

2. Гладких В.А., Гасик М.И., Овчарук А.Н., Пройдак Ю.С. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов: Учебник. – Днепропетровск: Системные технологии, 2004. – 736 с.

3. Л.А.Марюшин. Источники и системы теплоснабжения предприятий // Курс лекций. Москва 2012

4. <https://sites.google.com/view/aksulib/аксу-сегодня/аксуский-завод-ферросплавов>

5. <https://lektsia.com/4x9fd6.html>

УДК 661.183

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО АБСОРБЕНТА**

**Ермеков Шырак Ерланұлы**

*[ermekov\\_2001@mail.ru](mailto:ermekov_2001@mail.ru)*

Магистрант образовательной программы «7М07117 – Теплоэнергетика»

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

Научный руководитель – М.Г. Жумагулов

В современном мире, где экологические проблемы приобретают все большее значение, очистка дымовых газов от вредных веществ становится критически важной задачей. При сжигании угля на тепловых электростанциях во всем мире ежегодно образуется более 800 миллионов тонн летучей золы. Следовательно, утилизация такого огромного количества золы стала проблемой. Производство цеолитов является одним из потенциальных применений летучей золы с целью получения высокоценных промышленных продуктов с экологичным технологическим использованием [1].

В настоящее время существует несколько доступных стратегий утилизации золы-уноса, которые включают, среди прочего, цементную/бетонную промышленность и гражданское строительство, но большинство из них приводят к низкому объему использования золы-уноса. Финансовые последствия, особенно связанные с транспортировкой, затрудняют конкуренцию золы-уноса с точки зрения логистики с другими традиционными сырьевыми материалами в различных областях применения. Неиспользование летучей золы подвергает опасности окружающие поверхности и грунтовые воды, поскольку она может выделять различные потенциально токсичные микроэлементы и основные элементы в процессе и после ее транспортировки на свалку. Угольная зола-унос в окружающей среде подвергается различным воздействиям, и происходят процессы солюбилизации, иногда превращающие почти нерастворимые металлы в растворимые соединения и приводящие к загрязнению воды и почвы [2].

Летучая зола является продуктом сжигания тонкоизмельченного угля в котле для выработки электроэнергии. Она удаляется из выхлопных газов установки в первую очередь с помощью электрофильтров или рукавных камер и во вторую очередь с помощью систем очистки. Летучая зола - это мельчайшие частицы угольной золы, образующиеся из минерального вещества в угле, состоящие из негорючего вещества в угле плюс небольшого количества углерода, остающегося от неполного сгорания [2].

Промышленные предприятия, стремясь соответствовать экологическим стандартам и сокращать выбросы в атмосферу, активно ищут эффективные методы очистки дымовых газов. Одним из перспективных направлений в этой области является использование твердых абсорбентов, в частности, цеолита.

Термин "цеолит" был впервые введен в 1756 году шведским минералогом бароном Алексом Фредериком Кронштедтом, которому выпала честь открыть так называемый стильбит. Он заметил, что при быстром нагревании образуется большое количество пара. Таким образом, этот материал получил название "цеолит" в переводе с классического греческого, где  $\theta\epsilon\omega$  (zeo) означает "кипятить", а  $\lambda\omicron\sigma$  (lithos) - "камень". После своего открытия цеолиты в течение сотен лет рассматривались как отдельная группа минералов, обнаруженных в вулканических породах. Природные цеолиты образовались в результате химических реакций вулканического пепла и щелочной воды несколько тысяч тысячелетий назад [3].

Цеолит - это природный или синтетический минерал, обладающий уникальными свойствами, которые делают его идеальным материалом для очистки дымовых газов. Его высокая поверхностная активность, пористость и специфические химические свойства позволяют эффективно улавливать и удерживать различные вредные компоненты, включая тяжелые металлы, диоксины, оксиды серы и азота [1].

Угольная зола-унос в качестве сырья для синтеза цеолитов обладает рядом преимуществ, начиная от ее мелкодисперсной природы, не требующей дробления или измельчения, и заканчивая высоким содержанием алюминия и кремния, присутствующих в стеклофазе, следовательно, не требуется прокаливания, как в глинах. Это малоценное сырье и широко доступный ресурс со значительными неиспользуемыми накопителями.

