

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ В ГЕТЕРОГЕННОМ СИНТЕЗЕ АММИАКА

¹З.Х. Гайбуллаева, ²Т.Х. Гадоев

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан
²ОАО «Азот», г. Леваканд, Республика Таджикистан

В работе изучены каталитические свойства железокислотных катализаторов в вюститной модификации железа в процессе гетерогенного синтеза аммиака. Рассмотрено влияние структурообразующих и активирующих промоторов (Al_2O_3 , K_2O) и добавки CoO на удельную поверхность, константу скорости реакции и удельную каталитическую активность катализаторов. Установлено, что оптимальное содержание Al_2O_3 и K_2O составляет 15 мас. % и 5 мас. % соответственно, а добавка CoO в количестве ~5 мас. % обеспечивает максимальную активность железного катализатора. Установлено, что оптимальная температура процесса Габера-Боша с применением данного катализатора составляет около 450 °C.

Ключевые слова: катализатор, вюстит, аммиак, промоторы, каталитическая активность, удельная поверхность, низкотемпературный синтез.

ХУСУСИЯТҲОИ КАТАЛИТИКИИ СИСТЕМАҲОИ ОКСИДИ ОҲАНӢ ДАР СИНТЕЗИ ГЕТЕРОГЕНИИ АММИАК

¹З.Х. Гайбуллаева, ²Т.Х. Гадоев

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон
²ҚСҚ «Азот», ш. Леваканд, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар корҳои анҷомдодашуда, хусусиятҳои каталитикии катализаторҳои оҳануоксидии модификасияи вюстити оҳан дар синтези раванди гетерогении аммиак (NH_3) омӯхта шудаанд. Таъсири промоторҳои сохторӣ ва фаъолкунанда (Al_2O_3 , K_2O) ва иловаи CoO ба масоҳати маҳсус, константаи суръати реаксия ва фаъолияти каталитикии маҳсули катализаторҳо мавриди таҳлил қарор гирифт. Муайян карда шуд, ки миқдори оптималии Al_2O_3 ва K_2O мутаносибан 15 мас.% ва 5 мас.% аст, дар ҳоле ки иловаи CoO дар миқдори ~5 мас.% баландтарин фаъолияти катализаторро таъмин менамояд. Муайян карда шуд, ки ҳарорати оптималии раванди Габер-Бош бо истифодаи катализатори мазкур тақрибан 450 °C мебошад.

Калимаҳои калидӣ: катализатор, вюстит, аммиак, промоторҳо, фаъолияти каталитикӣ, масоҳати маҳсус, синтези пастҳароратӣ.

CATALYTIC PROPERTIES OF IRON OXIDE SYSTEMS IN THE HETEROGENEOUS SYNTHESIS OF AMMONIA

¹Z.H. Gaibullaeva, ²T.Kh. Gadoev

¹Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan
²Open Joint Stock Company “Azot”, Levakant, Republic of Tajikistan

The study investigates the catalytic properties of iron oxide catalysts in the form of wüstite of iron in the heterogeneous synthesis of ammonia. The effects of structure-forming and activating promoters (Al_2O_3 , K_2O) and the addition of CoO on the specific surface area, reaction rate constant, and specific catalytic activity of the catalysts were examined. It was found that the optimal contents of Al_2O_3 and K_2O are 15 wt.% and 5 wt.%, respectively, while the addition of approximately 5 wt.% CoO ensures the maximum activity of the iron catalyst. It was determined that the optimal temperature for the Haber–Bosch process with this catalyst is approximately 450 °C.

Keywords: catalyst, wüstite, ammonia, promoters, catalytic activity, specific surface area, low-temperature synthesis.

Введение

Аммиак (NH_3) является ключевым химическим веществом благодаря своей роли в производстве минеральных удобрений [1,2]. Кроме того, аммиак привлекает внимание как потенциальный энергоноситель и компонент водородной экономики, электротоплива (e-fuel) и технологий хранения энергии, благодаря высокому содержанию водорода (H_2), необходимого для генерации водорода по требованию в топливных элементах [3–7].

