

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**СОВРЕМЕННОЕ И ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОЧИСТКИ  
ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки магистратуры 2 курса 2291 группы  
направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»,  
профиль «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»  
института физики

Казаковой Екатерины Егоровны

Научный руководитель,  
доцент, к.ф.-м.н., доцент  
\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Д. В. Терин

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.Б. Вениг

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Саратов 2023

**Введение.** Прогрессивно развивающаяся мировая промышленность, является неотъемлемой частью сегодняшнего потребления человечества. Важность открытий в физике, химии, металлургии, материаловедении, несомненно радует человечество, но омрачает конечная стадия любого производства, это газообразные выбросы, объём которых растёт каждый год с нарастающей последовательностью. С развитием промышленности загрязнение атмосферы, становится угрожающей проблемой. Прямое или косвенное воздействие, глобальным загрязнением атмосферы, ежегодно в мире уносит до трёх миллионов жизней, приблизительно два миллиона в высокоразвитых странах. Проблема нарастания загрязняющих веществ в атмосфере играет ведущую роль в изменении химического состава окружающей среды и в целом климата Земли.

В настоящее время, рост антропогенной нагрузки на окружающую среду, а также истощение запасов природных ресурсов, заставляют перспективно развивать ресурсосберегающие технологии – это мнение технически культурных стран Европы, то есть выход в прогрессе технологий, внедрение снижающих до минимума или исключаящих вовсе выбросы нежелательных газокомпонентов. Значительно, развитые поставщики ресурсов Россия, Китай делают акцент на высокоэффективную очистку и обеззараживание большого количества опасных газовых отходов промышленности [1].

Самые важными антропогенные выбросы по отношению к газовой химии являются азот- и углеродсодержащие соединения. В процессе роста химических соединений в составе атмосферы, обладающих высокой реакционной способностью, помимо направленного токсического действия этих веществ на окружающую среду, возрастает количество опасных продуктов реакций. Отходы в виде газообразных органических соединений являются одним из основных загрязнителей атмосферы, состоящих их широкого спектра компонентов. Порождающими факторами являются выхлопные газы автомобилей, нефтеперерабатывающие заводы, заводы производства пластмасс, резины, синтетических смол. В большинстве это летучие органические

соединения – бензол, ацетон, толуол, формальдегид и др., обладающие токсичными, мутагенными канцерогенными свойствами. Присутствуя, в атмосферном пространстве данные вещества и вторичные продукты их окисления наносят разрушающее воздействие на окружающую среду и негативно влияют на здоровье людей.

Следовательно, важно отметить тот факт, что азот- и углеродсодержащие соединения являются основными компонентами ряда токсичных химикатов, часто такие специально синтезированные химические соединения, применяют для поражения людей, животных и растений, то есть как, химическое оружие массового поражения. Сегодняшняя реальность запрещает ведения войны химическим оружием крупномасштабного поражения, но не отрицают возможности их точечного использования в качестве средств поражения отдельных объектов или групп людей [2].

Актуальность создание сорбентов с универсальными защитными свойствами, обеспечивающих комплексность механизмов поглощения различных паров и газов за счёт физической адсорбции, хемосорбции и катализа занимает первое место!

Поэтому создание сорбентов с универсальными защитными свойствами, обеспечивающих комплексность механизмов поглощения различных паров и газов за счёт физической адсорбции, хемосорбции и катализа весьма актуально!

Целью выпускной квалификационной работой является – создание сорбентов с универсальными защитными свойствами, обеспечивающих комплексность механизмов поглощения активными углями различных паров и газов за счёт физической адсорбции, хемосорбции и катализа.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор, рассмотреть проблему с разных сторон;
- изучить методы очистки газоздушных смесей, от первичной до завершающей стадии;
- проанализировать существующие сорбенты и выбрать основу для опытных образцов;

- разработать алгоритм модификации сорбентов;
- провести процесс модификации и тестирование образцов;
- провести анализ полученных результатов;
- сделать выводы.

Выпускная квалификационная работа занимает 51 страницы, имеет 21 рисунок и 1 таблицу.

Обзор составлен по 21 информационному источнику.

Во введении рассматривается масштаб проблемы, актуальность работы в режиме настоящего времени, осуществляется постановка цели и определяются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой: Литературный обзор. Загрязнение атмосферы Земли.

