



ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ В СЛОЖНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЦАХ

Хазраткулов М.Д
Абдурахмонов Б.М.

Джизакский государственный педагогический университет

Аннотация. *Определение пестицидов в сложных экологических матрицах является одной из ключевых задач современной аналитической химии. Основные трудности связаны с матричными эффектами, низкими концентрациями и разнообразием химических структур исследуемых соединений. В статье рассмотрены современные проблемы и предложены эффективные решения, включая оптимизацию пробоподготовки, применение хроматографических методов и масс-спектрометрии. Особое внимание уделено снижению влияния матрицы и использованию хемометрических подходов. Показано, что комплексный аналитический подход позволяет существенно повысить точность и надежность анализа.*

Ключевые слова: *пестициды, экологические матрицы, матричный эффект, хроматография, масс-спектрометрия, пробоподготовка*

Abstract. *The determination of pesticides in complex environmental matrices remains a significant analytical challenge due to matrix interferences, ultra-trace concentrations, and the diversity of chemical structures. This study discusses modern analytical difficulties and presents advanced solutions for reliable pesticide detection in soil, water, and biological samples. Particular emphasis is placed on sample preparation techniques, chromatographic separation, and mass spectrometric detection. The role of chemometric tools and matrix effect mitigation strategies is also highlighted. The integration of innovative extraction methods and high-resolution instrumentation improves sensitivity, selectivity, and accuracy. The findings demonstrate that a comprehensive analytical approach is essential for effective environmental monitoring of pesticide residues.*

Keywords: *pesticides, environmental matrices, matrix effect, chromatography, mass spectrometry, sample preparation*

Annotatsiya. *Murakkab ekologik matritsalarida pestitsidlarni aniqlash analitik kimyoning dolzarb muammolaridan biridir. Asosiy qiyinchiliklar matritsa ta'siri, juda past konsentratsiyalar va moddalarning xilma-xilligi bilan bog'liq. Ushbu maqolada zamonaviy muammolar va ularni hal qilish usullari, jumladan namuna tayyorlash, xromatografik ajratish va mass-spektrometriya usullari ko'rib chiqiladi. Natijalar kompleks yondashuvning muhimligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *pestitsidlar, matritsa ta'siri, tahlil, xromatografiya, analitik usullar*

Современное развитие сельского хозяйства сопровождается интенсивным применением пестицидов, что приводит к их накоплению в различных компонентах окружающей среды. Анализ пестицидов в реальных объектах, таких как почва, вода, донные отложения и биологические ткани, представляет собой сложную аналитическую задачу, обусловленную высокой сложностью матриц и присутствием множества сопутствующих веществ. Эти вещества могут существенно влиять на результаты анализа, вызывая искажения сигналов и снижая точность количественного определения.

Одной из ключевых проблем является влияние Matrix effect, которое проявляется в подавлении или усилении аналитического сигнала. Этот эффект особенно выражен при использовании высокочувствительных методов, таких как Liquid chromatography–mass spectrometry. В сложных матрицах органические соединения, липиды, гуминовые вещества и другие компоненты могут конкурировать с целевыми аналитами в процессе ионизации, что приводит к значительным аналитическим погрешностям [1].

Другой важной проблемой является ультранизкая концентрация пестицидов в окружающей среде. Часто содержание этих веществ находится на уровне следовых количеств, что требует применения методов с высокой чувствительностью, таких как Gas chromatography–mass spectrometry. Однако даже при использовании таких методов надежное определение осложняется необходимостью предварительного концентрирования и очистки проб [2].

Пробоподготовка играет решающую роль в снижении влияния матрицы и повышении точности анализа. Современные методы, такие как QuEChERS, твердофазная экстракция и микровыделение, позволяют эффективно извлекать пестициды из сложных матриц. Оптимизация условий экстракции, включая выбор растворителей и сорбентов, является важным этапом разработки аналитического метода [3]. При этом необходимо учитывать физико-химические свойства пестицидов, включая их распределение, которое определяется параметром Partition coefficient.

Разделение компонентов смеси осуществляется с помощью хроматографических методов, которые обеспечивают селективность анализа. Современные колонки и градиентные режимы позволяют эффективно разделять сложные смеси веществ. Однако даже при высокой эффективности разделения полностью исключить влияние матрицы невозможно, что требует применения дополнительных подходов, таких как использование внутренних стандартов и калибровка по матрице.

В последние годы значительное внимание уделяется применению хемометрических методов для обработки аналитических данных. Методы многомерного анализа позволяют выявлять скрытые зависимости и корректировать влияние матричных эффектов. Это особенно важно при анализе

больших массивов данных, получаемых с использованием современных аналитических приборов [4,5].

