

БЕСКОНТАКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ: АЛГОРИТМЫ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Аннотация. На основе низкотемпературных СКВИД-сенсоров создана сверхчувствительная магнитометрическая система для исследования наночастиц в биологических объектах. Рассмотрены основные особенности СКВИД-магнитометрической системы и информационной технологии при регистрации и анализе магнитных сигналов от органов лабораторных животных. Приведены экспериментальные данные работы магнитометрической системы и алгоритмов регистрации и обработки данных при исследовании физических моделей (мелких животных) с наночастицами.

Ключевые слова: СКВИД-сенсор, магнитометрическая система, информационная технология, обратная задача, биологические объекты, наночастицы.

ВВЕДЕНИЕ

Жизнедеятельность живых организмов сопровождается излучением магнитных полей. Их источниками являются ионы, перемещающиеся вследствие электрической активности клеточных мембран; магнитные материалы, которые участвуют в биологических процессах, имеют разную магнитную восприимчивость и поэтому по-разному искажают приложенные внешние магнитные поля; ферромагнитные и парамагнитные частицы, которые проникают определенным способом или целенаправленно вводятся внутрь организма. Независимо от вида источника все биомагнитные сигналы достаточно слабые, намного слабее окружающих магнитных помех, которые могут превышать эти сигналы по амплитуде на 10–12 порядков. Измерение биомагнитных сигналов стало возможным только после создания СКВИДов — сверхпроводниковых квантовых интерференционных датчиков, которые имеют рекордно высокую чувствительность к магнитному полю (до 10^{-14} Тл).

Известно, что глобальным антропогенным загрязнителем окружающей среды является свинец [1]. Результаты исследований, выполненные во многих странах, продемонстрировали влияние низкоуровневого экологического воздействия свинца на последующее развитие таких заболеваний, как артериальная гипертония, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца [2]. Риск развития патологии сердечно-сосудистой системы у взрослого населения объясняют эффектом кумуляции экспозиции свинца даже в низких дозах [3]. Поэтому важной задачей в медицине является исследование распределения наночастиц железа в органах и тканях мелких животных (физических моделях) с учетом дозы свинца, способа его введения и постэкспозиционного периода. Это важно для предварительной оценки нарушения метаболизма железа и возможного его перемещения в печень при введении биологическим объектам свинца (в виде наночастиц и в виде раствора ацетата свинца) и кадмия (в виде наночастиц), который также вызывает тяжелые последствия.

В этом случае важной наукоемкой компонентой, определяющей возможности и эффективность прикладного использования сверхчувствительных СКВИД-магнитометрических систем, является информационная технология, разработанная для интерпретации результатов магнитометрических измерений, которая требует теоретического обоснования и создания новых математических моделей и методов восстановления пространственно-временной структуры ис-