В Таджикистане производство аммиака осуществляется на крупном химическом предприятии — ОАО «Азот», которое является важной частью химической промышленности страны и поставщиком азотных удобрений для сельского хозяйства. Получаемый аммиак служит сырьём для производства различных видов минеральных удобрений, что определяет необходимость совершенствования технологий синтеза и повышения эффективности катализаторов.

Исторически поиск эффективных катализаторов аммиака начался с работ Ф. Габера, К. Боша и Г. Ван Оордта. Было установлено, что реакцию синтеза аммиака катализируют металлы VI–VIII групп Периодической системы, включая железо, марганец, молибден, вольфрам, платину и рутений. Наиболее доступным и одновременно активным катализатором оказалось пористое железо. Однако железные катализаторы характеризуются высокой температурой активации (~400 °С). При температурах выше 550 °С происходит спекание катализатора, что снижает его активность. Для обеспечения реакции требуются высокие давления (30–35 МПа), что увеличивает энергозатраты и усложняет конструкцию оборудования.

Методы исследования

Современные железные катализаторы в вюститной модификации с гранулами 6–10 мм и насыпной плотностью $3,40 \pm 0,15$ кг/л, модифицированные структурообразующими и активирующими промоторами, позволяют достигать выход аммиака на уровне стандартных промышленных катализаторов [8].

Целью работы является исследование влияния химического состава железооксидных катализаторов вюститной модификации на их активность и удельную поверхность в интервале температур 400–500 °С.

Подготовка, восстановление и испытания катализаторов проводились в соответствии со стандартными методиками анализа и оценки каталитических материалов [4,5].

Восстановление катализаторов проводили на лабораторной установке высокого давления при $P = 50$ атм с постепенным повышением температуры до 500 °С, объемной скоростью потока $Q = 30\,000$ ч⁻¹, используя азотно-водородную смесь стехиометрического состава.

Определение активности проводили при давлениях 100 и 300 атм, температуре 400–500 °С и объемной скорости $Q = 15\,000$ – $30\,000$ ч⁻¹.

Удельную поверхность определяли методом низкотемпературной адсорбции азота на вакуумно-статической установке после проведения каталитических испытаний и пассивации катализаторов охлажденным воздухом.

Константа скорости реакции рассчитывалась по уравнению:

$$r = k \cdot [N_2]^a \cdot [H_2]^b$$

где: r — скорость реакции (моль/(л·с) или моль/(г катализатора·ч)); k — константа скорости реакции; $[N_2]$ и $[H_2]$ — концентрации азота и водорода; a , b — порядки реакции по каждому реагенту.

Константа скорости определялась согласно уравнению Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

где: k — константа скорости реакции, A — пред экспоненциальный фактор (частота столкновений), E_a — энергия активации, Дж/моль, R — универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль К)), T — абсолютная температура, К.

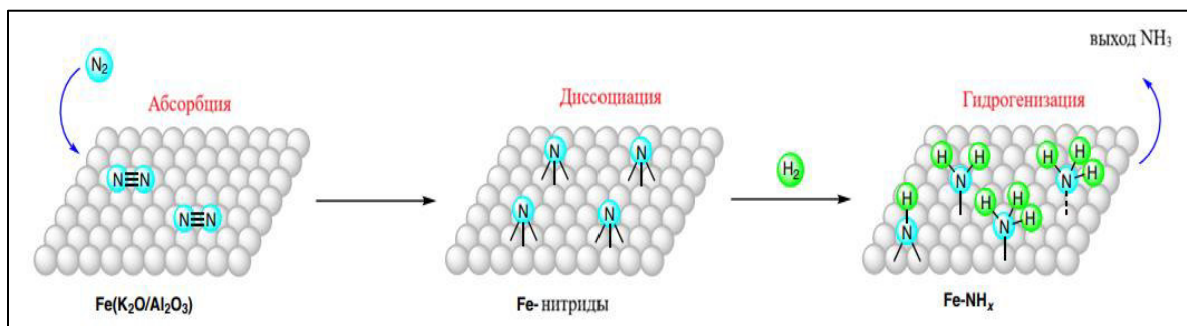


Рисунок 1 – Механизм протекания реакции Габера-Боша на поверхности железооксидных катализаторов
Figure 1 – Mechanism of the Haber–Bosch reaction proceeding on the surface of iron oxide catalysts

