



Студенттер мен жас ғалымдардың  
**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»**  
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

XIII Международная научная конференция  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»**

The XIII International Scientific Conference  
for Students and Young Scientists  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»**



12<sup>th</sup> April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«Ғылым және білім - 2018»  
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS  
of the XIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2018»**

**2018 жыл 12 сәуір**

**Астана**

**УДК 378**

**ББК 74.58**

**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

**ISBN 978-9965-31-997-6**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2018

этом предусмотрено, что к предварительно очищенному дымовому газу с помощью подвода 16 восстанавливающего средства подводится восстанавливающее средство. В качестве восстанавливающего средства обычно применяется аммиак. Подвод 16 восстанавливающего средства может не понадобиться, если в исходящем из установки 1 дымовом газе имеется избыточный аммиак или при недостаточном аммиаке может через подвод 16 восстанавливающего средства подводится только недостающая часть аммиака. Подвод восстанавливающего средства осуществляется, например, с помощью распыляющих форсунок.

Дымовой газ по трубопроводу 17 поступает во второе фильтровальное устройство 9. Второе фильтровальное устройство выполнено в виде рукавного фильтра с фильтровальной тканью или фильтровальными рукавчиками. С помощью этой фильтровальной ткани содержание пыли в дымовом газе уменьшается.

При необходимости перед вторым фильтровальным устройством 9 может располагаться устройство 18 для распылительного охлаждения, чтобы охладить дымовой газ перед поступлением во второе фильтровальное устройство 9 до температуры, например, максимум 250°C, которая снижает тепловую нагрузку на фильтровальную ткань от дымового газа. После второго фильтровального устройства 9 очищенные таким образом дымовые газы через дымовую трубу 19 направляются из установки 1 в воздух. Опять же для этого между дымовой трубой 1 и вторым фильтровальным устройством может располагаться транспортирующее устройство 15. Предпочтительно остаточная энергия дымовых газов, выходящих из восстановительного катализатора 8, однако, применяется для сушки исходных материалов. Для этого на рис.2 изображены две сушильные мельницы 20, расположенные в направлении потока дымовых газов между восстановительным катализатором и вторым фильтровальным устройством 9.

В современной науке исследование и разработка эффективных и экономичных систем очистки дымовых газов на предприятиях является актуальной проблемой по сей день.

Я считаю, что внедрение данной установки на теплоэнергетические предприятия будет одним из шагов к уменьшению выбросов в окружающую среду.

#### **Список использованных источников**

1. Рыжкин В. Я. — Тепловые электрические станции, 1987.
2. Ежов В.С., Соколенко Н.С. Повышение экологической безопасности теплогенераторов систем индивидуального теплоснабжения в жилых массивах, 2013.
3. Пат.2469949 Россия. МПК C01B 21/00. Способ очистки дымовых газов, содержащих оксиды азота/ Сире Бернал, Табари Франк. Оpubл. 20.12.2012, Бюл. №35.

УДК 621.311.22

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭЦ С ПОМОЩЬЮ ЦЕОЛИТОВ**

**Малгаждаров Алибек Нурланович**

*alim.0777@mail.ru*

Студент ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – М.Г.Жумагулов

В процессе антропогенной деятельности атмосфера подвергается изъятию газовых элементов, загрязнению вредными твёрдыми, жидкими и газовыми веществами. Масштабы загрязнения атмосферы обусловлены мощностью производственных пылегазовоздушных выбросов и характером воздушных потоков. Одним из наиболее крупных загрязнителей атмосферы считается теплоэнергетика. Тепловые электростанции (ТЭС) и отопительные котельные, сжигающие углеводородное топливо, выбрасывают в атмосферу вместе с

отходящими дымовыми газами (пылегазовоздушными выбросами) различные вредные твердые, газообразные и жидкие вещества: летучую золу (частицы дыма, сажи, тяжелых металлов, кварца и другие), оксиды и диоксиды азота и углерода, диоксид серы, фенол, формальдегид и так далее.

