

Шестюк И.А., Копытова М.Ю.

**РОЛЬ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ И КОНТРОЛЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ НОСИМЫХ
ИСТОЧНИКОВ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ**

Научные руководители: канд. мед. наук, доц. Лунёва Л.А.,

канд. техн. наук, доц. Максимович Е.С.

*Кафедра челюстно-лицевой хирургии и пластической хирургии лица с курсом повышения
квалификации и переподготовки*

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

*Кафедра радиофизики и цифровых медиа технологий факультета радиофизики
и компьютерных технологий*

Белорусский государственный университет, г. Минск

Актуальность. Прямое измерение поглощённой энергии электромагнитного поля в тканях головы человека невозможно по этическим причинам, а физические фантомы не учитывают индивидуальную анатомию. Для челюстно-лицевой области это критически важно, поскольку титановые мини-пластины и эндопротезы височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) выступают вторичными излучателями, повышая локальный удельный коэффициент поглощения энергии (SAR) до 4,9 Вт/кг выше безопасного порога международного стандарта по ограничению воздействия электромагнитных полей (ICNIRP), а зоны высокой напряжённости поля могут проецироваться на околоушную железу и ветви лицевого нерва.

Цель: обосновать применение численного моделирования как инструмента количественной оценки и контроля тепловых и нетепловых эффектов электромагнитного излучения (ЭМИ) от носимых источников у пациентов челюстно-лицевого профиля.

Материалы и методы. Метод конечных интегралов, метод конечных элементов, численный 3D-фантом человека на основе МРТ/КТ-снимков с шагом 1–3 мм.

Результаты и их обсуждение. Численное моделирование с корректным заданием диэлектрических параметров тканей (диэлектрической постоянной, проводимости, относительной магнитной проницаемости) позволяет получить количественные данные о распределении удельного коэффициента поглощения энергии SAR (Вт/кг). Титановые мини-пластины и шурупы, применяемые при остеосинтезе, выступают вторичными излучателями: плотность тока в окружающей костной ткани возрастает в 3–5 раз, а локальная напряжённость электрического поля достигает 138 В/м против 61 В/м на модели без имплантата. Пиковый SAR в малом объёме (1 г ткани) у края имплантата достигает 4,9 Вт/кг, что вдвое превышает безопасный порог ICNIRP (2 Вт/кг). Эндопротезы височно-нижнечелюстного сустава, содержащие гетерогенные материалы (полиэтилен, металл, керамика), создают градиент температуры на границе «металл-кость» в пределах 1–2 °С, что критично для воспалённой после операции ткани. На частоте 2,4 ГГц глубина проникновения электромагнитного поля в околоушную слюнную железу достигает 15–18 мм, а SAR в области её протока может превышать безопасный для секреторных клеток уровень. Зоны с напряжённостью электрического поля $E > 60$ В/м (порог возбуждения нервных мембран) не должны проецироваться на ветви лицевого нерва (VII пара), чтобы избежать произвольных сокращений мимической мускулатуры и парезов. Параметрическое моделирование позволяет рассчитать «красную зону» (расстояние от источника, мощность, частоту), где стимулирующий остеогенез тепловой эффект переходит в деструктивный, и обосновать клинические рекомендации, например, запрет на использование Bluetooth-гарнитуры на стороне операции в течение 21 дня.

Выводы. Численный модельный эксперимент замещает невозможный прямой контроль на реальном человеке, позволяя управлять расположением источника излучения и защитными покрытиями для его безопасности. Для челюстно-лицевого хирурга это инструмент расчёта приемлемого режима использования носимых ЭМИ-устройств после остеосинтеза, эндопротезирования ВНЧС или паротидэктомии.