

О.Расулов, магистрант КГПИ

O.Rasulov, master student

Руководитель: И.И.Куканбаев, доцент

I.I.Kukanboyev, assistant of professor

кафедра МПХ КГПИ

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЯЗЫВАНИЕ АЗОТА

Аннотация: В данной статье освещено новые направление исследования связывание азота.

Ключевые слова: молекула азота, связывания азота, аммиак, процесс Габера – Боша, фотокаталитические процесс, электрохимические процесс, плазменный электролиз.

A NEW DIRECTION OF RESEARCH LINKING NITROGEN

Abstract: this article highlights a new direction of research on nitrogen binding.

Keywords: nitrogen molecule, nitrogen binding, ammonia, Haber – Bosch process, photocatalytic process, electrochemical process, plasma electrolysis.

Азот - один из самых распространенных элементов на Земле, только в атмосфере общее объём азота оценивается в $4 \cdot 10^8 \text{ м}^3$. Несмотря на это, связывание атмосферного азота представляет чрезвычайно сложную задачу - прочная тройная связь между атомами в молекуле азота делает эту молекулу крайне инертной.

На основе соединений азота производят огромное количество неорганических и органических веществ, широко используемых в различных отраслях. К числу этих веществ относятся: аммиак, азотная кислота, соли аммония, азотной и азотистой кислот; амины, амиды, нитрилы, лактамы, цианаты, которые используются при производстве синтетических волокон, смол, пластмасс, клеев, лаков, красок, фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ и других продуктов.

Организм человека или животных не может использовать для синтеза белков элементарный азот и его соединения. При систематическом снятии урожая из почвы ежегодно выносится в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры и урожайности от 50 до 300 кг азота с каждого гектара. В результате этого почва обедняется азотом и урожайность сельскохозяйственных культур непрерывно снижается. Для поддержания урожайности сельскохозяйственных культур на постоянном уровне и для ее повышения в почву ежегодно необходимо вносить вещества, содержащие в своем составе азот, способный усваиваться растениями.

Поэтому проблема получения соединений азота является жизненно важной для развития человечества.

В настоящее время связывание атмосферного азота в промышленности проводят с помощью процесса Габера - Боша: аммиак синтезируется из атмосферного азота и водорода в присутствии железосодержащих катализаторов при высоких давлении и температурах (32 МПа, 400–500°C). Несмотря на внешнюю простоту реакции, лежащей в основе процесса Габера - Боша «за него» было присуждено уже две Нобелевских премии по химии. Первая - Фрицу Габеру (в 1918 году), одному из разработчиков промышленного получения аммиака из водорода и азота, вторая - Герхарду Эртлю (в 2007 году) за работы по изучению механизма процесса Габера - Боша, позволившие сделать его эффективнее.

По различным оценкам, на получение аммиака человечество тратит не менее 1% от всей вырабатываемой энергии: процесс Габера - Боша крайне энергозатратен, а аммиака нужно много.

В последнее время делаются попытки найти альтернативу процессу Габера - Боша, которую можно было бы использовать в тех же масштабах: ведутся разработки способов синтеза аммиака в более мягких условиях или применения

возобновляемых источников. В качестве перспективных вариантов рассматривают фотокаталитические [1] и электрохимические [2] процессы.

Если судить по количеству публикаций, то количество попыток разработать новые способы получения аммиака растет, но ни один из изученных способов пока нельзя рассматривать как альтернативу процессу Габера - Боша. Главный их недостаток - низкий (менее 1%) выход аммиака, в основном связанный с катализатором: молекулярный азот N_2 плохо адсорбируется на поверхности катализатора, в результате чего тройная связь азот-азот недостаточно ослабляется для реакции с водородом. Кроме этого катализаторы фотохимических процессов - полупроводники могут способствовать окислению образующегося аммиака, а катализаторы электрохимических процессов - металлы адсорбируют частицы, содержащие водород (H_2 , H^+ и т. д.), лучше, чем азот.

Американские химики получили аммиак из азота и воды, не используя ни жестких условий реакций, ни катализаторов. Для активации азота они использовали плазменный электрод.

Последнее обстоятельство приводит к тому, что в электрокаталитических процессах преимущественно происходит выделение молекулярного водорода, а не аммиака [3].

Мохан Санкаран и его коллеги из Кейсовского университета Западного резервного района (Кливленд, США) решили использовать не каталитическую, а плазменную активацию азота для реакции. Этот способ активации азота известен уже давно: еще до работ Габера был разработан процесс Биркеланда - Эйде получения оксидов азота при пропускании воздуха через электрическую дугу. Правда, он был гораздо менее эффективным, чем способ, разработанный Габером. В каком-то смысле эта идея была подсмотрена у самой природы: во время гроз молнии довольно эффективно разбивают молекулы азота, в результате чего образуются оксиды азота.

Американские ученые решили использовать гибридный электролитический подход, чтобы попробовать получить аммиак в мягких условиях и при атмосферном давлении без катализаторов. В отличие от указанных выше процессов, в которых азот активируется плазмой, ключевыми частицами для новой реакции являются гидратированные электроны. Эти частицы - разновидность сольватированных электронов, то есть электронов, захваченных средой из-за поляризации ими окружающих молекул, - являются наиболее эффективными восстановителями. Гидратированные электроны возникают в растворе при взаимодействии воды и плазмы, образующейся в результате разрушения молекул азота под действием электрического тока.

Эта попытка получения аммиака с помощью плазменного электролиза из возобновляемого сырья кажется достаточно перспективной: получать аммиак из воды и азота, как уже говорилось, весьма заманчиво, а предлагаемом способе достигается хороший выход аммиака. Конечно, энергия, необходимая для создания плазмы, тоже велика, однако, теоретически, это процесс должен поглощать меньше энергии - нет необходимости тратить энергию на сжатие азота до сотен атмосфер.

Тем не менее, отказываться от процесса Габера - Боша преждевременно: есть много моментов, над которыми исследователям еще предстоит поработать. Желательно модифицировать технологию, чтобы в качестве сырья годился воздух, а не очищенный или разбавленный инертным газом азот. Необходимо масштабировать процесс - ведь в экспериментах изучалась только принципиальная возможность применения плазменного электролиза для синтеза аммиака из воды и азота, и аммиак получали в миллиграммовых количествах. Но нужно помнить и о том, что технологический регламент процесса Габера - Боша до пуска первого завода по производству аммиака подбирался около десяти лет, а его модификация для увеличения производительности проводится до сих пор.

Литература

1. A. J. Medford, M. C. Hatzell. Photon-driven nitrogen fixation: Current progress, thermodynamic considerations, and future outlook. 2017.
2. V. Kyriakou et al. Progress in the electrochemical synthesis of ammonia. 2017.
3. A. R. Singh et al. Electrochemical ammonia synthesis - The selectivity challenge. 2017.