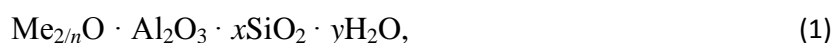
Газоочистные сооружения, как и связанные с конструктивными изменениями агрегата способы очистки, как правило, дороги и не всегда экономически оправданны. Поэтому большое распространение получают малозатратные режимные методы снижения выбросов загрязняющих веществ.

Для очистки (обезвреживания) пылегазовоздушных выбросов промышленных предприятий от вредных паров, газов и токсичных веществ используют адсорбционный метод. При предлагаемом методе уменьшения вредных выбросов от топок с факельным сжиганием топлива возможно использование различных сухих адсорбентов, таких как глинозёмы, зола, природные цеолиты. Между тем последние обладают преимуществами перед другими адсорбентами – позволяют сорбировать ряд газовых компонентов, таких как двуокись серы, оксиды азота, окись и двуокись углерода, сероводород, сероуглерод и другие [1]. К тому же природные цеолиты являются дешёвым минеральным сырьём при достаточно больших разведанных запасах на территории Забайкальского края.

Цеолиты (в переводе с греческого — «кипящий камень») — общее название алюмосиликатных минералов, кристаллическая решетка которых пронизана системой полостей и каналов. Различают цеолиты синтетические и природные, которые в свою очередь делятся по происхождению на осадочные и вулканические.

Низкая себестоимость и уникальные свойства природных цеолитов, обусловленные особенностями кристаллической решётки, химического состава, высокой ионообменной ёмкостью (до 2 мг-экв/г), молекулярно-ситовыми и каталитическими способностями выводят их на первое место в решении большого количества хозяйственных задач в различных областях деятельности человека.

Общая химическая формула цеолитов:



где Me – катион щелочного металла,

$n$  – валентность щелочного металла.

В природе в качестве катионов обычно в состав цеолитов входят натрий, калий, кальций, реже барий, стронций и магний. Кристаллическая структура цеолитов образована тетраэдрами  $\text{SiO}_4$  и  $\text{AlO}_4$  (рис.1). Катионы компенсируют избыточный отрицательный заряд анионной части алюмосиликатного скелета цеолита.

При медленном нагревании цеолита до 140 – 390 °С молекулы воды вытесняются и оставляют после себя пустоту в правильно расположенной структуре цеолита, которая остается без изменений. Эти пустоты имеют одинаковый размер, что является уникальной особенностью цеолитов. Пустоты образуют объем свободного внутрикристаллического пространства, который определяет число молекул, адсорбирующихся дегидратированным цеолитом. Если из цеолита удалить воду, поры могут быть заполнены снова водой или другим веществом, что и предопределяет их использование в процессах осушки и разделения веществ [2].

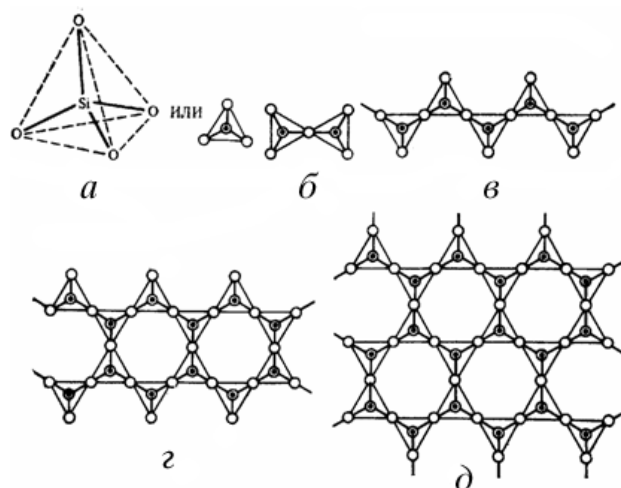


Рисунок 1 -. Способы соединения алюмосиликатных тетраэдров:

а) отдельный тетраэдер, б) два тетраэдера с общей вершиной, в) фрагмент простой цепи, г) фрагмент «ленты», д) фрагмент «листа».