Механизм реакции на поверхности железного катализатора включает несколько последовательных стадий [9]. Лимитирующим этапом является активация и диссоциация молекул азота ($N \equiv N$, энергия диссоциации ~940 кДж/моль). Промоторы состава катализатора изменяют

электронную структуру её поверхности, повышая каталитическую активность. Водород адсорбируется и диссоциирует быстро, после чего атомы азота последовательно гидрируются до NH , NH_2 и NH_3 , которая десорбируется с поверхности (рис. 1).

Образец железного катализатора, используемого в исследованиях, приведен на рис.2.



Рисунок 2 — Железный катализатор, используемый в реакции Габера–Боша
Figure 2 – Iron catalyst used in the Haber–Bosch reaction

Результаты и обсуждение

Несмотря на широкое промышленное применение железосодержащих катализаторов в реакциях Габера–Боша, в настоящее время активно ведутся исследования, направленные на поиск альтернативных каталитических систем, способных обеспечивать протекание процесса при более мягких температурных и энергетических условиях.

Это прежде всего связано с необходимостью повышения энергоэффективности и снижения затрат при реализации соответствующих технологических процессов. Железо в составе традиционных катализаторов выступает в роли активного центра и основы катализатора, где используют различные его формы и модификации. На поверхности таких катализаторов происходит адсорбция и последующая диссоциация молекул азота (N_2) и водорода (H_2). При этом именно стадия разрыва прочной тройной связи в молекуле азота считается лимитирующей стадией всего процесса, определяющей его общую скорость.

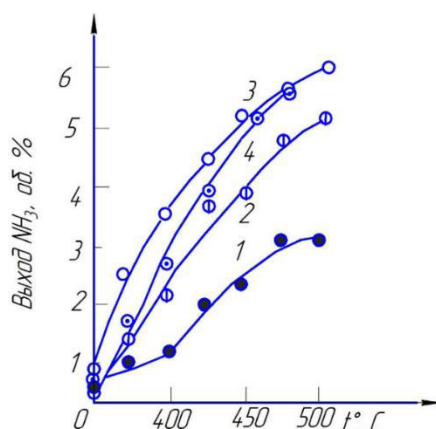


Рисунок 3 - Зависимость содержания NH_3 на выходе из реактора от температуры для железных катализаторов с различным содержанием K_2O ($P = 100$ атм, $Q = 30\,000$ ч⁻¹). Содержание K_2O , мас. %: 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 6
Figure 3 – Dependence of NH_3 content at the reactor outlet on temperature for iron catalysts with different K_2O contents ($P = 100$ atm, $Q = 30,000$ h⁻¹). K_2O content, wt. %: 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 6.

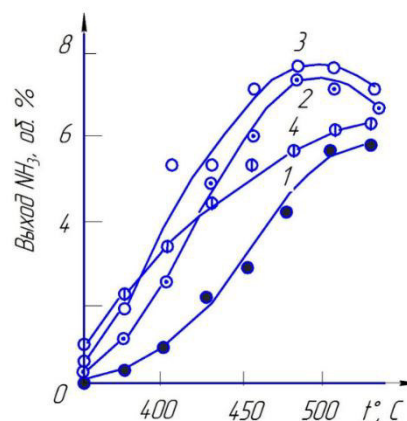


Рисунок 4- Зависимость содержания NH_3 на выходе из реактора от температуры для железных катализаторов с различным содержанием Al_2O_3 ($P = 100$ атм, $Q = 3000$ ч⁻¹). Содержание Al_2O_3 , мас. %: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; 4 – 25.
Figure 4 – Dependence of NH_3 content at the reactor outlet on temperature for iron catalysts with different Al_2O_3 contents ($P = 100$ atm, $Q = 3000$ h⁻¹). Al_2O_3 content, wt. %: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; 4 – 25

Для повышения эффективности катализаторов изучалось влияние различных промоторов (оксидов алюминия (Al_2O_3) и оксидов калия (K_2O)) на эффективность катализаторов. Влияние промоторов K_2O и Al_2O_3 для железных катализаторов с различным содержанием при $P = 100$ атм, $Q = 30\,000\text{ ч}^{-1}$ отражено на рис. 3 и 4.

