15,8	2	1
2754	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	-	4	0,4	1	-
Другие ЗВ						
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	NO ₂	3	1,5	0,2	0,04
0302	Азотная кислота	HNO ₃	2	0,3	0,4	0,15
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	NO	3	0,6	0,4	0,06
0316	Соляная кислота	HCl	2	0,5	0,2	0,1
0337	Углерод оксид	CO	4	1,9	5	3
2902	Взвешенные вещества	-	3	0,7	0,5	0,15

Данные ЗВ образуют три группы суммаций:

1. Азота диоксид + азот оксид;
2. Азота диоксид + углерод оксид + формальдегид;
3. Азотная кислота + соляная кислота.

Стоит так же отметить изменения в значениях нормативов ПДК формальдегида и диоксида азота в атмосфере населенных мест (таблица 6) [42].

Таблица 6 – Значения нормативов ПДК формальдегида и диоксида азота

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Класс опасности	ПДК атм. до 2014 г., мг/м ³		ПДК атм. с 2014 г., мг/м ³	
			максимально разовая	среднесуточная	максимально разовая	среднесуточная
1325	Формальдегид	2	0,035	0,003	0,05	0,01
0301	Азота диоксид	3	0,085	0,04	0,2	0,04

Таким образом, по формальдегиду ПДК_{м.р.} было повышено в 1,4 раза, ПДК с.с. в 3,3 раза; по диоксиду азота ПДК_{м.р.} было увеличено в 2,35 раз. Такое повышение нормативов свидетельствует об увеличении данных ЗВ в атмосфере, ухудшении экологической обстановки и неспособности большинства предприятий осуществлять деятельность по охране ОС в отношении выбросов данных веществ.

В результате анализа загрязняющих веществ по их опасности и содержанию в общем объеме выбросов, из числа ЛОС и других загрязняющих веществ цеха 44-1 были выбраны приоритетные ЗВ. Данные вещества и их влияние на здоровье человека и ОС представлены в таблице 7 [28,45,47].

Таблица 7 – Характеристика загрязняющих веществ цеха окраски 44-1 СКП

Код ЗВ	Наименование ЗВ	Характер воздействия
1	2	3
Летучие органические соединения (ЛОС)		
0602	Бензол	Канцероген; раздражает кожу и дыхательные пути; поражает кровь, красный костный мозг, ЦНС, иммунную систему, сердечно-сосудистую систему, репродуктивную систему; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	Раздражает кожу и дыхательные пути; поражает ЦНС; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
0621	Метилбензол (Толуол)	Раздражает кожу и дыхательные пути; поражает ЦНС; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.

Продолжение таблицы 7

1	2	3
1042	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый)	Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
1051	Пропан-2-ол (Изопропиловый спирт)	Обладает наркотическим действием; раздражает слизистые оболочки глаз, дыхательных путей; поражает ЦНС; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
1210	Бутилацетат	Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; вызывает сухость кожи, дерматиты; в больших концентрациях – наркотик; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
1240	Этилацетат	Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
1325	Формальдегид	Высокотоксичен; обладает канцерогенным и мутагенным действием; раздражает кожу и дыхательные пути; поражает ЦНС, почки, печень; имеет резкий запах; взрывоопасен. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
2748	Скипидар (в пересчете на углерод)	Токсичен; раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; поражает ЦНС. Участвует в образовании тропосферного озона и фотохимического смога.
Другие ЗВ		
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; поражает сердечно-сосудистую систему, дыхательную систему. Участвует в образовании фотохимического смога, приводит к выпадению кислотных осадков.
0302	Азотная кислота	Токсична; раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывает ожоги; поражает сердечно-сосудистую систему, дыхательную систему, ЦНС; имеет резкий запах. Приводит к выпадению кислотных осадков.
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	Токсичен; поражает ЦНС, сердечно-сосудистую систему, дыхательную систему. Участвует в образовании фотохимического смога, приводит к выпадению кислотных осадков.
0316	Соляная кислота	Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывает ожоги; имеет резкий запах. Приводит к выпадению кислотных осадков.
0337	Углерод оксид	Токсичен; поражает кровь, ЦНС, иммунную систему, сердечно-сосудистую систему.

Данные вещества, выбранные в качестве приоритетных, оказывают опасное воздействие на здоровье человека и ОС. В большинстве своем имеют токсическое и раздражающее воздействие, влияют на ЦНС и сердечно-сосудистую систему. Вещества имеют специфичный запах, взрывоопасны. По своему воздействию на ОС участвуют в фотохимических превращениях, что влечет за собой образование еще более опасных веществ, таких как тропосферный озон и фотохимический смог.

2.4 Существующая система снижения выбросов ЗВ в атмосферу в цехе окраски 44-1 СКП

Существующая система очистки вентиляционных выбросов в цехе окраски 44-1 СПК обеспечивает очистку воздуха лишь от взвешенных веществ –красочной пыли. Красочная пыль образуется в камерах нанесения грунта, лака, и ПШМ. Данные камеры оборудованы каскадными гидрофиль-трами фирмы «Драйсис» (приложение Б, В) [26]. Средняя эксплуатационная степень очистки гидрофилтров составляет 95%, что в результате снижает годовой валовый выброс взвешенных веществ по цеху 44-1 с 30,731 т/год до 1,536 т/год.

Сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу, в частности ЛОС, в процессе эксплуатации окрасочного производства можно достичь с помощью следующих мероприятий:

- внедрение инженерно-технических решений (оптимизация процесса окраски, автоматизация оборудования, модернизация систем и очистки вентиляционных выбросов);
- использование менее токсичных лакокрасочных материалов, отвечающих современным требованиям (с высоким сухим остатком, водоразбавляемые, порошковые и радиационно-отверждаемые).

В связи с отсутствием в цехе 44-1 системы очистки вентиляционных выбросов от паров растворителей, актуальным является рассмотрение в дан-

ной работе варианта по разработке и предложению метода очистки воздуха от ЛОС.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА БИОСОРБЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛОС

Задача по удалению из вентиляционных выбросов ЗВ, в частности ЛОС, может решаться методами высокотемпературного и термokatалитического окислений, адсорбцией, абсорбцией, биохимическим методом [33]. Наиболее перспективным методом с учетом экологических и экономических характеристик является метод биологической очистки.

Принцип работы биосорбера заключается в продувке загрязненных газозвоздушных выбросов через слой сорбирующей биоактивной насадки. ЗВ в составе выбросов подвергаются деструкции в результате жизнедеятельности иммобилизованных на твердом пористом сорбенте микроорганизмов. В результате сложные, токсичные соединения преобразуются в простые и нетоксичные, такие как углекислый газ, вода и соли или полностью усваиваются микроорганизмами.

При разработке биосорбционной установки необходимо учитывать важные параметры, которые лежат в основе оптимизации управления процессом биодеструкции ЗВ. Такими параметрами являются: сорбционный материал, температура, рН, влажность и дополнительные питательные вещества для биодеструкторов [32].

3.1 Сорбент

Помимо того, что фильтрующий слой является основой для развития биосистемы, он должен обладать рядом качеств, для достижения оптимальных условий развития и поддержания сообщества биодеструкторов. Такими важными критериями являются высокая удельная площадь поверхности, высокая пористость и достаточная водоудерживающая способность. Так же, сорбент должен иметь равномерно распределенную жесткую структуру, предотвращающую уплотнение слоя.