Поглощение вещества происходит в основном в адсорбционных полостях цеолита. Однако не все вещества могут проникать в адсорбционные полости цеолитов и поглощаться в них. Это объясняется тем, что адсорбционные полости соединяются друг с другом входами — «окнами» строго определенного размера. Проникнуть через окно могут только те молекулы, критический диаметр которых меньше диаметра входного окна  $d_0$ .

Природные дегидратированные цеолиты способны сорбировать молекулы разных веществ, поглощать воду, газы, жидкости и твёрдые вещества. Интенсивность адсорбции обусловлена огромной внутренней поверхностью кавернозной структуры минерала, достигающей 47 %, в то время как у искусственных цеолитов этот показатель составляет 50 %, а стоимость выше в разы. К достоинствам природных цеолитов следует отнести их способность к регенерации, и как следствие, возможность применения в многоцикловом режиме.

Шивыртуйское месторождение природных цеолитов с запасами более 500 млн тонн расположено на юго-востоке Забайкальского края и является одним из самых крупных и перспективных месторождений России. Содержание цеолита (в основном это клиноптилолит) колеблется от 15 до 95 %. Особенностью клиноптилолита является то, что он имеет высокую стабильность к дегидратации, в силу своей изоструктурности, после которой способен к адсорбированию углекислого газа, влаги и других соединений [3]. В таблице 1 представлен состав и характеристика Шивыртуйского месторождения природных цеолитов.

По химическому составу исследуемая цеолитовая порода относится к высококремнеземистой, характеризуется высоким отношением Si/Al, общее содержание  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляет 78,2 %. Определяющим фактором структуры цеолитов является соотношение  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . Цеолитные материалы с высоким отношением Si/Al характеризуются значительной термостабильностью и кислотоустойчивостью.

По данным ВНИИгеолнеруд и ВостСибНИИГТиМНА такие цеолиты относятся к первой группе природных материалов по термо- и кислотоустойчивости (т.е. высокоустойчивы). Цеолиты обладают хорошими регенерационными способностями, выдерживают высокие температуры (до 600 °С), устойчивы к воздействию агрессивных сред без видимых следов разрушения.

Состав и характеристика Шивыртуйского месторождения природных цеолитов

Характеристика месторождения								
Тип минерала	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Катионообменная способность, мг-экв/100 г			pH		
Клиноптилолит	2,18	1,68	64,9			9,5		
Химический состав, %								
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	MgO	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	FeO, TiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , MnO
64,3	13,9	1,24	2,16	1,55	1,36	2,38	12,08	1,03

В данной статье автором предлагается способ совместного снижения вредных выбросов на основе природных цеолитов Забайкальского края. Сущность предлагаемого способа заключается в том, что непрерывная подача природных цеолитов в дымовые газы, образованные в послепламенной зоне котла, производится непрерывно во время его работы, с помощью, например, устройств системы дробеструйной очистки поверхностей нагрева (рисунок 2).

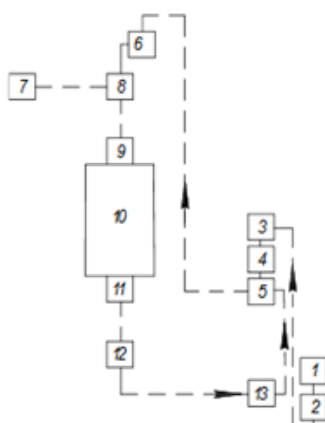


Рисунок 2 - Блок-схема применения системы дробеструйной очистки котла для реализации аддитивного способа газоочистки:

1 – расходный бункер-накопитель с конвейером подачи со склада хранения; 2 – нижний контур подпиточного контура; 3 – дробеуловитель; 4 – разделитель; 5 – бункер рабочего контура; 6 – верхний бункер; 7 – исполнительный механизм; 8 – питатель-распределитель; 9 – сферические разбрасыватели; 10 – конвективная шахта котла; 11 – сепаратор; 12 – бункер дроби; 13 – инжектор.