Результаты исследований показали, что оптимальным содержанием промоторов в виде оксида калия (K_2O) и оксида алюминия (Al_2O_3) составляют содержание K_2O — 5 мас. %, Al_2O_3 — 15 мас.%. Оксид алюминия (Al_2O_3) увеличивает площадь поверхности катализатора, а оксид калия (K_2O) способствует десорбции аммиака и снижает энергию активации.

Для изучения влияния модифицирующего действия оксида кобальта в структуре катализатора, увеличения активности и устойчивости к отравлению был проведен ряд исследований по определению синергического эффекта с железом. Результаты влияния оксида кобальта (CoO) на температурную зависимость выхода NH_3 из реактора для катализатора с составом: 15 мас. % Al_2O_3 и 5 мас. % K_2O , а также варьирование содержания CoO 0~10 мас.% показаны на рис. 5–6

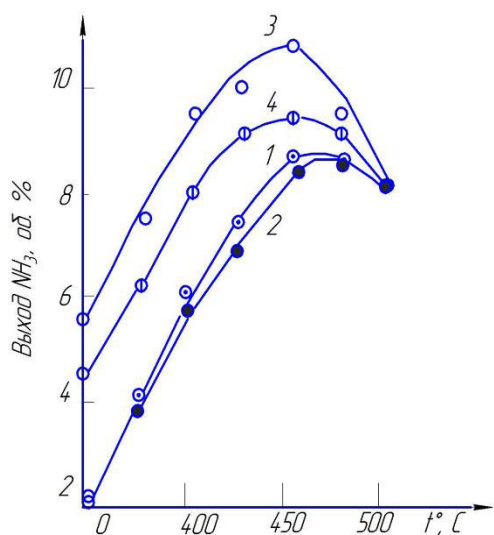


Рисунок 5 - Зависимость содержания NH_3 на выходе из реактора от температуры при $P = 100$ атм и $Q = 15000\text{ ч}^{-1}$ для железных катализаторов с различным содержанием кобальта (в пересчёте на CoO , мас.%): 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 10

Figure 5 – Dependence of NH_3 content at the reactor outlet on temperature at $P = 100$ atm and $Q = 15,000\text{ h}^{-1}$ for iron catalysts with different cobalt contents (recalculated as CoO , wt.%): 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 10

10

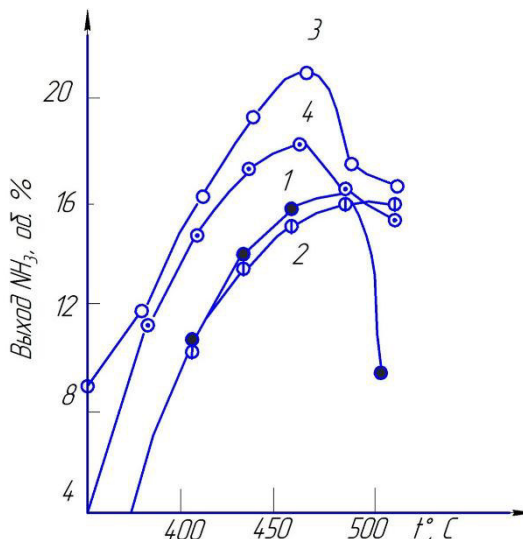


Рисунок 6 – Зависимость содержания NH_3 на выходе из реактора от температуры при $P = 300$ атм и $Q = 30000\text{ ч}^{-1}$ для железных катализаторов с различным содержанием кобальта (в пересчёте на CoO , мас.%): 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 10

Figure 6 – Dependence of NH_3 content at the reactor outlet on temperature at $P = 300$ atm and $Q = 30,000\text{ h}^{-1}$ for iron catalysts with different cobalt contents (recalculated as CoO , wt.%): 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 10.

Установлено, что оптимальная концентрация CoO составляет около 5 мас. % и зависит от температуры при условиях $P=300$ атм и $Q= 30000\text{ ч}^{-1}$, обеспечивая максимальный выход аммиака (NH_3).