Во втором разделе работы: Экспериментальная часть. Создание сорбентов с универсальными защитными свойствами, обеспечивающих комплексность механизмов поглощения паров и газов, содержащих отравляющие вещества.

### **Основное содержание работы**

#### **1 Литературный обзор. Загрязнение атмосферы Земли.**

*Загрязнение атмосферы Земли* – процесс выброса и попадания в атмосферу конечных продуктов промышленного производства, содержащих токсические химикаты, а также продукты их реакций.

Основными источниками загрязнений атмосферы являются:

- *Естественные* (природные) источники
- *Искусственные* (антропогенные) факторы:
  - ✓ транспортные
  - ✓ производственные (промышленные, техногенные)
  - ✓ бытовые

Классификация загрязнений по характеру их природы:

- *физические* — шлам (пыль, сажа), радиоактивные (радиоактивное излучение и изотопы), электромагнитные (электромагнитные волны и

радиоволны), шумовые (высокие и низкочастотные колебания) и тепловые загрязнения (потоки горячего воздуха.);

- *химические;*
- *биологические.*

Классификация загрязнений по агрегатному состоянию:

- газообразные;
- аэрозоли (туманы);
- твердые (пыли, сажа) [3].

### **1.1 Нормативно-правовые аспекты**

Федеральным законом № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 г. установлены требования к охране атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации промышленных объектов.

### **1.2 Механические методы очистки газовоздушных смесей**

*Механическая очистка* – улавливание, удаление, выведение примесей грубого агрегатного состояния из газовоздушных смесей.

- Гравитационное осаждение
- Инерционное осаждение
- Центробежное осаждение
- Фильтрация
- Абсорбция
- Башни с насадкой
- Пенные аппараты
- Орошаемые циклоны
- Скрубберы Вентури
- Адсорбция

**2 Экспериментальная часть. Создание сорбентов с универсальными защитными свойствами, обеспечивающих комплексность механизмов поглощения паров и газов, содержащих отравляющие вещества**

#### **2.1 Материалы и методы**

Учитывая все выше изложенные требования к адсорбентам, рассмотрим имеющие в промышленности материалы, произведя сравнительный анализ.

*Силикагель* – гидратированный аморфный кремнезём, который является синтетическим минеральным сорбентом, применяется для осушения газа (может удерживать до 50% влаги к массе сорбента) и поглощения паров органических соединений (например, метилового спирта). Примеси, имеющие в своём составе неполярные органические вещества, поглощаются слабо.

*Алюмогель* – это микс обыкновенного гидрата окиси алюминия с его полигдратами, получается гидрофильный сорбент с хорошо развитой пористой структурой. В последствие полученный материал, подвергается высокотемпературной обработке при температуре 600-1000°C.

*Цеолиты* (молекулярные сита) – алюмосиликаты, у которых входят в состав окислы щелочных и щелочноземельных металлов, имеющие строго регулярную структуру пор, именно эта особенность, позволяет использовать их для избирательной адсорбции.

*Активные угли* – гидрофобные соединения, хорошо адсорбирующие, прежде всего гидрофобные вещества, к числу которых относится большинство органических веществ (адсорбционная активность возрастает с повышением молекулярного веса и температуры адсорбтива).

Активные угли получают из различных видов органического сырья: древесины, торфа, бурого или каменного угля, костей животных, скорлупы орехов и т.п. Принцип производства активных углей, это то, что исходный материал проходит процесс термической обработки без доступа воздуха. При таких условиях удаляются летучие вещества и образуются крупнопористая структура, частично заполненная смолистыми веществами. Для активации структуры активного угля, его окисляют оксидом углерода (IV) (или водяным паром) при 850-900°C (газовая активация), или обрабатывая минеральными кислотами (или солями) при температуре 200-650°C (химическая активация) [4].

Основопологающей характеристикой активных углей, определяющей его адсорбционные свойства, является наличие пористой структуры. Поры, в составе пористой структуры, классифицируются по размерам:

- ✓ макропоры – более 50 нм;
- ✓ мезопоры (переходные) – от 2 нм до 50 нм;
- ✓ микропоры – менее 2 нм.