Цеолиты могут удерживать воду до 60% от своего веса из-за высокой пористости кристаллической структуры. Молекулы воды в порах могут легко испаряться или реадсорбироваться без повреждения таких структур. Природные цеолиты могут поглощать  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCHO}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Kr}$ ,  $\text{Xe}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  и многие другие газы и, таким образом, могут использоваться для их сбора или контроля [3].

Было разработано много различных методов синтеза цеолитов, но все эти методы основаны на гидротермальной щелочной конверсии золы-уноса, где вариации приводят к нескольким типам методов, таким как классическая щелочная конверсия золы-уноса; метод основан на сочетании различных соотношений активирующих растворов/летучей золы, температуры, давления и времени применения микроволновой печи к обычным параметрам синтеза, что позволяет сократить время реакции, и двухэтапной процедуре синтеза, которая позволяет синтезировать цеолитные продукты чистотой более 90% из растворов с высоким содержанием кремния, образующихся в результате слабощелочного воздействия угольной летучей золы, синтез в замкнутом пространстве [2].

В последние годы исследования по использованию цеолита в качестве абсорбента для очистки дымовых газов получили значительное развитие. Ученые активно работают над созданием новых и модификацией существующих цеолитов, обладающих повышенной эффективностью очистки и устойчивостью к высоким температурам и агрессивным средам. Цеолиты - это группа гидратированных алюмосиликатов щелочных или щелочноземельных металлов (например, натрия, калия, магния, лития, бария и кальция). Они представляют собой неорганические пористые материалы с очень правильной структурой пор и камер, которые позволяют молекулам проникать сквозь них, но препятствуют проникновению или разрушению других. Их каркас состоит из кристаллической трехмерной сетки, где тетраэдрические анионы кремнезема или оксида алюминия тесно связаны по всем углам. Правильная структура и размеры пор делают эти материалы похожими на губку, способную удерживать воду и/или другие молекулы. Различия между цеолитами обусловлены размером и формой пор, а также способом их соединения. Размер пор играет важную роль в использовании цеолитов, определяя возможность проникновения молекул в систему [2].

Цеолиты обладают каталитическими свойствами, высокой склонностью к гидратации, стабильной кристаллической структурой при обезвоживании, низкой плотностью и большим объемом пустот при обезвоживании, а также катионообменными и сорбционными

свойствами. Синтезированные цеолиты обычно имеют преимущества перед природными цеолитами, такие как чистота, равномерный размер пор и лучшие ионообменные способности [4].

Цеолиты представляют собой универсальные материалы, которые могут использоваться в широком спектре областей. Их применение включает очистку и разделение газов, обмен ионами, катализ, создание легких строительных материалов, средства для очистки сточных вод, обработку радиоактивных отходов, фильтрацию бассейнов, добавление в удобрения и корма для животных, использование в аквакультуре, а также замену фосфатов в моющих средствах [2].

Цеолиты – это эффективный и экономичный способ очистки дымовых газов. Они могут использоваться в различных промышленных установках, включая электростанции, заводы и мусоросжигательные заводы.

Преимущества использования цеолитов для очистки дымовых газов включают, эффективность удаления из дымовых газов широкий спектр загрязняющих веществ, также относительно недорогой способ очистки дымовых газов. Цеолиты – это природный материал, который не наносит вреда окружающей среде.

Но и у него имеются недостатки при использовании, такие как ограниченная емкость, цеолиты могут адсорбировать только ограниченное количество загрязняющих веществ, прежде чем их необходимо регенерировать, при регенерации цеолитов образуются отходы, которые необходимо утилизировать и цеолиты могут быть коррозионными, поэтому их необходимо использовать с осторожностью в некоторых установках.

Потому технические аспекты использования цеолита в качестве абсорбента включают выбор подходящего типа цеолита, разработку эффективных методов иммобилизации и регенерации абсорбента, а также оптимизацию параметров процесса очистки. Экологические аспекты связаны с минимизацией вторичного загрязнения и обеспечением безопасной утилизации отработанного цеолита. Экономические аспекты включают оценку стоимости цеолита, затрат на его модификацию и регенерацию, а также экономическую эффективность процесса очистки [1].