Для железных катализаторов вюститной модификации содержание 5 мас % оксида кобальта (CoO), концентрация аммиака на выходе из реактора при $P=100$ атм, $t= 450\text{ °C}$ и $Q= 15000\text{ ч}^{-1}$ составляют 10.6 об.%.

При повышении давления до $P = 300$ атм и объемной скорости подачи газа до $Q = 30000\text{ ч}^{-1}$ содержание аммиака возрастает до 21,5 об.%. Полученные значения соответствуют уровню,

характерному для стандартных промышленных катализаторов синтеза аммиака. Установлено, что оптимальная температура процесса составляет около $t = 450^{\circ}\text{C}$.

В таблице 1 представлены значения удельной поверхности ($S_{\text{уд}}$), константы скорости реакции (k) и удельной константы скорости ($k_{\text{уд}}$). Как следует из данных таблицы, с увеличением содержания Al_2O_3 удельная поверхность катализаторов возрастает от 8 до 29 $\text{м}^2/\text{г}$, что обусловлено его функцией структурообразующего промотора. Введение оксида алюминия способствует стабилизации дисперсного состояния железной фазы и препятствует агломерации частиц при термической обработке. Формирование развитой пористой структуры приводит к увеличению удельной поверхности и, как следствие, к росту числа активных центров, доступных для протекания реакции синтеза аммиака. В то же время константа скорости реакции и удельная константа скорости достигают максимального значения при содержании 15% Al_2O_3 в катализаторе.

В то же время выбор оксида кобальта в исследованиях в качестве модифицирующей добавки обусловлен его способностью изменять электронную структуру поверхности катализатора. Оксид кобальта (CoO) частично восстанавливается в условиях процесса и способствует формированию активных Fe-Co центров. Эти образовавшиеся центры облегчают активацию молекулы азота (N_2) и приводят к повышению скорости реакции.

Таблица 1 – Влияние содержания Al_2O_3 в составе катализаторов на их удельную поверхность и каталитическую активность ($P = 100$ атм, $t = 450^{\circ}\text{C}$, $Q = 30\,000$ ч^{-1})

Table 1 – Effect of Al_2O_3 content in the catalyst composition on their specific surface area and catalytic activity ($P = 100$ atm, $t = 450^{\circ}\text{C}$, $Q = 30,000$ h^{-1}).

Содержание Al_2O_3 , мас. %	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$	k , $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$	$k_{\text{уд}}$, $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}}$
5	7,8	9586	661
10	14,7	32495	1196
15	15,5	33962	1216
20	28,7	17326	658

В таблице 2 приведены результаты влияния добавки оксида кобальта (CoO) на удельную поверхность и каталитическую активность железных катализаторов вюстенитной модификации синтеза аммиака по реакции Габера-Боша.

Таблица 2 – Влияние добавки CoO на удельную поверхность и каталитическую активность железных катализаторов вюстенитной модификации синтеза аммиака

Table 2 – Effect of CoO additive on the specific surface area and catalytic activity of wüstite-modified iron catalysts for ammonia synthesis

Содержание оксида кобальта (CoO), мас. %	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$	k (450°C), $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$		$k_{\text{уд}}$ (450°C), $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}}$	
		$P = 100$ атм	$P = 300$ атм	$P = 100$ атм	$P = 300$ атм
0	23,8	12379	11637	327	307
3	26,2	12379	10643	337	289
5	28,3	21102	23684	434	487
10	23,8	15460	16225	378	396

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что изменение содержания кобальта практически не влияет на величину удельной поверхности катализаторов, однако оказывает существенное влияние на константу скорости реакции и удельную каталитическую активность, для которых наблюдаются максимальные значения.