Макропоры с размерами пор более 50 нм берут на себя функцию транспортных каналов для продвижения адсорбируемых молекул к мезо- и микропорам. В макро- и мезопорах наблюдается послойный механизм адсорбции. В микропорах, размер которых соизмерим с размерами адсорбируемых молекул, адсорбция носит характер объемного заполнения. Поэтому для микропористых адсорбентов решающее значение в адсорбции играет объем пор, а не поверхность адсорбента [5].

## **2.2 Формирование алгоритма модификации активных углей, подборка катализаторов**

Закончив анализ литературных данных и оценку результатов собственных исследований, создали структуру модифицирования активных углей для проведения экспериментальных работ по возможности придания сорбентам универсальных защитных свойств:

- 1) получение раствора гуминовой кислоты, с помощью экстракции из промышленных образцов удобрений;
- 2) подготовка шпинелей – высокодисперсных смешанных оксидов переходных металлов;
- 3) гуматизация подготовленных образцов активных углей раствором гуминовых кислот;
- 4) замачивание углей в растворе оксидов переходных металлов с комплексообразующими добавками;
- 5) сушка до воздушно-сухого состояния.

Способ введения структурно сформированных оксидных катализаторов не требует термического воздействия на разрабатываемый сорбент, это

способствует сохранению микропорового пространства и снижению содержания комплексообразующих добавок до достаточного уровня. Обеспечивая время защитного действия по связываемому веществу (аммиаку).

### 2.3 Характеризация образцов

В исследованиях участвуют девять образцов навесок по 10 грамм активного угля марки АГ-5, являющегося основным сорбентом для средств индивидуальной защиты органов дыхания. Образцы под номерами 1, 2, 3 будут исследоваться в чистом виде, без проведения каких-либо модификаций, как «нулевая» проба, для выявления стартовых адсорбирующих показателей.

Образцы под номерами 4, 5, 6, 7, 8, 9 прошли процесс гуматизации, замачивание 24 часа в водном растворе гуминовых кислот, полученных из промышленного препарата «Гумат+7 йод», производство Россия АО Фирма «Август», ТУ 2189-004-71788256-2015.

### 2.4 Тестирование образцов

Целью работы является знакомство с адсорбционной очисткой отходящих газов от аммиака в адсорбере с неподвижным слоем адсорбента. Во время работы необходимо:

- 1) определить исходную концентрацию аммиака в газовой фазе;
- 2) изучить процесс периодической адсорбционной очистки газа;
- 3) сделать выводы

Вся методика проведения опыта описана в ГОСТ 12.4.159-90.

На рисунке 1 указываются объем газа, прошедший через слой адсорбента до момента проскока ( $V_{пр}$ ) и равновесный объем газа ( $V_p$ ).

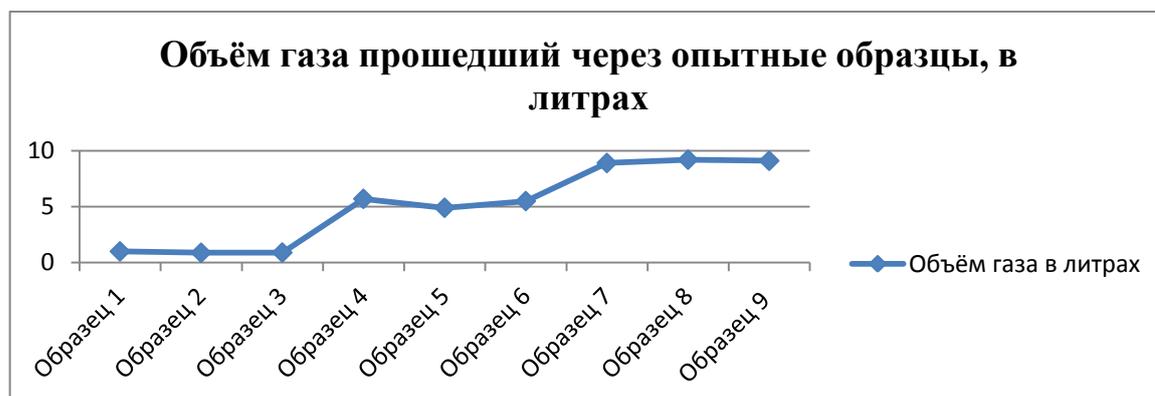


Рисунок 1 – Объем газа, прошедший через слой адсорбента

На рисунке 2 показана динамика времени защитного действия адсорбента от паров аммиака.