В качестве адсорбционно-активного материала для разрабатываемого бисорбера предлагается использовать растительные углеродсодержащие отходы – древесные опилки, которые образуются в качестве отхода деревообделочного цеха МТП ОАО «АВТОВАЗ» (таблица 8) [14].

Таблица 8 – Отходы деревообделочного цеха МТП ОАО «АВТОВАЗ», 2014 год

Наименование отхода	Код отхода по ФККО	Образование отхода за год, т
Опилки натуральной чистой древесины	3 05 230 01 43 5	11,6

Технология получения высокопористых сорбентов состоит из стадий карбонизации, пиролиза и активации (рисунок 5). Процесс карбонизации и пиролиза представляет собой высокотемпературную обработку сырья без доступа воздуха. Безвоздушный режим обработки необходим для предотвращения блокировки пор высокомолекулярными продуктами пиролиза и полного сгорания материала. В результате тепловой обработки материал приобретает высокопористую, мелкочаеистую структуру (рисунок 6).

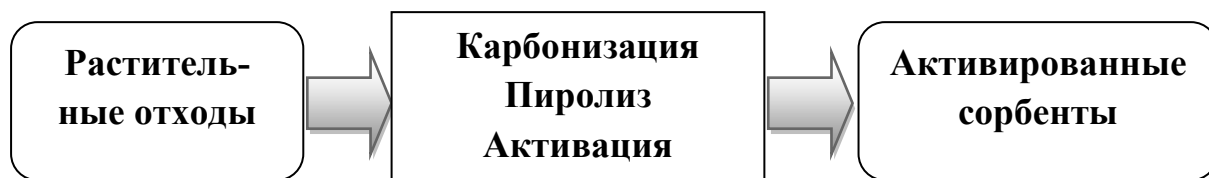


Рисунок 5 – Технологическая схема получения высокосорбционных сорбентов из растительных углеродсодержащих отходов

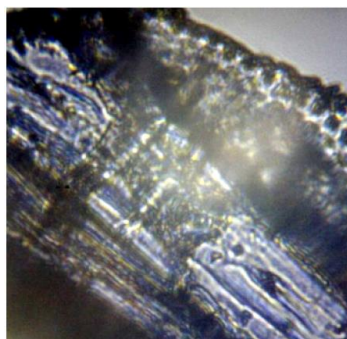


Рисунок 6 – Морфологическая структура сорбентов из древесных опилок

Следующий этап – активация сорбента путём иммобилизации на его поверхности микроорганизмов-биодеструкторов [4].

Высокая пористость сорбционного материала полученного на основе растительных отходов увеличивает сорбционную способность фильтра. Наличие пор в сорбционном фильтре увеличивает поверхность прикрепления и образования биоплёнки и её эффективность в очистке воздуха от сложных органических веществ.

Использование данного вида сорбента имеет следующие преимущества:

- природный углеродсодержащий носитель служит источником органического углерода и необходимых для роста микроорганизмов-деструкторов веществ. Исходный материал – древесные опилки, являются доступным и дешевым сырьем;

- возможность получать различные модификации сорбентов с заданными свойствами, за счет подбора комплекса необходимых биодеструкторов;

- экологичная утилизация отработанных сорбентов в качестве их использования как легкоразлагаемый, содержащий остаточный комплекс биодеструкторов компонент для компоста.

3.2 Биодеструкторы

В биологическом методе очистки газовоздушных выбросов от ЛОС в качестве биодеструкторов используются микроорганизмы, включая бактерии и грибы. Основными биодеструкторами, используемыми для ликвидации ЛОС являются гетеротрофные бактерии и грибы, которые могут осуществлять свою задачу с помощью двух путей: потребление органических соединений в ходе катаболических процессов для получения энергии или использование ЛОС в качестве источника углерода для анаболических процессов.

К видам микроорганизмов, которые используются в методах биофильтрации для разложения широкого спектра химически устойчивых соединений относятся: *Pseudomonas*, *Candida*, *Mycobacterium*, *Alcaligenes*, *Exophiala*,

Acetobacter, Fusarium, Cladosporium, Rhodococcus, Aspergillus, Mucor и др [17,31].

После иммобилизации микроорганизмов на сорбент, происходит их адаптация и наращение биомассы на поверхности сорбента, что приводит к образованию активной биологической пленки. Наличие пор на сорбционном фильтре увеличивает поверхность прикрепления и образования биопленки и ее эффективность в очистке воздуха от сложных органических веществ (рисунки 7, 8) [54].



Рисунок 7 – Процесс захвата сложных органических веществ биопленкой

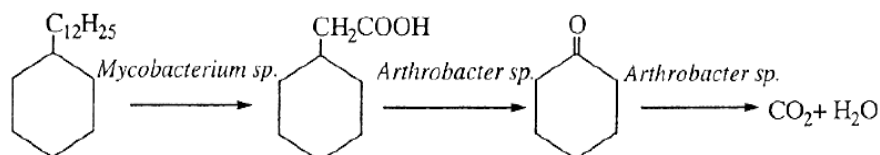


Рисунок 8 – Процесс биodeградации сложных органических веществ микроорганизмами – биодеструкторами

3.3 Физико-химические параметры

Для регулирования объемов биомассы и эффективной работы микроорганизмов по деструкции ЗВ, необходимо поддержание оптимальных условий среды: температура, pH, влажность и скорость потока газа.

Рабочая температура является одним из важных факторов, влияющих на производительность биофильтра. Преимуществом биологического метода очистки воздуха является возможность его осуществления при невысоких температурах. Оптимальная температура активности микроорганизмов, ко-

торые наиболее эффективно разлагают ЛОС в биофильтрах, составляет 25-40 °С. Такая температура способствует росту скорости развития биопленки, а так же увеличивает растворимость ЗВ в воде и диффузионный перенос ЗВ из газовой среды в сорбент. Температура газового потока в цехе 44-1 СКП на выходе из источника загрязнения составляет 27 °С [43], что является оптимальным для процесса биоочистки, также с учетом экзотермического характера реакций биodeградации, что является следствием микробной активности. Поддержание температуры в требуемых значениях будет обеспечиваться за счет постоянного притока воздуха при 27 °С. Также уровень температуры фильтрационного слоя можно регулировать за счет температуры оросительного раствора.

Важную роль для метаболической активности микроорганизмов и, соответственно производительности биофильтра, играет **содержание влаги**. Избыток воды затрудняет перенос кислорода и гидрофобных ЗВ в биопленку и приводит к развитию анаэробной зоны фильтрующем слое. Это также приводит к уменьшению удельной поверхности сорбента, доступной для газа/биопленки, что в свою очередь вызывает уплотнение сорбента и увеличение перепада давления. Слишком низкое содержание влаги приводит к высыханию сорбента, что приводит к нарушению равномерного прохождения газа через фильтрующий слой и подавляет активность микроорганизмов. Для поддержания микробных популяций, достаточных для деструкции ЗВ, требуется, чтобы содержание влаги в фильтрующей среде поддерживалось в пределах от 40% до 60%. Основными факторами, влияющими на содержание влаги в сорбенте, являются скорость потока через сорбционный слой, влагоудерживающая способность сорбента, экзотермичность реакции биодеструкции и относительная влажность газовой воздушного потока на входе. Таким образом, уровень влаги биосорбционного материала можно поддерживать за счет орошения фильтрующего слоя водой и предварительного увлажнения очищаемого газового потока.

