Д. Г. Логинов, В. В. Никешин

ПРИМЕНЕНИЕ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Ключевые слова: ионные жидкости, растворитель, катализатор.**Рассмотрены виды ионных жидкостей, основные свойства, способы получения и основные области применения в химических технологиях.**Key words: ionic liquid solvent, catalyst.**The types of ionic liquids, the main properties, methods of preparation and the main applications in chemical technologies.*

Несмотря на существование широкого набора известных катализаторов, химическая технология и органический синтез постоянно нуждаются в новых, более эффективных и экологически приемлемых катализаторах, реакционных средах и растворителях. При разработке и усовершенствовании промышленных процессов основного и тонкого органического синтеза, так же как и в нефтехимии, необходимы новые подходы к решению существующих экономических и экологических проблем, связанных с большими энергетическими затратами и загрязнением окружающей среды. Современный подход к решению проблемы замены летучих органических соединений, используемых в качестве растворителей в органическом синтезе, включает применение ионных жидкостей. Использование ионных жидкостей в качестве новых реакционных сред может решить проблему эмиссии растворителей и повторного использования дорогостоящих катализаторов.

Термин «ионные жидкости» означает вещества, которые являются жидкостями при температуре ниже 100 °С и состоят из органических катионов, например, 1,3-диалкилимидазолия, N-алкилпиридиния, тетраалкиламмония, тетраалкилфосфония, триалкилсульфония и разнообразных анионов: Cl⁻, [BF₄]⁻, [PF₆]⁻, [SbF₆]⁻, CF₃SO₃⁻, [(CF₃SO₂)₂N]⁻, ROSO₃⁻, RSO₃⁻, ArSO₃⁻, CF₃CO₂⁻, CH₃CO₂⁻, NO₃⁻, [A₁₂C₁₇]⁻.

Природа аниона оказывает большое влияние на свойства ионных жидкостей - температуру плавления, термическую и электрохимическую стабильность и вязкость. Полярность, а также гидрофильность или гидрофобность ионных жидкостей можно оптимизировать путем соответствующего выбора пары катион/анион, и каждый новый анион и катион дает дополнительные возможности для варьирования свойств ионных жидкостей.

Повышенное внимание к ионным жидкостям обусловлено наличием у них следующих специфических свойств:

1. Широкий интервал жидкого состояния (> 300 °С) и низкие температуры плавления (T_{пл} < 100 °С).
2. Высокая удельная электропроводность.
3. Хорошая растворяющая способность по отношению к разнообразным неорганическим, металлоорганическим и органическим

соединениям и полимерам [1] природного и синтетического происхождения.

4. Каталитическая активность, обуславливающая повышение селективности [2] органических реакций и выхода целевого продукта.
5. Нелетучесть, возможность многократного использования.
6. Негорючесть, невзрывоопасность, нетоксичность и обусловленное этим отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.
7. Безграничные возможности в направленном синтезе ионных жидкостей с заданными свойствами.

Качества 3 и 4 делают ионные растворители особенно привлекательными в синтезе полимеров.

Ионные жидкости являются уникальными объектами для химических исследований, использования их в катализе, органическом синтезе [1] и других областях, включая биохимические процессы. Количество ионных жидкостей, описанных в литературе в настоящее время очень велико (около 300). Потенциально количество ионных жидкостей практически безгранично и лимитируется лишь доступностью подходящих органических молекул (катионные частицы) и неорганических, органических и металлокомплексных анионов. По различным оценкам количество возможных комбинаций катионов и анионов в таких ионных жидкостях может достигать 10¹⁸. На рисунке 1 представлены некоторые наиболее изученные ионные жидкости, описанные в литературе.

Методы приготовления достаточно просты и могут быть легко масштабированы. Наиболее употребительны три основных метода синтеза:

- реакция обмена между солью серебра, содержащей необходимый анион B⁻, и галогенопроизводным с необходимым катионом A⁺: $Ag^+B^- + A^+Hal^- \rightarrow A^+B^- + AgHal$

- реакция кватернизации N-алкилгалогенпроизводного с галогенидами металла: $=N^+ - AlkHal + MHal_n \rightarrow N^+ - AlkMHa1_{n+1}$

- реакции ионного обмена на ионообменных смолах или глинах.