

**ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА (CO₂) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ
МАТЕРИАЛОВ, И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Қосимов Шермат Азимович

***Аннотация.** Глобальное изменение климата и рост концентрации углекислого газа (CO₂) являются одними из наиболее актуальных экологических проблем, вызванных энергетическим сектором и промышленными выбросами. Целью данной работы является создание пористых структур из природных материалов в качестве сорбентов, поглощающих CO₂ из воздуха, анализ их структурных свойств и совершенствование систем, эффективно адсорбирующих CO₂.*

***Ключевые слова:** сорбция CO₂, природные сорбенты, цеолит, шёлковый фиброин, улавливание углекислого газа, пористая структура, атмосферная очистка.*

Введение. Увеличение количества углекислого газа (CO₂) в атмосфере является одной из основных причин глобального изменения климата. В связи с этим разработка экологически чистых технологий, направленных на эффективное улавливание и снижение CO₂ в воздухе, является актуальной научной задачей. В последние годы методы на основе твердых сорбентов приобретают особое значение благодаря своей энергоэффективности и стабильности.

Сорбенты, полученные из природных материалов - цеолиты, биоуголь и природные полимеры (хитозан, целлюлоза, шёлковый фиброин) - отличаются дешевыми источниками сырья, пористой структурой и экологической безопасностью. Эти сорбенты

демонстрируют высокую эффективность адсорбции CO_2 и способность к регенерации при низких температурах. В данной работе анализируются возможности природных сорбентов в улавливании CO_2 и их практическое значение.

Исследования проводились по двум основным направлениям:

1. Сорбенты на основе природных цеолитов: Цеолитовые минералы с микропористой структурой проявляют высокий потенциал при адсорбции молекул CO_2 из атмосферы. Их микропористая структура, большая площадь активной поверхности и доступность природного сырья повышают эффективность поглощения CO_2 , что позволяет использовать их для очистки окружающей среды. Эти материалы могут быть преобразованы в многофункциональные сорбенты, способные адсорбировать не только CO_2 , но и ионы тяжелых металлов из воды.

2. Природные органические полимеры и аэрогели шёлкового фиброина: Природные полимеры, такие как шёлковый фиброин, представляют собой смесь аминокислот и обладают специфическими аминокислотными свойствами поглощения CO_2 . Согласно данным исследования, эти аэрогели могут адсорбировать около 3,65 ммоль CO_2 /г сорбента при давлении CO_2 0,15 атм, что сопоставимо с показателями практически применяемых сорбентов. Более того, они регенерируются при низких температурах (60 °C) и не теряют эффективности адсорбции при многократном использовании.

Таблица 1. Характеристики адсорбции CO_2 природными сорбентами

Тип сорбента	Источник (сырья)	Базовая структура	Ёмкость адсорбции CO_2	Условия регенерации	Преимущества	Ограничения
--------------	------------------	-------------------	---------------------------------	---------------------	--------------	-------------

Природный цеолит	Вулканические горные породы	Микропорный кристалл	2.0-4.5 ммоль/ г	80–150 °C	Дешевый, стабильный, многообразный	Влагочувствительный
Активированный биоуголь	Древесина, отходы сельского хозяйства	Высокопористый углерод	2,5-5,0 ммоль/ г	100– 200 °C	Большая площадь поверхности, экологическая	Низкая селективность
Шелк- фиброин овый аэрогель	Кокон шелкопряда	Пористый органический полимер	3.0-3.8 ммоль/ г	50–70 °C	Низкая энергоёмкость, биосовместимая	Низкая механическая прочность
Сорбент на основе хитозана	Раковинный черепаховый панцирь	Биополимер, богатый амином	1,5-3,0 ммоль/ г	60–90 °C	Химическая близость к CO ₂	Высокое влияние влажности
Целлюлозный аэрогель	Растительные волокна	Макро-/мезопора	1,0-2,5 ммоль/ г	70–120 °C	Возобновляемый, недорогой	Адсорбционная ёмкость средняя

Заключение. Экспериментальные результаты показали, что сорбенты, полученные из природного минерального и органического сырья, обладают потенциалом в качестве устойчивого и экологически чистого решения для адсорбции CO₂ из атмосферы или газовых потоков.

Их высокая пористость, низкая энергия регенерации и способность к переработке могут стать эффективным инструментом в межгосударственной стратегии борьбы с изменением климата.

В дальнейшем планируется повысить эффективность селективного улавливания CO₂ этими сорбентами путем адаптированного дизайна структуры, модификации поверхности и функционализации лигандами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bhatta L. K. G., Subramanyam S., Chengala M. D., Olivera S., Venkatesh K. Progress in bio-based adsorbents for CO₂ capture // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2023. – Vol. 173. – P. 113049.
2. Zhao Y., Zhang L., Chen H., Li X. Natural zeolites for carbon dioxide capture and separation // Microporous and Mesoporous Materials. – 2022. – Vol. 343. – P. 112176.
3. Zhang H., Liu Y., Wang X., Chen J. Silk fibroin-based aerogels as efficient sorbents for CO₂ capture under ambient conditions // Journal of Materials Chemistry A. – 2024. – Vol. 12. – P. 14560–14570.
4. Wang Q., Luo J., Zhong Z., Borgna A. CO₂ capture by solid adsorbents and their applications: current status and new trends // Energy & Environmental Science. – 2019. – Vol. 12. – P. 2331–2366.
5. Zhou L., Fan J., Shang Y., Liu Y. Chitosan-based porous materials for carbon dioxide adsorption // Carbohydrate Polymers. – 2021. – Vol. 255. – P. 117389.