рН среды, в которой происходит биодеструкция, оказывает значительное влияние на эффективность биофльтрации воздуха. Это выражается в непосредственном влиянии на микроорганизмы, а также косвенном влиянии на доступность необходимых питательных веществ. Характер влияния уровня рН на процесс биофльтрации зависит от типа микроорганизмов. Например, грибы способны расти как в кислой, так и в нейтральной средах. Они метаболически активны в довольно широком интервале рН приблизительно между 2 и 7. В то время как бактерии, как правило, являются менее терпимыми к колебаниям рН и требуют для своей деятельности среды близкой к нейтральной. В связи с предпочтением нейтральной среды большинством биодеструкторов, максимальная деградация ЛОС, как правило, достигается при рН около 7. Тем не менее, идеальный рН среды биофилтра зависят от загрязняющего вещества и от характеристик микробной экосистемы. Поддерживать необходимый рН уровень среды в биосорбере можно благодаря оросительному раствору, регулирующему кислотно-щелочной баланс.

Еще одним важным параметром процесса биофльтрации является **скорость потока** газа. В целом, общая эффективность метода связана с двумя основными процессами, характеризующимися параметром скорости. Первым является скорость диффузии ЛОС из газовой фазы в биопленку, а вторым - скорость биodeградации ЛОС. Скорость потока воздуха может влиять на оба эти процесса. При увеличении скорости потока интенсивность процесса диффузии ЛОС в биопленку снижается. Это объясняется тем, что при очень высокой скорости подачи газа в биосорбер, продолжительности контакта между микроорганизмами и газом слишком мала, что препятствует завершению процесса биодеструкции. Скорость биodeградации ЗВ зависит в основном от типа микроорганизмов их деструктивной способности.

Анализ способов увеличения объемной скорости биodeградации ЗВ в биофилтрах показал, что существуют методы увеличения деструктивной способности организмов за счет применения ингибиторов метаболизма, что в свою очередь приведет к увеличению очистной производительности биосор-

бера. Суть применения ингибиторов метаболизма состоит в том, что их добавление к сообществу микроорганизмов влияет на систему роста – снижает прирост биомассы. Таким образом, формируется не растущая система с избытком энергии, который не расходуется на замедленную систему роста, а идет на деятельность микроорганизмов по поглощению и деструкции ЗВ. Потенциальными ингибиторами метаболизма для микроорганизмов разлагающих ЛОС могут быть: пентахлорфенол, бензойная кислота, п-нитрофенол, 2,4,6-трихлорфенол и м-хлорфенол. Введение ингибиторов в среду микроорганизмов можно осуществлять с помощью оросительного раствора. Использование конкретного типа ингибитора и его концентрация зависят от состава микроорганизменного комплекса деструкторов ЗВ и требует предварительных экспериментальных исследований [59].

3.4 Конструкция биосорбера

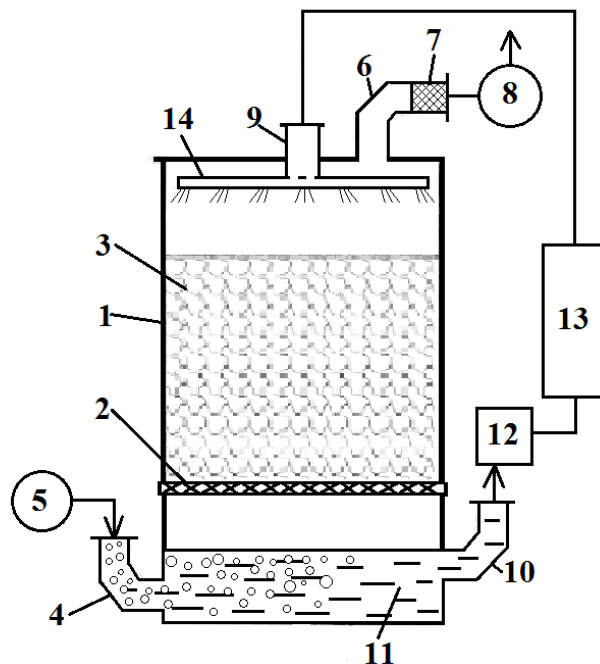
Конструктивными особенностями биофильтров являются простота, отсутствие вращающихся деталей, низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

Был проведен патентный поиск аппаратов биологической очистки газовоздушных выбросов, результаты поиска представлены в приложении Г. В результате анализа изученных конструкции аппаратов были сделаны следующие выводы: Биологический реактор 1(приложение, рисунок Г.1) содержит корпус с патрубками подвода очищаемого и отвода очищенного воздуха, устройство для подачи минеральной среды и послойно расположенные пластины биокатализатора. Между ними закреплены стержни, выполненные из химических волокон с иммобилизованными микроорганизмами. Недостаток биореактора состоит в конструктивной и технологической сложности послойной системы пластин и закрепления между ними стержней - носителей микроорганизмов. Эксплуатация, ремонт и регенерация такого устройства представляет собой сложную проблему.

Корпус биофильтра 2 (приложение, рисунок Г.2) содержит слои фильтрующего материала - носителя биомассы, а также патрубки: в нижней части корпуса - для входа загрязненного, а в верхней - для выхода очищенного воздуха. В верхней части корпуса установлена система орошения носителей водой. Последняя стекает в нижнюю часть корпуса и по циркуляционному контуру подается насосом в систему орошения. Недостатком является нерациональное использование воды, выполняющей в биофильтре преимущественно функцию увлажнения носителя для обеспечения метаболизма микроорганизмов.

Биофильтр 3 (приложение, рисунок Г.3) для биологической очистки отходящих газов содержит корпус, в котором послойно расположены пластины из пластмассы, стали или стеклоткани с иммобилизованной на них биомассой. Его недостатком является повышенная вероятность проскока частиц загрязнений по зазорам между пластинами.

На основании патентного поиска и анализа параметров оптимизации процесса биофильтрации была разработана и предложена схема конструкции биосорбера с иммобилизированной микрофлорой на высокопористом углеродсодержащем сорбенте (рисунок 9). Конструкция включает полый корпус 1, выполненный из нержавеющей стали. Углеродсодержащий сорбент иммобилизованными микроорганизмами 3 расположен на проволочной сетке 2. Толщина сорбционного слоя в биофильтрах обычно составляет 1-1,5 м. Корпус снабжен патрубками для входа загрязненных газовоздушных выбросов и выхода очищенного воздуха. В основании биосорбера расположена емкость для оросительного раствора, которая трубопроводом через фильтрационный водный узел связана с оросительной системой биосорбера.



1 – полый корпус биосорбера; 2 – проволочная сетка; 3 – активированный биосорбент; 4 – патрубок подачи загрязненного воздуха; 5 – вентиляционная система; 6 – патрубок для выхода очищенного воздуха; 7 – влагоотделитель; 8 – вытяжной вентилятор; 9 – патрубок подачи воды; 10 - патрубок для выхода воды из нижней части корпуса; 11 – нижняя часть корпуса биосорбера; 12 – насос; 13 – узел фильтрации воды от активного ила; 14 - система оросительных форсунок.

