**Создание наноконтейнеров на основе металл-органических каркасных полимеров с модифицированной поверхностью для адресной доставки агрохимических препаратов**

***Грицай М.А.1, Бауэр Т.В.2, Поляков В.А.1, Бутова В.В.1***

*Аспирант*

*1Южный федеральный университет, Международный исследовательский институт интеллектуальных материалов, Ростов-на-Дону, Россия*

*2Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия*

E-mail: [*gritsai@sfedu.ru*](mailto:gritsai@sfedu.ru)

Современное сельское хозяйство требует повышения эффективности использования агрохимических препаратов при минимизации их негативного воздействия на окружающую среду. Ключевым аспектом в решении этой задачи является адресная доставка биологически активных веществ к растениям. Традиционные методы внесения удобрений, пестицидов и фитогормонов часто приводят к потерям активных компонентов из-за вымывания, испарения или деградации, что снижает эффективность их применения и загрязняет окружающую среду. Адресная доставка позволяет минимизировать потери и обеспечить точное воздействие на целевые объекты.

Для реализации такой доставки активно исследуются металл-органические каркасы (МОК). Благодаря своей пористой структуре и высокой поверхности, МОК способны эффективно сорбировать и доставлять агрохимические препараты, обеспечивая контролируемое высвобождение. Однако прямое применение МОК может быть ограничено из-за потенциальной токсичности или недостаточной биосовместимости.

Для решения этой проблемы применяется модификация поверхности МОК биополимерами, такими как хитозан, альгинат или поверхностно-активные вещества (ПАВ). Такое покрытие улучшает биосовместимость, снижает риск побочных эффектов и обеспечивает более контролируемое высвобождение активных веществ. Биополимеры также способствуют адгезии частиц к поверхности растений, повышая эффективность обработки. Таким образом, модификация МОК биополимерами делает их безопаснее и пригоднее для применения в сельском хозяйстве.

В данной работе три перспективных каркаса UiO-66-NH2, ZIF-8 и MIL-100 были синтезированы и всесторонне охарактеризованы современными методами. Из большого разнообразия МОК MIL-100 был выбран в качестве возможного носителя агрохимических препаратов, благодаря высокой пористости, стабильности в воде и биосовместимости. ZIF-8 привлекателен своей химической и термической стабильностью, а также способностью к контролируемому высвобождению в зависимости от pH среды. UiO-66 обладает высокой механической и химической устойчивостью, включая стабильность в широком диапазоне значений pH, что делает его подходящим для адсорбции и модификации под задачи адресной доставки. Поверхность МОК была модифицирована ПАВ для увеличения их биодоступности и диспергируемости. В качестве ПАВ были выбраны вещества: PVP, СТАВ, PVA. Для этого 50 мг ПАВ растворяли в 50 мл деионизированной воды, добавляли 50 мг порошка МОК и обрабатывали смесь ультразвуком 15 мин до получения однородной суспензии. Суспензию перемешивали на магнитной мешалке 24 часа при комнатной температуре. Затем модифицированные МОК отделяли центрифугированием, дважды промывали деионизированной водой и сушили при комнатной температуре в течение 24 часов. Методами XRD и ИК определено, что наиболее эффективное покрытие молекулами CTAB имеет образец MIL-100, каркас UiO-66-NH2 покрыт PVP, а ZIF-HT – молекулами PVA. При этом определяющую роль в успешности формирования покрытия имел заряд полимера и каркаса.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-76-10054) в Южном федеральном университете.