Так, для образцов с содержанием 5 мас. % кобальта (Co) значения константы скорости реакции составляют: при давлении 100 атм $k=21102$ $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$ и при давлении 300 атм $k=23684$ $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$. Удельная каталитическая активность при этом достигает: при давлении 100 атм $k_{\text{уд}} = 434$ $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$ и при давлении 300 атм $k_{\text{уд}} = 487$ $\text{ат}^{0.5\cdot\text{ч}^{-1}}$. Приведённые результаты улучшают кинетические

параметры железных катализаторов и свидетельствуют о том, что введение промотора в виде оксида кобальта (CoO) в состав железооксидных катализаторов обусловлено его способностью оказывать модифицирующее влияние на активные центры. Присутствие кобальта способствует образованию более устойчивых и активных каталитических центров, обеспечивая рост каталитической активности без существенного изменения удельной поверхности.

В таблице 3 представлен состав железооксидного катализатора вюститной модификации, включающий структурообразующие, активирующие и модифицирующие промоторы, оказывающие существенное влияние на его структурные и каталитические характеристики в процессе синтеза аммиака. Основу катализатора составляет железооксидная фаза в вюститной модификации, определяющая формирование активных центров, тогда как введение промоторов направлено на регулирование его текстурных и кинетических свойств.

Таблица 3 – Состав и функциональная роль компонентов катализатора, мас. %

Table 3 – Composition and functional role of catalyst components, wt. %

Компонент	Содержание мас. %	Функция
FeO+Fe (1-x) O _x	75	Основа катализатора
Al ₂ O ₃ (оксид алюминия)	15	Структурообразующий промотор, предотвращает спекание
K ₂ O (оксид калия)	5	Активирующий промотор, облегчает десорбцию аммиака
CoO (оксид кобальта)	5	Модифицирующий промотор, повышает каталитическую активность

Анализ представленного состава показывает, что структурообразующий промотор Al₂O₃ способствует увеличению удельной поверхности за счет формирования развитой пористой структуры и предотвращения спекания частиц. Активирующий промотор K₂O влияет на процессы адсорбции и десорбции, облегчая удаление образующего аммиака с поверхности катализатора. В свою очередь, модифицирующая добавка CoO изменяет электронную структуру активных центров, способствуя их повышенной реакционной способности. Таким образом, совокупное действие указанных компонентов обеспечивает формирование эффективной каталитической системы, характеризующейся повышенной активностью и стабильностью в условиях синтеза аммиака (NH₃) по принципу Габера-Боша.

Выводы

1. Результаты исследований показали, что оптимальное содержание промоторов в виде оксидов калия и алюминия в железных катализаторах в вюститной модификации составляют: 5 мас. % K₂O и 15 мас. % Al₂O₃. Установлено, что данные добавки способствуют повышению каталитической активности и стабильности катализаторов, что делает их перспективными для промышленного применения;

2. Установлено, что введение добавок в виде оксида кобальта (CoO) в состав железных катализаторов в диапазоне 0-10 мас. % не приводит к увеличению удельной поверхности, тогда как повышение содержания Al₂O₃ способствует её росту от 8 до 29 м²/г;

3. Полученные результаты подтверждают перспективность использования промоторов в виде оксида калия (K₂O), оксида алюминия (Al₂O₃) и оксида кобальта (CoO) в составе железных катализаторов вюститной модификации для низкотемпературного (450°C) синтеза аммиака по реакции Габера-Боша.

Рецензент – Д.Р. Рузиев — д.т.н., профессор кафедры «Прикладной химии» Таджикского национального университета.

Литература

- Ермаков, А.А. Современные технологии синтеза аммиака и их развитие / А.А. Ермаков, В.Н. Кузнецов // *Химическая промышленность сегодня*. - 2022. - №5. - С. 12–18.
- Кузьмин, Д.А. Перспективы развития технологий синтеза аммиака / Д.А. Кузьмин, С.В. Орлов // *Теоретические основы химической технологии*. - 2024. - Т. 58, - №2. - С. 215–222.
- Аникин, В.А. Аммиак как перспективный энергоноситель в водородной энергетике / В.А. Аникин, Д.С. Кузнецов // *Энергетика: экономика, технологии, экология*. - 2023. - №4. - С. 42–48.