Рисунок 9 – Модель биосорбера для очистки воздуха с использованием новых биосорбентов

Биофильтр работает следующим образом: углеродсодержащий сорбент с иммобилизованными микроорганизмами 3 орошается с помощью системы форсунок 14 и обдувается снизу воздухом, поступающим через патрубок 4, что создает условия для метаболизма биодеструкторов.

Загрязненный воздух из вентиляционной системы 5 поступает в корпус биофильтра через патрубок 4 и барботируется через слой воды 11.

Вода в предложенном биофильтре, циркулирующая в замкнутой водоборотной системе, выполняет две функции: 1) орошает сорбент для поддержания влажности среды, необходимой для жизнедеятельности организмов; увлажняет газовую смесь, проходящую через воду в нижней части корпуса биосорбера 11 и 2) абсорбирует часть ЗВ, при прохождении загрязненного

газового потока через слой воды в нижней части корпуса биосорбера 11, где ЗВ подвергаются деструкции микроорганизмами, попавшими в водную среду вместе со стекающей с сорбирующего слоя 3 водой. Вода, находящаяся в нижней части биосорбера с помощью насоса 12 пропускается через узел фильтрации воды от микроорганизмов и по трубе через патрубок 9 подается в оросительные форсунки.

После увлажнения газоздушная смесь поступает в корпус и под действием разряжения, создаваемого вентилятором 8, фильтруется через активный биосорбционный слой 3. В процессе диффузии газа в слой сорбента микроорганизмы поглощают ЗВ и подвергают их деструкции до нейтральных продуктов. Очищенный воздух по патрубку 6 попадает в влагоотделитель 7, осушается и выходит в атмосферу.

3.5 Расчет платы за выбросы ЛОС цеха 44-1 СКП

В соответствии с ФЗ №7 «Об охране окружающей среды» организации и физические лица, деятельность которых оказывает негативное воздействие на окружающую среду, обязаны вносить плату с целью компенсации ущерба ОС. В данном подразделе проведен расчет платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ (в частности ЛОС) стационарными источниками, находящимися в цехе окраски 44-1 СКП.

В 2014 году общие выбросы ЛОС по ОАО «АВТОВАЗ» не превысили установленные нормативы выбросов [13, 44], поэтому расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводим по формуле 2:

$$\Pi_{\text{н атм}} = C_{\text{нi атм}} \cdot M_{\text{i атм}} \cdot K_{\text{з атм}} \cdot K_{\text{ин}} \quad (2)$$

где i – вид загрязняющего вещества;

$\Pi_{\text{н атм}}$ – плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов выбросов (руб);

$C_{\text{нi атм}}$ – норматив платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах установленных нормативов выбросов (руб.) [41];

$M_{i \text{ атм}}$ – фактическая масса выброса i -го загрязняющего вещества (т);

$K_{з \text{ атм}}$ – коэффициент учитывающий экологический фактор состояния атмосферного воздуха в данном регионе (для Тольятти $K_{з \text{ атм}}=1,9$). Данный коэффициент применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов;

$K_{ин}$ – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду (в 2014 году этот коэффициент был равен 2,33).

В таблице 9 представлены расчетные данные по выбросам ЛОС в цехе 44-1 СКП включающие фактические объемы выбросов в 2014 году и возможные объемы выбросов с учетом очистки воздуха с помощью предлагаемой модели биосорбера (средняя эффективность очистки воздуха биофильтрами составляет 98%) [31].

Таблица 9 – Расчет платы за выбросы ЛОС цехом окраски 44-1 СКП

№ п/п	Наименование ЗВ	$C_{н \text{ атм}}$, руб.	$M_{i \text{ атм}}$, тонны	$M_{i \text{ атм}}$ с учетом очистки, тонны	$P_{н \text{ атм}}$, руб.	$P_{н \text{ атм}}$ с учетом очистки, руб.
1	2	3	4	5	6	7
1	Бензол	21	30,285	0,606	3378,6	67,6
2	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	11,2	691,872	13,833	41153,7	823
3	Метилбензол (Толуол)	3,7	30,638	0,613	602,2	12
4	(Хлорметил)оксиран (Эпихлоргидрин)	11,2	1,192	0,024	70,9	1,4
5	Бутан-1-ол (Спирт н- бутиловый)	21	137,854	2,757	15379	307,6
6	2-Метилпропан-1-ол (Изобутиловый спирт)	21	1,021	0,020	113,9	2,2
7	Пропан-2-ол (Изопропи- ловый спирт)	3,7	50,921	1,018	1000,9	20
8	Этанол (Спирт этиловый)	0,4	1,120	0,022	2,4	0,05
9	Бутилацетат	21	471,735	9,435	52626,9	1052,6
10	Этилацетат	21	48,844	0,977	5449,1	109
11	Формальдегид	683	0,116	0,002	420,9	7,3
12	Пропан-2-он (Ацетон)	6,2	14,636	0,293	482,1	9,7
13	Триэтиламин	15	5,242	0,105	417,7	8,4
14	Бензин (нефтяной, мало- сернистый в пересчете на углерод)	1,2	13,365	0,267	85,2	1,7

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7
15	Скипидар (в пересчете на углерод)	2,5	106,843	2,137	1419	28,4
16	Углеводороды предельные C12-C19	5	0,822	0,016	21,8	0,4
ИТОГО:			1606,306	32,126	122624	2451

Таким образом, внедрение системы биологической очистки вентиляционных выбросов в цехе 44-1 СКП позволит снизить содержание ЛОС в отходящем воздухе на 95 % и снизит плату за их выброс в 50 раз (с 122624 рублей до 2451 рубля; разница составляет 120173 рубля).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ загрязнения атмосферы промышленных городов выявил ежегодно растущий показатель содержания в составе воздуха летучих органических соединений. Многие компоненты ЛОС высокотоксичные соединения, которые оказывают негативное воздействие на организм человека, вызывая мутагенный эффект, нарушение дыхания и могут приводить к развитию раковых заболеваний. Кроме того, ЛОС играют главную роль при образовании фотохимических окислителей, которые приводят к появлению в воздухе ещё более токсичных промежуточных соединений, оказывающих токсическое воздействие на живые системы.

Анализ источников ЛОС показал, что основными антропогенными источниками выбросов ЛОС являются обрабатывающая и нефтехимическая промышленности. Приволжский федеральный округ является лидирующим по выбросам ЛОС в атмосферу. Источниками выделения в атмосферу паров органических растворителей в Тольятти являются предприятия химической и автомобильной промышленности. Анализ приоритетных источников загрязнения атмосферы ЛОС на ОАО «АВТОВАЗ» выявил среди наиболее опасных (по объёму и составу) источников выбросов ЛОС цех окраски 44-1 СКП. Основной проблемой цеха является отсутствие системы очистки вентиляционных выбросов от паров растворителей.

В результате проведенного детального анализа состава ЛОС, образующихся в цехе 44-1 было выявлено 14 приоритетных загрязняющих веществ (9 из которых представители ЛОС) и проведён сравнительный токсикологический анализ их влияния на здоровье человека и ОС.