В исследовании в статье «Оценка адсорбции газов в замкнутом пространстве с помощью цеолитов» из серия конференций «IOP: Наука о земле и окружающей среде» были изучены адсорбционные способности различных газов ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  и  $CO$ ) на четырех различных типах цеолитов. Среди этих цеолитов 13X-2 имел самую высокую площадь поверхности по БЭТ ( $639,0 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ ) и обладал превосходными микроструктурными характеристиками. Примечательно, что адсорбционная способность цеолита 13X-2 по  $CO_2$  оказалась исключительно высокой -  $100,1 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$ , что превосходит аналогичные показатели других протестированных цеолитов. Кроме того, 13X-2 продемонстрировал соответствующую адсорбционную емкость по  $H_2O$  -  $323,0 \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$ , что указывает на хорошие водостойкие свойства. Таким образом, исходя из полученных результатов, цеолит 13X-2 представляется превосходным адсорбентом для газов в замкнутых пространствах.[4]

Также в проведенных исследованиях в статье «Использование цеолитов для очистки биогаза в сельскохозяйственном производстве» из интернет конференции «E3S» была доказана хорошая фильтрующая способность цеолита для очистки газа от ненужных примесей. Дополнительно, повышение концентрации полезного компонента - метана. Экспериментальные исследования показали, что максимальная эффективность очистки газа достигается при соотношении высоты и диаметра фильтра  $H/d=3,0$ : 4,2. Оптимальный средневзвешенный диаметр гранул сыпучего фильтрующего материала (цеолита) составляет 0,004 м. Оптимальная масса фильтрующего материала составляет 0,75-0,8 кг. Кроме того, степень очистки газа максимальна.[5] Данное исследование крайне сосредоточена в сфере очистки биогаза от примесей, однако оно позволяет сделать вывод что цеолит является не

только хорошим и экономным абсорбентом, но и универсальным материалом для обширного круга в сфере защиты экологии.

В заключение, нужно отметить что исследования по повышению эффективности очистки дымовых газов с применением цеолита являются актуальными и перспективными. Они способствуют сокращению вредных выбросов в атмосферу, улучшению экологической ситуации и защите здоровья человека. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на разработку более эффективных и экономически выгодных методов очистки, а также на изучение возможности использования цеолита для очистки других типов газовых выбросов.

### Список использованных источников

1. Shumba M. Synthesis of Zeolites and Their Applications in Heavy Metals Removal: A Review//IRACST-ESTIJ. 2011. p.6
2. Khaleque A. Zeolite synthesis from low-cost materials and environmental applications: A review.//Environmental Advances 2.2020. p.24
3. Bogdanov B. Natural zeolites: clinoptilolite review. //Natural & Mathematical science. 2009. p.11
4. Zheng X. Adsorption Evaluation with Zeolites for Gases in the Confined Space//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.2020. p.7
5. Druzyanova V. The use of zeolites for biogas purification in agricultural production//E3S Web of Conferences 175, 12012.2020. p.12

УДК 620.92

## ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ВИЭ В КАЗАХСТАНЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

**Жаканов Диас Болатович**

*d.z.\_bleach@mail.ru*

Магистрант образовательной программы «7М07118-Электроэнергетика»  
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

**Введение.** Состояние энергосистемы оказывает существенное влияние на жизнь любой страны. Проблемы в базовой отрасли тормозят развитие экономики и ставят под угрозу системы жизнеобеспечения граждан и самого государства в целом. В то время как надежная и динамично развивающаяся электроэнергетика позволяет стране комфортно жить в настоящем и уверенно планировать будущее, развивая энергоемкие производства, что в купе с собственной электроэнергетикой значительно повышает конкурентоспособность экономики и благоприятствует долгосрочным инвестициям.

В 2021 году уголь стал ключевым источником энергии для страны, предоставляя более половины первичной энергии, при этом Казахстан, занимая 8-е место в мире по разведанным запасам угля в объеме 34 миллиарда тонн, обладает достаточными запасами на более чем 200 лет при текущих темпах добычи. В 2021 году энергетическая отрасль потребила 60 миллионов тонн этого полезного источника.

Несмотря на большие запасы угля в стране, угольная промышленность Казахстана сталкивается с проблемами низкой рентабельности дополнительной обработки и низкого спроса на международном рынке. Данные проблемы вызваны физическими особенностями казахстанского угля, которые включают в себя высокое содержание влаги, золы и серы.