

УДК 632.95

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аль-Ясари Аркан Хади

Национальный исследовательский университет ИТМО

Научный руководитель – к. т. н, доцент Н. В. Баракова

Национальный исследовательский университет ИТМО

**Аннотация.** Рассмотрено применение нанотехнологий в сельском хозяйстве. Нанотехнологические методы условно делятся на гомо- и гетерогенные и установлено, что для определения пестицидов в природных и пищевых средах и продуктах сельского хозяйства гомогенные методы фактически неприемлемы, а гетерогенные требуют дополнительных длительных исследований. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве достаточно эффективно и имеет тенденцию к расширению.

**Введение.** В настоящее время в сельском хозяйстве повсеместно для борьбы с инфекциями и вредителями культурных растений используются пестициды. Помимо несомненной пользы в сохранении урожайности культур, пестициды могут приносить и вред, если необходимые дозировки даже незначительно превышаются. Остаточные пестициды переходят в воду и атмосферу, накапливаются в почве и съедобных частях растений, вредят другой культурной и дикой растительности и последующим потребителям вплоть до человека. Общепринятые процедуры выявления таких загрязнений предполагают передачу взятых проб в сертифицированную лабораторию, их экстрагирование, хроматографическое разделение, дериватизацию и детектирование следов пестицида. Такая сложная последовательность не позволяет использовать результаты анализа для оперативного устранения загрязнений среды или сельскохозяйственной продукции. Оптимальными с этой точки зрения можно назвать потоковые анализаторы, выдающие непрерывный сигнал, а также портативные тест-наборы для плодов, готовых пищевых продуктов, порционных кормов и тому подобного. Особенно перспективны исследования в области потоковых анализаторов пестицидов в воде, жидком пищевом сырье, сточных водах.

Основой большинства новых методов выявления (а также устранения) загрязнений пестицидами служат нанотехнологии. Нанотехнологические методы условно делятся на гомо- и гетерогенные. Наночастицы металлов и их оксидов лежат в основе большинства методов обоих видов. Например, наночастицы золота широко используются для определения элементоорганических пестицидов, но способность взаимодействовать с ароматическими соединениями говорит о возможности применить их к выявлению ароматических пестицидов – феноксиацетатов и неоникотиноидов.

Гомогенные методы предполагают введение наночастиц непосредственно в исследуемую среду, так что поверхность контакта с наноструктурированным металлом максимальна. С другой стороны, частицы, свободно распределенные по объему пробы, могут испытывать взаимную адгезию, «гася» активность друг друга. К тому же взвешенные частицы трудно затем удалить, то есть использованный наноматериал не регенерируется, а сам метод фактически не является неразрушающим даже по отношению к воде и другим жидкостям. Исключение составляют только наночастицы железа, которые поддаются действию магнитного поля (хотя и в меньшей степени, чем макроскопические частицы), но как сырье для наноматериалов, взаимодействующих с пестицидами, железо уступает другим металлам.

В гетерогенных методах определения пестицидов частицы контактируют со средой в иммобилизованном виде, а потому попадают в нее лишь на краткое время, «обратимо», и не вступают в адгезивное взаимодействие между собой. Подложкой, на которой иммобилизуются наночастицы, может быть природный материал, его модифицированная форма либо искусственный нанокомпозит, например, оксид графена или углеродная трубка. Но имеют такие неразрушающие методы и существенный недостаток: нанесение на

подложку может привести к непредсказуемым изменениям полезных свойств наночастиц, поэтому создание такого метода должно сопровождаться длительными исследованиями.

Многие методы с использованием нанотехнологий в своей основе оптоэлектрические: присутствие пестицида влияет на взаимодействие анализируемой среды и видимого света, что генерирует измерительный сигнал. Изначально у пестицидов отсутствуют заметные оптические характеристики в видимой области спектра, поэтому появилось несколько основных способов усиления реакции аналитов на сканирование видимым светом. Электрохимическая агрегация молекул аналита на поверхности наночастиц дает возможность последним «окрашивать» искомые молекулы (либо наоборот, присутствие пестицида мешает усилению оптических свойств). Чувствительность и селективность колориметрического анализа может улучшаться после модификации наночастиц другими лигандами. При этом следует заметить, что определение пестицидов такими методами возможно только в лабораторных условиях.

В большинстве аналитических методов химическая информация анализируется косвенно, через физические проявления состава пробы. Если же происходит улавливание самих молекул искомого вещества посредством иммобилизованных ферментов, нуклеиновых кислот, антигенов, антител или живых клеток, такой анализатор называется биосенсором. Основу биосенсоров также составляют наноматериалы, которые служат детектирующему биообъекту подложкой или совместно с ним взаимодействуют с пестицидом. Иногда полимерный наноматериал копирует строение природного антитела, что называется молекулярно структурированным полимером или искусственным антителом.

Большинство биосенсоров использует явление ингибирования нормальной активности биодетектора в присутствии пестицида, то есть амплитуда измерительного сигнала должна быть не прямо, а обратно пропорциональна концентрации пестицида. Поэтому исследуемая проба должна предварительно допироваться субстратом, который служит индикатором остаточной активности биообъекта в сенсоре, и метод не может считаться неразрушающим.

**Вывод.** Нанотехнологические методы условно делятся на гомо- и гетерогенные и установлено, что для определения пестицидов в природных и пищевых средах и продуктах сельского хозяйства гомогенные методы фактически неприемлемы, а гетерогенные требуют дополнительных длительных исследований. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве достаточно эффективно и имеет тенденцию к расширению.