Также за счет устройств перечисленной системы производится сбор отработанного сорбента и вывод его из цикла газоочистки. Кроме того, рассматриваемый способ можно осуществить с помощью специальных устройств, позволяющих производить дозировку адсорбента в дымовые газы на участке газового тракта после поворотной камеры котла либо после золоуловителя.

За счет поглощения доли содержащихся в уходящих газах SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> (в случае просыпки адсорбента в конвективную шахту котла) одновременно со снижением концентрации SO<sub>2</sub> в продуктах сгорания происходит снижение температуры точки росы дымовых газов. При этом становится возможной работа котельной установки с более глубоким охлаждением продуктов сгорания на выходе, что позволяет повысить надежность работы воздухоподогревателей (происходит снижение вероятной скорости коррозии в зоне температур 80 – 120 °С) [4]. Кроме того, понижение температуры точки росы дымовых газов

в реальных условиях позволяет повысить экономичность котла по сравнению с работой в обычном режиме (без использования предлагаемой технологии).

Также во время непрерывной подачи адсорбента в уходящие газы, проходящие по опускной шахте котла, создаются оптимальные термохимические условия для адсорбента по поглощению вредных выбросов, и становится более продолжительным контакт адсорбента с продуктами сгорания.

На основе экспериментального исследования природных цеолитов получены достоверные данные об их динамической сорбционной емкости. Для этого было проведено несколько серий опытов с различной подачей цеолита на экспериментальной установке, моделирующей работу котла с факельным сжиганием топлива. Топливом служил уголь Харанорского и Татауровского месторождений. Использовали природный цеолит Шивыртуйского месторождения (фракция 1 – 3 мм, влажность – до 16 %).

Содержание  $SO_2$ ,  $NO_x$ , а также коэффициент избытка воздуха определяли с помощью газоанализатора. Характеризующие работу экспериментальной установки показатели (расход, температура) фиксировали регистратором параметров, связанным посредством проводной связи с приборами контроля. Концентрацию цеолита изменяли в диапазоне 0 – 20 % с шагом 1 % [5].

Другой способ применения адсорбента представляет собой замкнутую систему циркуляции газовой среды через неподвижный слой размолотого природного цеолитового материала.

В экспериментальном стенде с неподвижным сорбентом газовая среда пропусклась через слой дегидратированного цеолита 8 (рис.3) массой 5 г, загруженного в реакционную колонку. При этом происходило поглощение оксидов азота сорбентом. Масса сорбента определялась экспериментально исходя из максимального использования его эффективной поверхности постепенного уменьшения слоя насыпки частиц размером 0.375-0.6 мм на сетке 7 и контроля количества поглощаемого вещества.

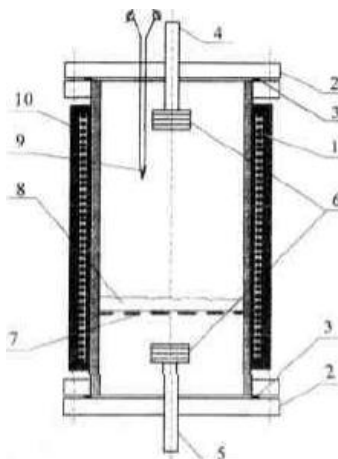


Рисунок 3 - Реакционная колонка:

1 - корпус; 2 - крышка; 3 - прокладка; 4 - патрубок отвода газов; 5 - патрубок подвода газов; 6 - диффузионный колпачок; 7- решетка; 8 - слой сорбента; 9 - термопара; 10 - обмотка нагревателя.

