

Реакции кросс-сочетания, удовлетворяющие принципам "зеленой" химии

Аликпарова Э.Р.¹, Бабитова Е.С.², Барбаянов К.А.³

¹ Кафедра медицинской химии

² Кафедра радиохимии

³ Кафедра аналитической химии

Развитие современного органического синтеза неразрывно связано с разработкой эффективных методик образования углерод–углеродных связей, позволяющих создавать сложные молекулярные архитектуры. Реакции кросс-сочетания являются важным инструментом для образования таких связей и широко применяются в органическом синтезе для получения лекарственных средств, биологически активных соединений и новых материалов. Эти реакции основаны на использовании металлических катализаторов для связывания двух различных органических фрагментов через образование новой углерод–углеродной связи. Среди них в настоящее время наиболее универсальными являются реакции, катализируемые палладием, которые были впервые открыты в 1970-х годах (реакция Сузуки, Соногаширы, Негеши и тд.) [1].

До недавнего времени такие каталитические технологии применялись без тщательного анализа вероятного воздействия на окружающую среду и их долгое время сопровождали некоторые экологические риски: использование большого количества токсичных растворителей, высокие энергозатраты (проведение реакций при высоких температурах), большой расход реагентов и другие. Поэтому, когда в 1998 году Анастас и Вагнер выдвинули "Двенадцать принципов зеленой химии" с целью снижения экологических рисков в химических процессах, данные постулаты начали активно применяться в сфере катализируемых реакций кросс-сочетания [2].

Однако стоит отметить, что реакции кросс-сочетания априори соответствуют девятому принципу зеленой химии, который утверждает, что химический процесс с использованием каталитических реагентов превосходит процессы с использованием стехиометрических реагентов ввиду меньшей селективности последних. Исходя из этого, перспективными направлениями улучшения экологичности реакций кросс-сочетания являются подбор условий реакции, выбор экологически безопасных реагентов и растворителей, а также стремление к использованию возобновляемых природных материалов и энергии. Такие инновации имеют большое значение в промышленности, где научные вызовы, связанные с увеличением сложности синтеза и структурой соединений, могут быть успешно преодолены с применением передовых методов и технологий [3].

Таким образом, внедрение принципов зеленой химии в реакции кросс-сочетания является важным шагом к созданию более экологически безопасных, эффективных и устойчивых процессов химического производства. В данном докладе будут подробнее рассмотрены принципы зеленой химии в отношении реакций кросс-сочетаний, а также примеры таких реакций, удовлетворяющих этим принципам.

1. E. Thiery, P.-O. Delaye, J. Thibonnet, L. Boudesocque-Delaye, Eur. J. Org. Chem., 26 (2023) e20230072, IF 2.889
2. T. Fantoni, A. Tolomelli, W. Cabri, Catalysis Today, 397 (2022) 265; IF 6.562
3. K. S. Egorova, A. E. Kolesnikov, A. V. Posvyatenko, A. S. Galushko, R. R. Shaydullina, V. P. Ananikov, Green Chem., (2024) Advance Article, IF 11.034