В результате анализа существующих методов и способов очистки выбросов от ЛОС в качестве наиболее перспективного, доступного и эффективного был выбран биологический метод очистки. Выявленные и обоснованные параметры процесса биологической очистки легли в основу решений за-

дачи по разработке эффективной системы очистки газовойоздушных выбросов от ЛОС способами биофильтрации и биосорбции.

В результате был разработан и предложен биосорбер для очистки выбросов от ЛОС на основе биодеструкции органических составляющих ЛОС микроорганизмами-деструкторами биоплёнки до воды и углекислого газа. В качестве фильтрующего слоя биосорбера предложены разработанные высокопористые сорбенты из углеродсодержащих отходов с иммобилизированной микрофлорой.

Расчёт эколого-экономической эффективности предлагаемых решений показал, что внедрение системы биологической очистки вентиляционных выбросов в цехе 44-1 СКП позволит снизить содержание ЛОС в отходящем воздухе на 95 % и снизит плату за их выброс в 50 раз (с 122624 рублей до 2451 рубля; разница составляет 120173 рубля).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасьев С.В., Рощенко О.С., Афанасьев А.С., Петрушечкина Л.В. Мониторинг содержания формальдегида в атмосферном воздухе в городах РФ // ELPIT- 2013: Сборник трудов 4 Международного экологического конгресса (6 Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов", Тольятти - Самара, 18-22 сент., 2013. Т. 4. Научный симпозиум " Экологический мониторинг промышленно-транспортных комплексов".— 2013.— С. 8-13
2. Бervено А. В., Бervено В. П. Исследование взаимосвязи поверхностных, сорбционно-кинетических и текстурных характеристик // Международная молодежная научно-практическая конференция "Альфред Нобель и достижения мировой науки и цивилизации за 110 лет", Казань, 2011: Сборник материалов.— 2011.— С. 159-160
3. Бухарин О.В., Тимохина Т.Х., Перунова Н.Б. Хронобиология микроорганизмов. – Екатеринбург:Уральское отделение РАН, 2015. – 223 с.
4. Валлиулина В.Н., Чадаева Т.А., Заболотских В.В. Получение и использование растительных сорбентов для защиты окружающей среды. // Материалы V международного инновационного форума молодых ученых «Young elpit».- 2015.- С. 73-80
5. Васильев А. В., Юлия П. Т., Лейла Р. Х. Оценка токсикологических загрязнений биосферы на основе балльно-рейтингового ранжирования // Экол. и пром-сть России.— 2013 № 2.— С. 46-47
6. Веселовская Е.В. Сорбенты на основе промышленных углеродсодержащих отходов. — Новочеркасск: Новочеркасский государственный технический университет, 1995. — 90 с.
7. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды: Учебное пособие. - Пенза: Изд-во ПГАСА, 2002. - 290 с.

8. Виестур У.Э., Шмите И. А., Жилевич А. В. Биотехнология: Биологические агенты, технология, аппаратура. — Рига, 1987. — 263 с.
9. Винаров А.Ю. Очистка и дезодорация промышленных газов с помощью микроорганизмов // Итоги науки и техники. Серия Биотехнология. — М.: Изд-во ВИНТИ АН СССР, 1989. - Т.27. — 184 с.
10. Власенко Т.С. Летучие органические соединения в приземном воздухе над территорией России по наблюдениям с вагона-лаборатории в международных экспериментах TROICA: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук.— Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 2003.— 21 с.
11. Воронич С.С. Мониторинг атмосферных загрязнений урбанизированных территорий. — Москва: Издательский дом "Наука", 2013. — 128 с.
12. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды.— М.: Мир, 2007. — 294 с.
13. Государственная статистическая отчетность по форме 2-ТП (воздух) ОАО «АВТОВАЗ» за 2014 г.
14. Государственная статистическая отчетность по форме 2-ТП (отходы) ОАО «АВТОВАЗ» за 2014 г.
15. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году»
16. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год. Выпуск 25. — Самара, 2015. — 298 с.
17. Гусев М.В. Микробиология: Учебник для вузов. - 4-е изд., — М.: Академия, 2009. — 464 с.
18. Демаков В.А., Максимова Ю.Г., Максимов А.Ю. Иммобилизация клеток микроорганизмов: биотехнологические аспекты // Биотехнология.— 2008 № 2.— С. 30-45
19. Елинов Н. П. Основы биотехнологии. - СПб.:Наука, 1995 - 600 с.

20. Ермилова Е.В. Подвижность и поведение микроорганизмов. – СПб.: Санкт-Петербургский университет, 2004. – 171 с.
21. Ефимова О.С. Свойства материалов на основе углеродсодержащих предшественников различного происхождения // 1 Усовские чтения в Кузбассе, Кемерово, 8 февр., 2010: Сборник трудов научной молодежи Кемеровского научного центра СО РАН.— 2010.— С. 47-50
22. Жижин Г.В. Саморегулируемые волны химических реакций и биологических популяций. – СПб.: Наука, 2004. – 162 с.
23. Заболотских В. В., Потапова И.С. Приоритетные загрязнители атмосферного воздуха города Тольятти и их влияние на здоровье населения // ELPIT 2011. PROCEEDINGS: сб. трудов III Междунар. экологического конгресса (V Междунар. науч.-техн. конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов" : Россия, Самарская область, Тольятти — Самара, Самарский науч. центр РАН, ТГУ, 21-25 сент. 2011 г. Т. 2. "Биотические компоненты экосистем" : науч. симпозиум / науч. ред. А. В. Васильев. - Тольятти : ТГУ, 2011. - С. 87-92
24. Заболотских В.В., Васильев А.В., Валиуллина В.Н. Разработка сорбционных фильтров из растительных отходов для очистки и дезинфекции воздуха в помещениях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - Т. 16, № 1 (6). - С. 1741-1751
25. Зеленин К.Н. Органические вещества атмосферы. // Соросовский образовательный журнал. - 1998.- № 4.- С. 39-44
26. И 37.101.1477-2007. Технологическая инструкция: «Окраска кузовов автомобилей. Технологический цикл»
27. Катлинский А.В., Сазыкин Ю.О. Курс лекций по биотехнологии. ММА им. Сеченова - М. 2005 - 150 с.
28. Келина Н.Ю., Безручко Н.В. Экология человека: Учеб. пособие. - Р-н/Д: Феникс, 2009. - 395 с.

29. Коваленко В.П., Петренко И.М. Компостирование отходов животноводства и растениеводства. — Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2001. — 146 с.

30. Крякунова Е.В., Канарский А.В. Иммобилизация микроорганизмов и ферментов // Вестн. Казан. технол. ун-та. — 2012 т. 15 № 17. — С. 189-194

31. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т.1. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010. — 629 с.

32. Логинов О.Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений. — Уфа: Гос. изд. научно-тех. литературы «Реактив», 2000. — 100 с.

33. Лукин В. Д., Курочкина М. М. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности. — Л.: Химия, 1980. — 232 с.

34. Маликов И. Н., Передерий М. А. Углеродные сорбенты различного назначения из углеродсодержащих отходов // Российская научная конференция (с международным участием) "Глубокая переработка твердого ископаемого топлива - стратегия России в 21 веке", Звенигород, 21-24 нояб., 2007: Тезисы докладов. — 2007. — С. 55

35. Машко С.В. Основы метаболической инженер. — М.: НОУДПО «Институт АйТи», 2011. — 129 с.

