

**Аналитический раздел. Гипотеза
комбинированного СВЧ-инфразвукового
воздействия: термоакустический механизм
поражения на резонансных частотах внутренних
органов**

Постановка проблемы

3 января 2026 года в ходе операции «Абсолютная решимость» (захват президента Венесуэлы Н. Мадуро в Каракасе) охрана резиденции Фуэрте-Тиуна (~140 человек) утратила боеспособность без видимых причин. Пострадавшие описывали: носовое кровотечение, рвоту, потерю координации, общую слабость, невозможность двигаться, ощущение «взрывающейся изнутри головы». Внешне — ни

звука, ни видимого воздействия. [news.ru](#) [thedefensenews.com](#)

Ряд экспертов указал на инфразвук (4–9 Гц) как возможную причину. Однако чисто инфразвуковая версия сталкивается с непреодолимой инженерной проблемой: длина волны 7 Гц в воздухе — ~49 м, и создание компактного направленного излучателя для такой волны крайне затруднительно. [ria.ru](#) [iz.ru](#)

Настоящий анализ рассматривает альтернативную гипотезу:
СВЧ-излучение с амплитудной модуляцией на
инфразвуковой частоте, порождающее эндогенный
инфразвук внутри тканей тела via термоакустический эффект.

Физический механизм: термоакустическое преобразование

Базовый принцип

СВЧ-излучение (несущая частота — единицы–десятки ГГц, длина волны — сантиметры) поглощается водой в тканях тела объёмно. Если мощность несущей модулирована на частоте f_m , поглощённая энергия пульсирует с той же частотой.

Пульсирующий нагрев вызывает периодическое тепловое расширение и сжатие тканей — рождается **акустическая волна внутри самого тела**. Частота этой волны равна частоте модуляции f_m . en.wikipedia.org en.wikipedia.org

Инфразвук не распространяется от излучателя через воздух к человеку. Он **рождается в тканях** — это принципиально отличает данный механизм от внешнего акустического облучения.

Эффект Фрея как частный случай

Микроволновый слуховой эффект (эффект Фрея), открытый в 1961 году, — это реализация того же механизма в звуковом диапазоне модуляции. Импульсное СВЧ-излучение вызывает щелчки и гудение, воспринимаемые «прямо в голове». Порог — ~ 10 мВт/см². Многочисленные исследования (Frey, 1962; Guy et al., 1975; Lin, 1978) подтвердили: восприятие зависит от **частоты повторения импульсов** (огибающей), а не от несущей частоты СВЧ. en.wikipedia.org

Анализируемая гипотеза — **обобщение эффекта Фрея на инфразвуковой диапазон модуляции (2–9 Гц)**. Мишень — не улитка, а внутренние органы и вестибулярный аппарат.

Резонансные частоты органов-мишеней

Данные из медицинских и санитарных источников:

13.rospotrebnadzor.ru irkgmu.ru cyberleninka.ru

Сердце: 4–6 Гц. Резонанс вызывает аритмию, падение давления, потерю сознания.

Грудная клетка: 5–8 Гц. Резонанс вызывает затруднение дыхания, ощущение «нехватки воздуха».

Брюшная полость: 3–4 Гц (первый резонанс), 7–8 Гц (максимальная амплитуда колебаний стенки). Резонанс вызывает тошноту, рвоту.

Вестибулярный аппарат: 0,5–13 Гц (широкий диапазон, максимум чувствительности ~7 Гц). Резонанс вызывает головокружение, потерю координации, дезориентацию.

Альфа-ритм мозга: 8–13 Гц. Совпадение модуляции с этим ритмом вызывает психотропные эффекты — страх, панику, дезориентацию. Эксперимент: 42 человека, 50 минут, 7,5 Гц, 130 дБ — у всех выросло нижнее артериальное давление.

forumstatic.ru

Диапазон максимальной эффективности: 6–9 Гц. На этой частоте одновременно резонируют сердце, грудная клетка, брюшная полость и вестибулярный аппарат, а также происходит подавление альфа-ритма мозга. Это — «окно максимальной уязвимости».

Сравнение механизмов: внешний инфразвук vs. термоакустический

Длина волны и направленность. Внешний инфразвук 7 Гц: $\lambda \approx 49$ м в воздухе. Создать направленный луч невозможно — антенна должна быть размером в десятки длин волн. СВЧ-несущая 10 ГГц: $\lambda \approx 3$ см. Параболическая антенна диаметром 1 м даёт луч шириной $\sim 0,2^\circ$; на дистанции 200 м — пятно ~ 70 см. Поражение индивидуально.