Рисунок 2 – Время защитного действия адсорбента

Посредством модифицирования сорбентов с применением гуминовых кислот и оксидов переходных металлов, увеличивается объём отработанных газов при одинаковой концентрации аммиака, так же возрастает время защитного действия активных углей.

Цель экспериментальной работы достигнута;

➤ разработана и опробована технологическая последовательность и приёмы нанесения модификаторов на активные угли, используемые для изготовления средств защиты органов дыхания и средств коллективной защиты;

➤ проведена экспериментальная оценка защитных свойств при воздействии паров аммиака на опытные образцы.

Данные разработки представляют не только научный интерес, но и перспективы для практического использования в противогазной технике, в первую очередь, для поглощения паров аммиака и расширения универсальности создаваемых сорбентов.

**Заключение.** Для технологической реализации адсорбционного процесса следует разносторонне оценить материал, предлагаемый в качестве адсорбента. Оценка осуществляется по его физико-механическим и физико-химическим свойствам.

Первые позволяют: определить механическую устойчивость сорбента к разрушающему воздействию различных факторов и вытекающие отсюда инженерные характеристики: ожидаемое время устойчивой в гидродинамическом отношении работы, проницаемость слоя сорбента для фазы очистки. Низкая механическая устойчивость сорбента делает непригодным для использования в технике даже материалы, обладающие ценными физико-химическими свойствами.

Вторые (удельная адсорбционная ёмкость, избирательная способность адсорбента, регенерационная способность и т.п.) характеризуют главное – принадлежность вещества к классу сорбентов.

Увеличение полифункциональных групп на поверхности активных углей замачиванием в водный раствор гуминовых кислот и соединение с оксидами поливалентных металлов высокой дисперсности, являющихся катализаторами процессов поглощения (окислительно-восстановительной направленности), позволит обеспечить распределение активных компонентов и высокую каталитическую активность.

Способ введения структурно сформированных оксидных катализаторов не требует термического воздействия на разрабатываемый сорбент, что способствует сохранению микропорового пространства и снижению содержания комплексообразующих добавок до минимально-достаточного уровня, обеспечивающего время защитного действия по связанному веществу (аммиаку). Кроме того, применение оксидов железа и кобальта, проявляющих амфотерные свойства, позволит в определённой технике защиты по кислым и основным соединениями.

В работе использовались в качестве исходных материалов активные угли, являющиеся базовыми для создания фильтрующе-поглощающих систем.

Разработанный алгоритм модификации активных углей обеспечивает:

✓ неизменность микропористого пространства, обеспечивая сохранение физической сорбции органических соединений (ацетон, бензол, спирты);

✓ увеличение сорбционной активности за счёт катализа и хемосорбции, повышает время защитного действия по аммиаку, сероводороду, паров ртути.

Таким образом, процессы целенаправленной модификации являются одним из основных путей создания сорбентов с максимально универсальными защитными свойствами. Осуществление предварительной гуматизации активных углей, технологически упрощает процесс ввода в сорбционную матрицу поливалентных оксидов и комплексообразующих добавок. Это направление очень перспективно при разработке сорбентов, обеспечивающих достаточную поглотительную способность, оптимально протекающую по механизмам физической сорбции, катализа и комплексообразования и позволит осуществлять создание новых перспективных образцов средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Окончательный инженерный выбор адсорбента осуществляется по совокупной оценке всех свойств при оптимальной экономической и технической эффективности.

#### **Список использованных источников**

1 Коузов, П. А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П. А. Коузов, А. Д. Мальгин, Г. М. Скрыбин. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб. : Химия, 1993. – 320 с.

2 Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – 3-е изд. перераб. и доп. – Калуга : Издательство Н. Бочкарёвой, 2000. – 800 с.

3 Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды / Л. Ф. Голдовская. – М. : Мир, 2005. – 296 с.

4 Фарберова, Е. А. Разработка угольных сорбентов для обеззараживания воды / Е. А. Фарберова, А. В. Виноградова, Е. С. Шергина // Вестник Пермского НИПУ. – 2010. – № 3. – С 22-30.

5 Касимова, Э. Д. Настроенные структуры на основе гуминовых кислот для использования в качестве селективных сорбентов / Э. Д. Касимова,

К. А. Кыдралиева, Ш. Ж. Жоробекова // Теоретическая и прикладная экология.  
– 2014. – № 2. – С. 86-90.