36. Москвичева Е.В., Юрко А. В., Стрепетов И. В., Москвичев С.С. Нанотехнологии получения сорбентов. — Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. — 80 с.

37. ОАО «АВТОВАЗ» Годовой отчет 2014

38. Олонцев В.Ф., Мокрова Н.В., Белоусов К.С. Моделирование процессов получения пористых углеродных материалов. — Пермь: Пермский центр научно-технической информации, 2014. — 104 с.

39. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде. — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 208 с.

40. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.05.2003 N 114 (ред. от 12.01.2015) "О введении в действие ГН

2.1.6.1338-03" (вместе с "ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 21.05.2003) (Зарегистрировано в Минюсте России 11.06.2003 N 4679)

41. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 N 344 (ред. от 24.12.2014) "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления"

42. Постановление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 7 апреля 2014 г. N 27

43. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух ОАО «АВТОВАЗ» за 2012 г.

44. Разрешение № 32 на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух для ОАО «АВТОВАЗ» на основании приказа Управления Росприроднадзора по Самарской области от 15.03.2013 г. № 209

45. Ревич Б.А. Опасность токсикантов для здоровья // Экологический Атлас России. М., «Карта», 2002: 104–105

46. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. Глобальные обновленные данные 2005

47. Романов В.И., Романова Р.Л. Выбросы вредных веществ и их опасности для живых организмов. - М.: Физматкнига, 2009. - 376 с.

48. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

49. Сенотрусова С.В. Загрязнение атмосферы и состояние здоровья населения промышленных городов. — Санкт-Петербург: Издательство "Астерион", 2004. — 246 с.

50. Тетиор А.Н. Городская экология: Учеб. пособие для студентов вузов. – Академия, 2008. - 331 с.
51. Тюкавкина Н.А. Биоорганическая химия. – М.: Дрофа, 2008. – 544 с.
52. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ
53. Ханин К.В. Особенности биохимической аэробной очистки ацетонсодержащих газовоздушных выбросов: диссертация. Пензенская государственная архитектурно-строительная академия, Пенза, 2002
54. Чадаева Т.А., Валлиулина В.Н., Заболотских В.В. Очистка воздуха г. Тольятти от летучих органических соединений на основе биосорбционных технологий. // Сборник докладов конференции с участием предприятий, учреждений, организаций городского округа Тольятти «Проблемы экологии городского округа Тольятти и пути их решения», 25.11.2015г., г.о. Тольятти: - Тольятти: Кассандра.- 2015.- С. 216-220
55. Шуклин С.Г., Хворенков В.В. Процессы карбонизации при формировании многослойных покрытий, содержащих наноструктуры. — Ижевск: Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, 2011. — 232 с.
56. Ягафарова Г.Г., Сафаров А.Х. Микроорганизмы и окружающая среда: Учебное пособие. — Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2005. — 207 с.
57. Яровенко В. Л., Калунянц К. А., Голгер Л. И. Производство ферментных препаратов из грибов и бактерий. — М.: Пищевая промышленность, 1969. — 444 с.
58. Aydin Berenjian et al. Volatile organic compounds removal methods: a review // American Journal of Biochemistry and Biotechnology.- 2012.- 8 (4).- C.220-229
59. Detchanamurthy S., Gostomski P.A. Studies on the Influence of Different Metabolic Uncouplers on the Biodegradation of Toluene in a Differential Biofilter Reactor // Biotechnology and Bioprocess Engineering.- Springer, 2015.- PP. 915-923

60. Устав и положения [Электронный ресурс]. URL:
<http://info.avtovaz.ru>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