Очищаемый газ подавался через патрубок 5 в нижнюю часть реакционной колонки и при помощи диффузионного колпачка 6 и сетки 7 распределялся равномерно по всему слою цеолита.

Температура газов внутри колонки при адсорбции составляла 100 °С. Количество газа колебалось в пределах 0.109-0.105 м<sup>3</sup> (при нормальных условиях), с учетом падения давления в системе при отборе проб газов. Отбор проб производился в начале эксперимента после смешивания газов и равномерного диффузионного распределения оксидов азота в газеносителе, и далее через каждые три минуты в течение 30 минут.



После насыщения слоя сорбента (в конце эксперимента с одной постоянной температурой) проводилась его регенерация сухим горячим воздухом с температурой 400 °С, нагреваемым в реакционной колонке при помощи электронагревателя 10 и поступающим в установку через осушающую емкость с силикагелем. Отбор проб производился через каждые пять минут в течение 60 минут. Возможность регенерации (десорбции) объясняется физическим характером процессов адсорбции полярных молекул цеолитами [6].

#### **Вывод:**

Интенсивное использование ископаемого органического топлива (угля, нефти, природного газа) в XX веке привело к загрязнению окружающей среды оксидами серы (SO<sub>2</sub>) и азота (NO<sub>x</sub>), а также твердыми зольными частицами, в состав которых входят соединения тяжелых металлов и конденсированные ароматические органические системы, обладающие канцерогенными свойствами.

В связи с этим для снижения выбросов вредных веществ до нормативных значений на тепловых электростанциях применяются специальные мероприятия, включающие в себя способы сокращения образования вредных веществ в процессе сжигания топлива и меры по очистке газов от уже образовавшихся продуктов сгорания.

Основные результаты работы сводятся к следующему:

1) Разработан способ совместного снижения выбросов SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> от действующего теплогенерирующего оборудования ТЭС, позволяющий повысить экономичность и надежность работы котельных установок. Установлено, что просыпка в конвективную шахту котла природных цеолитов в количестве 15 % по отношению к расходу топлива на номинальном режиме позволяет снизить выброс SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> на 72 и 68 %, соответственно, и добиться повышения КПД-брутто котла на 0,56 %.

2) Выполненные лабораторные и опытно-промышленные испытания предлагаемого способа, подтвердили его высокую эффективность и положительное влияние на надежность работы оборудования. Однако для внедрения данной технологии требуется дальнейшая конструкторская проработка с позиций регенерации и утилизации отработанных сорбентов.

#### **Список использованных источников**

1. Способ снижения вредных выбросов при сжигании углей в топках с кипящим слоем / Батухтин А.Г., Басс М.С., Дорфман Ю.В., Сафронов П.Г., - Изобретения. Полезные модели, 2011, №17.
2. Пинигин В.В., Дорфман Ю.В. Проблемы использования цеолитов для снижения вредных выбросов при сжигании твердого топлива // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: мат.ХVI Всерос. науч. - техн. конференции. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. с. 206-208.
3. Исследование свойств модифицированного шивыртуйского цеолита / Фахртдинова О.А., Назаренко О.Б., Мартемьянов Д.В., Путенпуракалчира М.В. // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2014 г., Томск : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 2. — [С. 114-116].
3. Пинигин В.В. Повышение качества прогнозирования вредных выбросов от котельных установок ТЭС: автореф. дис. на соискание ученой степени канд.техн.наук. Чита. 2014.
5. Оптимизация реагентных способов уменьшения вредных выбросов от котлов ТЭЦ / Пинигин В.В., Батухтин А.Г., - Промышленная энергетика №12. 2012. с. 46-49.
6. Купрюнин А.А. Разработка технологических основ использования природного цеолита для денитрации дымовых газов котельных установок: автореф. дис. на соискание ученой степени канд.техн.наук. Томск. 1998.