4. Левин, Б.В. Перспективы использования аммиака в качестве носителя водорода / Б.В. Левин, А.А. Смирнов // *Теплоэнергетика*. - 2022. - №9. - С. 25–31.
5. Баранов, С.В. Аммиак как альтернативное топливо и средство хранения водорода / С.В. Баранов, Н.П. Орлов // *Химическая промышленность сегодня*. - 2021. - №6. - С. 15–20.
6. Ермаков, А.А. Использование аммиака в энергетике будущего / А.А. Ермаков, П.Н. Федоров // *Альтернативная энергетика и экология*. - 2024. - №2. - С. 55–63.
7. Гайбуллаева, З.Х. Получение восстановительных веществ способом переработки углей Фон-Ягноб / З.Х. Гайбуллаева, Ш.Б. Бахриддинзода, Б.И. Асроров, А. Шарифов // *Политехнический вестник. Серия инженерные исследования*. – 2021. - №4 (56). – С. 92-97.
8. Гайбуллаева, З.Х. Повышение активности и устойчивости железных катализаторов в промышленном синтезе аммиака / З.Х. Гайбуллаева, Т.Х. Гадоев // *Ломоносовские XVI чтения: сборник трудов международной научно-практической конференции*. – Душанбе. - 2026. – С. 25-30.
9. Бойл, М. Модельный комплекс железа для процесса Габера-Боша. - Ж.: Химия. - №1. - 2021. <https://nplus1.ru/news/2021/12/30/nitrido-complexes> (дата обращения 15.03.2026).

References

1. Ermakov, A.A., Kuznetsov, V.N. Modern Technologies of Ammonia Synthesis and Their Development // *Chemical Industry Today*. – 2022. – No. 5. – P. 12–18.
2. Kuzmin, D.A., Orlov, S.V. Prospects for the Development of Ammonia Synthesis Technologies // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2024. – Vol. 58. – No. 2. – P. 215–222.
3. Anikin, V.A., Kuznetsov, D.S. Ammonia as a Promising Energy Carrier in Hydrogen Energy // *Energy: Economics, Technologies, Ecology*. – 2023. – No. 4. – P. 42–48.
4. Levin, B.V., Smirnov, A.A. Prospects for the Use of Ammonia as a Hydrogen Carrier // *Thermal Engineering*. – 2022. – No. 9. – P. 25–31.
5. Baranov, S.V., Orlov, N.P. Ammonia as an Alternative Fuel and Hydrogen Storage Medium // *Chemical Industry Today*. – 2021. – No. 6. – P. 15–20.
6. Ermakov, A.A., Fedorov, P.N. The Use of Ammonia in the Energy Sector of the Future // *Alternative Energy and Ecology*. – 2024. – No. 2. – P. 55–63.
7. Gaibullaeva, Z.Kh., Bakhriddinzoda, Sh.B., Asrorov, B.I., Sharifov, A. Production of Reducing Agents by Processing Fon-Yagnob Coals // *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Studies*. – 2021. – No. 4(56). – P. 92–97.
8. Gaibullaeva, Z.Kh., Gadoev, T.Kh. Improving the Activity and Stability of Iron Catalysts in Industrial Ammonia Synthesis // *Lomonosov XVI Readings: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. – Dushanbe, 2026. – P. 25–30.
9. Boyle, M. Model Iron Complex for the Haber–Bosch Process // *Chemistry*. – 2021. – No. 1. Available at: <https://nplus1.ru/news/2021/12/30/nitrido-complexes> (accessed: 15.03.2026).

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ –INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Гайбуллоева Зумрат Ҳабибовна	Гайбуллаева Зумрат Хабибовна	Gaibullaeva Zumrat Habibovna
д.и.т., дотсент кафедраи “Технологияи истехсолоти химиявӣ”	д.т.н., доцент кафедры «Технология химического производства»	doctor of technical science, senior teacher of the department “Technology of Chemistry industry”
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими	Tajik technical University named after acad. M.S. Osimy
E-mail: zumratihabib@rambler.ru		
TJ	RU	EN
Гадоев Тоҷиддин Ҳусниддинович	Гадоев Тоджиддин Хусниддинович	Gadoev Tojiddin Khusniddinovich
Директори техники	Технический директор	Technical director
ҚСҚ “Азот”	ОАО “Азот”	OAO “Azot”
E-mail: gadoev80@mail.ru		