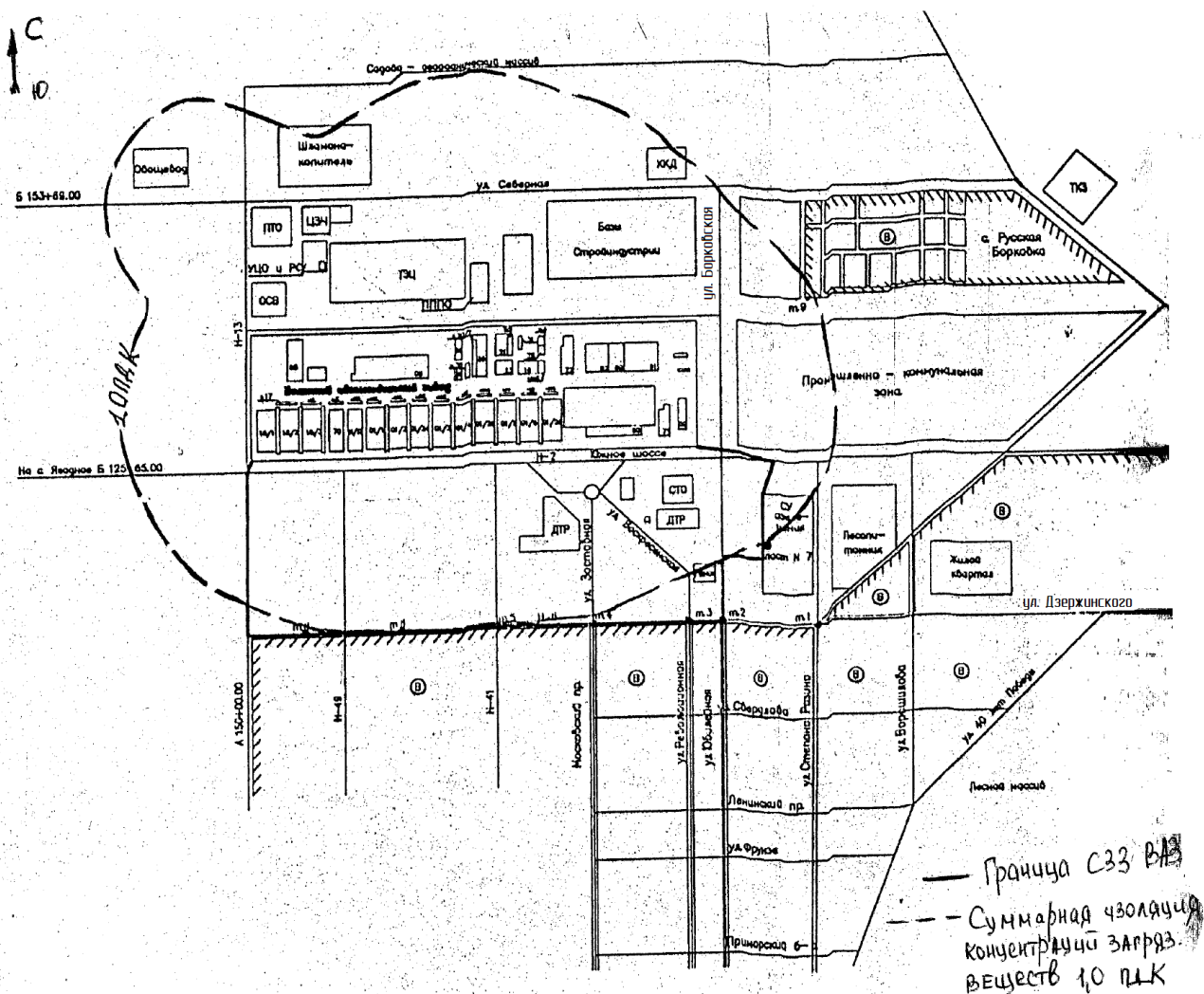
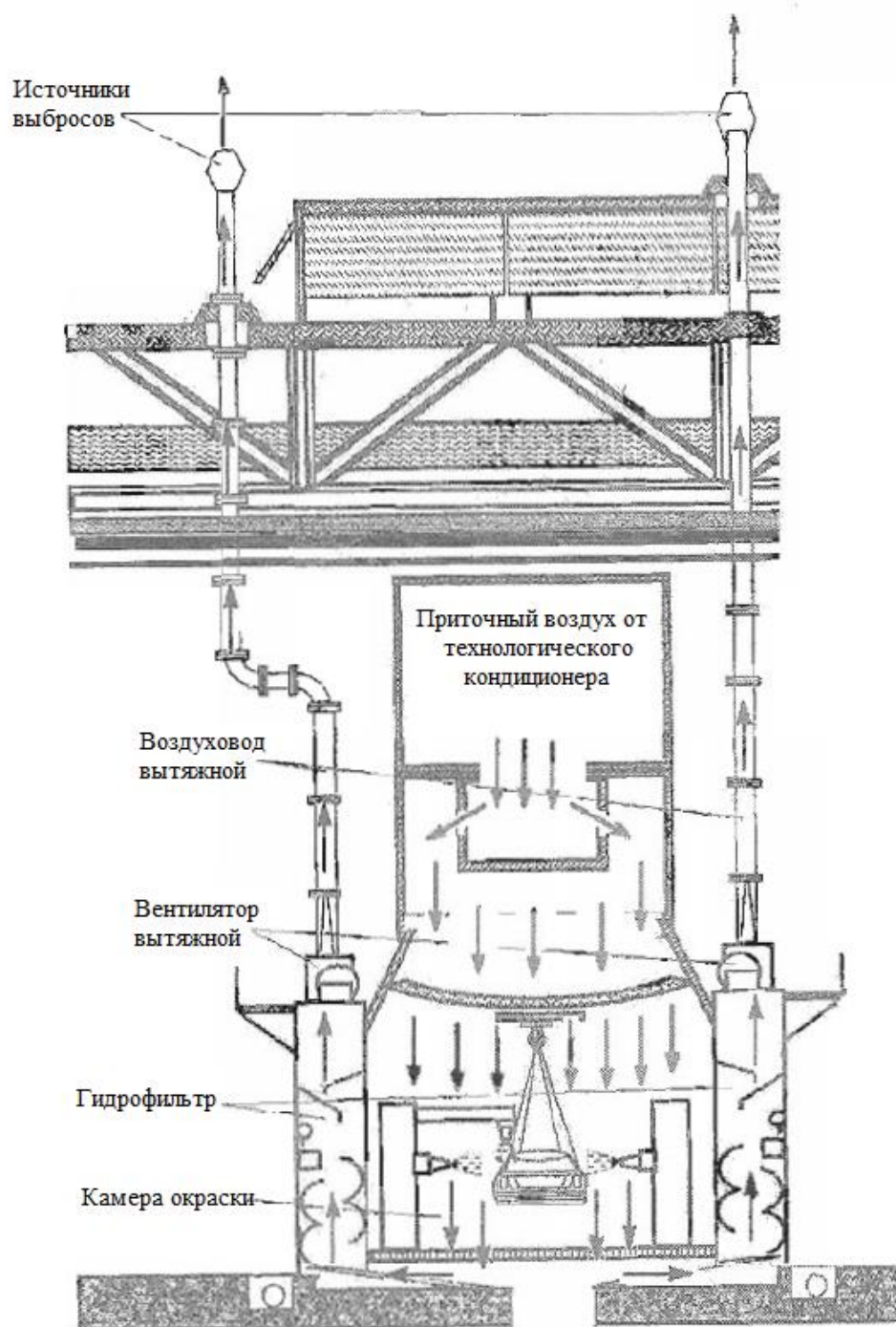


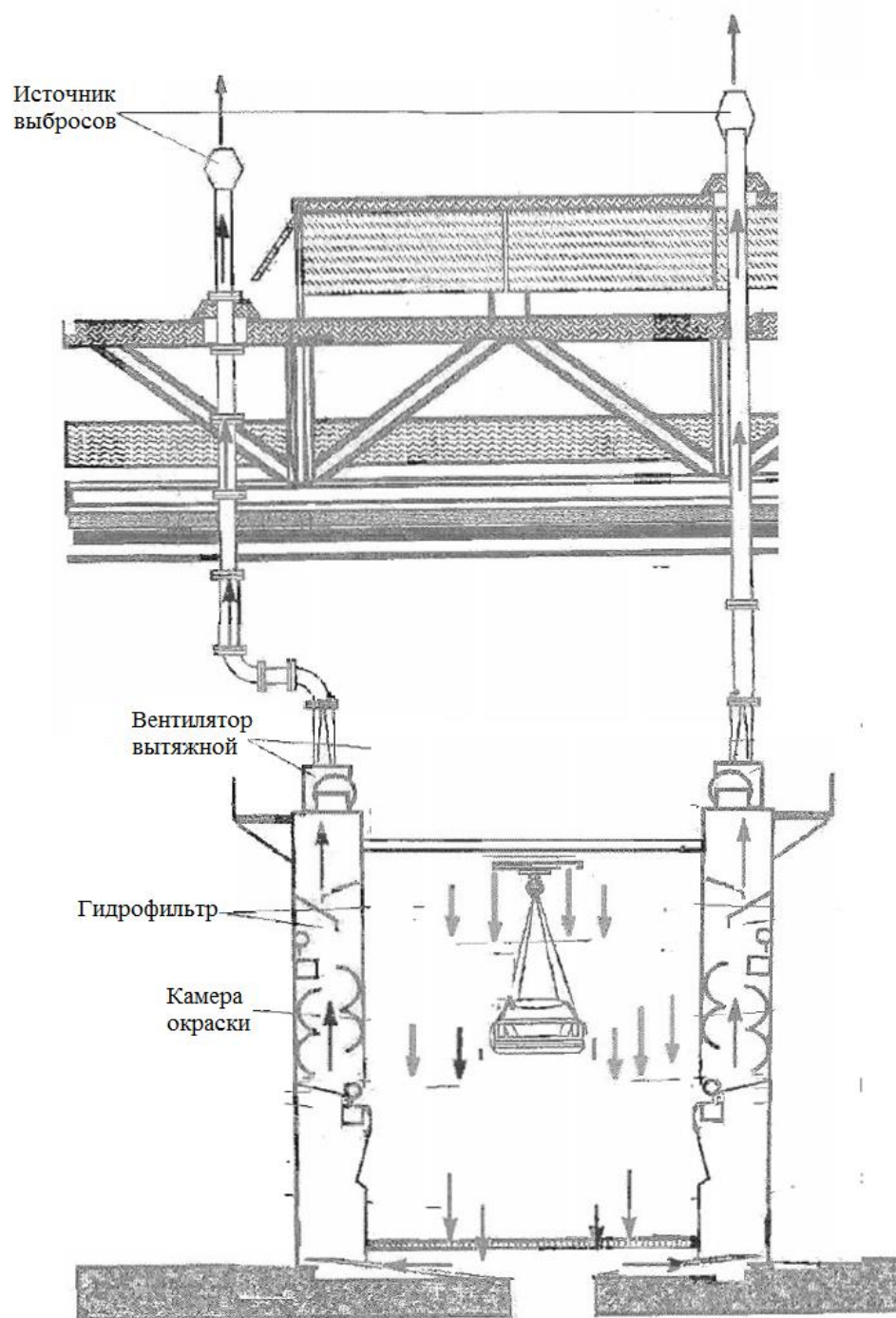
Рисунок А – границы СЗЗ ОАО «АВТОВАЗ»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