Путь к органу. Внешний инфразвук проходит через воздух → кожу → жир → мышцу → кость. На каждой границе — отражение из-за разницы акустических импедансов (кожа/воздух — отражение ~99,9%). До органа доходит малая доля. Термоакустический механизм: СВЧ поглощается **объёмно** водой в тканях прямо на глубине расположения органа. Акустическая волна рождается на месте — без потерь на границах.

Селективность. Внешний инфразвук облучает всё тело. Термоакустический метод позволяет выбирать глубину поглощения, подбирая частоту несущей (разные частоты СВЧ поглощаются на разной глубине в тканях), и частоту модуляции — для резонанса конкретного органа.

Дистанция. Внешний инфразвук: сферическое расхождение, дальность десятки метров. СВЧ-луч: узконаправленный, дальность сотни метров при киловаттной мощности.

Незаметность. Внешний инфразвук: хотя не слышен, создаёт ощутимое давление на тело, заметен на инфразвуковых датчиках. Термоакустический: СВЧ-луч невидим, неслышим, не создаёт внешнего давления. Пострадавший чувствует только физиологический эффект — без идентификации источника.

Оценка параметров воздействия

Порог термоакустического эффекта

Для эффекта Фрея (ощущение щелчков) порог — $\sim 10 \text{ мВт/см}^2$ при длительности импульса $\sim 10 \text{ мкс}$. Для инфразвукового резонанса органов требуется больше энергии, поскольку органы массивнее улитки, но механизм накопления (резонанс) снижает порог: при совпадении с резонансной частотой

амплитуда колебаний нарастает от цикла к циклу, и через несколько секунд стационарная амплитуда может в Q раз превышать амплитуду первого цикла.

Для organs с эффективной добротностью $Q \sim 10-30$ (оценка для мягких тканей при низких частотах), стационарная амплитуда в 10–30 раз больше одиночного отклика. Это означает, что пороговая плотность потока может быть снижена до 0,3–1 мВт/см² при длительности экспозиции в несколько секунд.

Мощность излучателя

При мощности СВЧ-генератора 1 кВт и параболической антенне диаметром 1 м:

- Ширина луча на 200 м — ~70 см (пятно ~0,38 м²).
- Плотность потока в пятне — ~260 мВт/см² (до атмосферного затухания).
- Атмосферное затухание СВЧ на 200 м — ~1–3 дБ (зависит от частоты и влажности).

- Итоговая плотность потока — $\sim 130\text{--}260 \text{ мВт/см}^2$.

Это в **130–260 раз выше** порога эффекта Фрея (10 мВт/см^2) и в **130–860 раз выше** оценочного порога органного резонанса с накоплением ($0,3\text{--}1 \text{ мВт/см}^2$). Существенный запас по мощности.

При мощности 5 кВт (доступные НРМ-системы, например AFRL CHIMERA) и той же геометрии — плотность потока $\sim 650\text{--}1300 \text{ мВт/см}^2$. Это уровень, при котором помимо

акустических эффектов начинается ощутимый тепловой нагрев тканей (1–2 °C за секунду), усиливающий поражающее действие. en.wikipedia.org

Длительность экспозиции

Время установления стационарной резонансной амплитуды — порядка $Q/(\pi f_m)$. При $Q = 20$ и $f_m = 7$ Гц: время установления ~0,9 с. За 2–3 секунды облучения резонанс выходит на полную амплитуду. Это согласуется с сообщениями охраны Мадуро:

воздействие было внезапным и кратковременным (секунды), после чего люди уже не могли стоять.

Соответствие симптомов термоакустическому механизму

Потеря координации, головокружение. Вестибулярный аппарат (внутреннее ухо) резонирует на 0,5–13 Гц, максимум ~7 Гц. Термоакустическая волна, рождённая СВЧ-нагревом

тканей внутреннего уха, возбуждает отолиты и полукружные каналы. Сигнал о «движении» поступает в мозг, но не соответствует реальности — возникает дезориентация и головокружение. Механизм идентичен эффекту Фрея, но мишень — не улитка, а вестибулярный аппарат.