Экспериментальные исследования включают отбор проб из различных экологических объектов, их подготовку и последующий анализ. В лабораторных условиях проводится оптимизация условий экстракции и хроматографического разделения. Полученные данные используются для оценки точности, воспроизводимости и чувствительности метода.

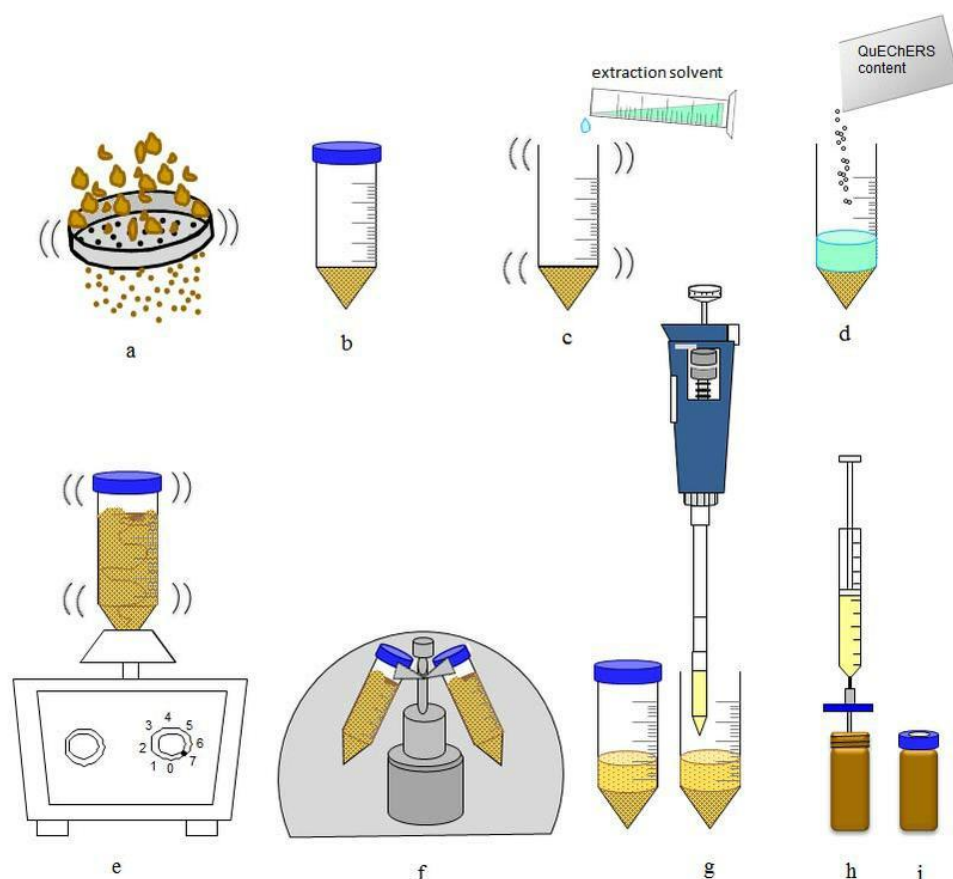


Рисунок 1. Схема анализа пестицидов в сложных экологических матрицах.

Представлена последовательность этапов анализа, включающая отбор проб, пробоподготовку (экстракция и очистка), хроматографическое разделение и детектирование с использованием масс-спектрометрии.

Современные подходы к решению аналитических проблем включают разработку высокоселективных детекторов, использование изотопно-меченых стандартов и внедрение методов высокоразрешающей масс-спектрометрии. Эти технологии позволяют значительно повысить достоверность результатов анализа и расширить возможности идентификации неизвестных соединений.

Таким образом, определение пестицидов в сложных экологических матрицах требует комплексного подхода, включающего оптимизацию пробоподготовки,



использование современных аналитических методов и применение математических методов обработки данных. Только сочетание этих факторов обеспечивает высокую точность, чувствительность и надежность аналитических результатов.

References

1. Krueve A., et al. Matrix effects in LC-MS analysis. Analytical Chemistry, 2008.
2. Alder L., et al. Determination of pesticides by GC-MS. Journal of Chromatography A, 2006.
3. Anastassiades M., et al. QuEChERS method development. Journal of AOAC International, 2003.
4. Brereton R.G. Chemometrics for analytical chemistry. Wiley, 2018.
5. Kaufmann A. High-resolution mass spectrometry in pesticide analysis. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2012.