**Рисунок Б – Схема гидрофилтра каскадного типа окрасочных линий
«Лак», «Грунт» цеха 44-1 СКП**

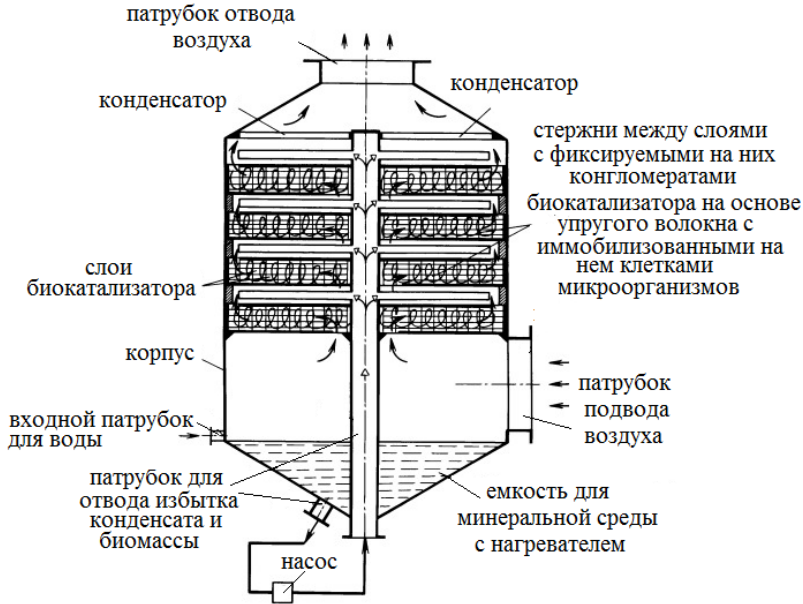
ПРИЛОЖЕНИЕ В



**Рисунок В – Схема гидрофильтра каскадного типа камеры нанесения
противошумной мастики «ПШМ» цеха 44-1 СКП**

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

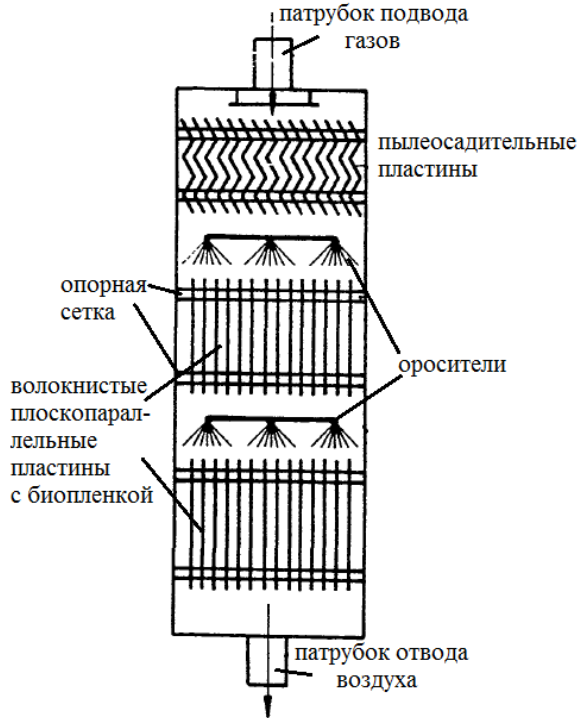
Таблица Г – Результаты патентного поиска аппаратов биологической очистки газовоздушных выбросов

№ п/п	Сведения о патенте	Конструкция аппарата
1	2	3
1	Биологический реактор РФ 2015163, МПК С 12М 1/40, 1994 г. Автор(ы): Германский Г.И., Рогожин И.С., Безбородов А.М., Назарьин С.М.. Патентообладатель(и): Научно-производственное предприятия «Экспромт»	 патрубок отвода воздуха конденсатор конденсатор стержни между слоями с фиксируемыми на них конгломератами биокатализатора на основе упругого волокна с иммобилизованными на нем клетками микроорганизмов слой биокатализатора корпус входной патрубок для воды патрубок для отвода избытка конденсата и биомассы насос патрубок подвода воздуха емкость для минеральной среды с нагревателем Рисунок Г.1 – Биологический реактор Аппарат предназначен для биологической очистки воздушной среды в химических, микробиологических и пищевых производствах. Биологический реактор содержит корпус, слои биокатализатора, расположенные в шахматном порядке, каждый из которых одним концом закреплён в стенке корпуса, а другим образует зазор с противоположной

Продолжение таблицы Г

1	2	3
		стенкой корпуса, отличающийся тем, что реактор содержит стержни с зафиксированными ими конгломератами на основе упругих химических волокон с иммобилизованными клетками микроорганизмов, при этом стержни закреплены в пространстве между слоями биокатализатора и расположены перпендикулярно потоку воздуха.
2	Биофильтр для очистки отходящих газов США 6100081, МПК В 01D 53/85, 2000 г. Автор(ы): Buelna Gerardo Патентообладатель(и): Centre de 57echerché industriel- le du Québec	Рисунок Г.2 – Биофильтр

Продолжение таблицы Г

1	2	3
		Аппарат предназначен для биологической очистки газовоздушных выбросов. Очищаемый газ в биофилтре имеет восходящее направление, а вода нисходящее. Газ и вода распределяются в биофилтре с помощью перфорированных трубок и проходят через фильтрующие слои, состоящие из древесных опилок, стружек и торфа с иммобилизованными на них микроорганизмами. Верхний дезодорирующий слой состоит из хвойной коры. Внизу имеется дренарующий слой из камней.
3	Аппарат для биологической очистки газов Германия 4017384, МПК В 01D 53/00, 1991 г. Автор(ы): Hanno Tautz Патентообладатель(и): The Linde Group	 патрубок подвода газов пылеосадительные пластины опорная сетка оросители волокнистые плоскопараллельные пластины с био пленкой патрубок отвода воздуха Рисунок Г.3 – Аппарат для биологической очистки газов

Продолжение таблицы Г

1	2	3
		Аппарат предназначен для биологической очистки отходящих газов. Первая стадия очистки – очистка от пыли с помощью пылеосадительных пластин. Основная часть аппарата состоит из множества параллельных фильтрующих пластин, которые изготовлены из инертного материала. Между ними для очистки поверхности и увлажнения предусмотрена оросительная система. Опорные пластины расположены параллельно направлению потока газа и прикреплены к опорным сеткам. Расстояние между пластинами находится в диапазоне приблизительно от 2-10 мм. Пластины покрыты биопленкой.