Рвота. Брюшная полость и желудок резонируют на 7–8 Гц. Термоакустическая волна внутри брюшной полости вызывает механические колебания стенки желудка и кишечника —

стимуляция блуждающего нерва, рвотный рефлекс. Кровавая рвота (описанная очевидцами) указывает на баротравму слизистой при интенсивных колебаниях.

Кровотечение из носа. Пульсирующее давление в капиллярах носовой полости и пазух от термоакустической волны в тканях лица. СВЧ поглощается в поверхностных тканях (кожа, слизистая), акустическая волна генерируется прямо в капиллярной сети — баротравма при частоте 7 Гц и интенсивности, превышающей прочность капилляров.

Общая слабость, невозможность двигаться. Резонанс сердца (4–6 Гц) вызывает аритмию и резкое падение артериального давления — мышечная слабость. Одновременное подавление альфа-ритма мозга (7–9 Гц) вызывает психомоторное торможение.

«Голова взрывается изнутри». Термоакустическая волна в замкнутом объёме черепной коробки. Несжимаемая жидкость (ликвор) и упругая стенка (череп) — резонатор с

собственной частотой порядка 20–30 Гц, но при модуляции 7 Гц возбуждаются субгармоники и нутационные моды.

Ощущение давления «изнутри» — характерный признак эндогенной акустической волны, а не внешнего звука.

Отсутствие слышимого звука. Несущая — СВЧ (не слышно).

Модуляция — 7 Гц (инфразвук, не слышно). Внешней акустической волны нет. Человек чувствует только физиологический эффект — что полностью соответствует описаниям очевидцев.



Связь с Гаванским синдромом

Симптомы дипломатов США на Кубе (2016–2018) — головокружение, тошнота, головные боли, потеря координации, шум в ушах — практически идентичны симптомам охраны Мадуро. Национальная академия наук США в 2020 году пришла к заключению, что симптомы «согласуются с воздействием направленного микроволнового излучения». en.wikipedia.org

Гаванский синдром — вероятный пример той же технологии, что применена в Каракасе, но в более мягком варианте (меньшая мощность или более короткая экспозиция). Связь: в обоих случаях — направленное СВЧ с модуляцией, порождающее эндогенный инфразвук. Различие — в интенсивности и цели (деликатное воздействие на дипломатов vs. мгновенное подавление охраны).

Техническая реализуемость

Компоненты, необходимые для реализации гипотезы, существуют и развиваются:

СВЧ-генераторы. Магнетроны, клистроны, гиротроны — единицы–десятки кВт в непрерывном режиме. Гиротроны на частоте 10 ГГц и выше — коммерчески доступны. Мобильные НРМ-системы (AFRL CHIMERA, Raytheon PHASR) — разработаны и испытаны. en.wikipedia.org

Амплитудная модуляция. Управление мощностью СВЧ-генератора с частотой 7 Гц — стандартная задача. Модулятор на IGBT или MOSFET, управляющий анодным напряжением магнетрона, легко обеспечивает глубину модуляции 80–100% на частоте 7 Гц.

Направленная антенна. Параболическая антенна диаметром 1–2 м на частоте 10 ГГц — стандартная ВЧ-техника.

Фазированная решётка позволяет электронное сканирование луча — поражение нескольких целей за секунды.

Мобильность. Вся система (генератор + модулятор + антенна) помещается на борту вертолёта или автомобиля. Это согласуется с условиями операции в Каракасе — быстрое приближение, воздействие, высадка.

Возможные возражения и их разбор

«Симптомы вызваны ударной волной от взрывов». Взрывы в ходе операции были, и баротравма от них даёт похожие симптомы. Однако: (а) не все пострадавшие находились вблизи взрывов; (б) симптомы наступали одновременно у группы людей на разных участках объекта; (в) один из охранников прямо описал «звуковую волну», а не взрыв.

twz.com

«СВЧ-излучение оставляет следы (ожоги)». При плотности потока $\sim 130\text{--}260\text{ мВт/см}^2$ и экспозиции 2–3 секунды тепловой нагрев тканей составляет менее $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ — ожогов не будет. Энергия уходит в акустические колебания, а не в стационарный нагрев. Однако при более длительной экспозиции или большей мощности ожоги возможны — и это ограничение для нелетального режима.

«Чистый инфразвук проще». Проще физически, но не инженерно. Направленный инфразвук на 7 Гц требует антенны размером в десятки метров и не обеспечивает селективности. СВЧ + АМ даёт направленность, мобильность и селективность при том же физиологическом эффекте.

«Это было предательство, а не оружие». Предательство части охраны (или подкуп) — объясняет отсутствие эффективного сопротивления, но не объясняет **массовые физиологические симптомы** у десятков людей одновременно. Оба фактора могли действовать совместно.

belta.by

Выводы аналитического раздела

1. Гипотеза СВЧ с амплитудной модуляцией на 7 Гц

технически обоснована и элегантно решает главную проблему чистого инфразвука — направленность. СВЧ-несущая обеспечивает компактность и острую направленность; инфразвуковая модуляция обеспечивает поражающий физиологический эффект через резонанс органов.

2. Механизм — термоакустический: СВЧ-энергия

поглощается объёмно в тканях, пульсирующий нагрев генерирует акустическую волну внутри тела на частоте модуляции. Это обобщение эффекта Фрея на инфразвуковой диапазон. Волна рождается внутри органа, минуя потери на границах сред.

3. Диапазон 6–9 Гц — «окно максимальной уязвимости»:

одновременно резонируют сердце, грудная клетка, брюшная полость, вестибулярный аппарат и подавляется альфа-ритм мозга. Модуляция на 7 Гц поражает все ключевые системы одновременно.

4. Параметры реализуемы: при мощности 1–5 кВт и

параболической антенне 1–2 м плотность потока на дистанции 200 м превышает порог эффекта Фрея в 130–860 раз. Время установления резонанса — 1–3 секунды.

5. Симптомы полностью согласуются с термоакустическим механизмом: головокружение (вестибулярный резонанс), рвота (резонанс брюшной полости), кровотечение (баротравма капилляров), слабость (резонанс сердца), «взрыв в голове» (волна в черепной коробке). Внешних признаков воздействия нет — ни звука, ни видимого излучения.

6. Связь с Гаванским синдромом — та же технология в более мягком варианте. Заключение НАН США о микроволновом оружии поддерживает гипотезу.

7. Техническая зрелость: все компоненты (СВЧ-генераторы, модуляторы, направленные антенны, мобильные платформы) существуют и развиваются в рамках НРМ-программ. Система помещается на борту вертолёта.

8. Ограничение версии: открытые источники не содержат технических подтверждений (измерений частоты, мощности, типа излучателя). Анализ построен на сопоставлении симптомов с известными физическими механизмами. Окончательное подтверждение или опровержение требует инструментальных данных, недоступных в открытом доступе.

Ключевой принцип защиты

Поскольку поражающий механизм — термоакустический (СВЧ поглощается тканями → рождается внутренний инфразвук на 7 Гц), защита сводится к одному: **не пустить СВЧ-несущую к телу**. Если несущая заблокирована — нет нагрева, нет термоакустической волны, нет резонанса органов. Бороться с инфразвуком отдельно не нужно, потому что его в воздухе нет — он рождается только внутри тела при поглощении СВЧ.

Что существует уже сейчас

1. Клетка Фарадея — классика

Сплошной проводящий экран (металл или мелкоячеистая сетка) перераспределяет электромагнитное поле по своей поверхности, не пропуская его внутрь. Размер ячейки должен быть меньше длины волны: для 10 ГГц ($\lambda \approx 3$ см) — сетка с ячейкой 1–2 мм. en.wikipedia.org

Минус для личного состава: человек в металлической коробке не может вести бой. Клетка Фарадея — защита для помещений и техники, не для бойца в поле.

2. Металлизированные ткани — «носимая клетка Фарадея»

Это уже не теория, а серийная продукция и deployed-решения:

Ткани с медно-никелевым покрытием (Cu+Ni на полиэфирной основе): эффективность экранирования 60–70

дБ в диапазоне от 10 МГц до 3 ГГц. Толщина — 0,09 мм, поверхностное сопротивление 0,05 Ом/м². Лёгкие, гибкие, можно шить из них одежду. bestofshield.com aliexpress.ru

Ткани с нановолокном серебра: эффективность 70 дБ в диапазоне от 10 МГц до 40 ГГц — то есть перекрывают весь военный СВЧ-диапазон, включая миллиметровый.

Поверхностное сопротивление менее 0,1 Ом. amazon.com

Что это значит на практике. Оружие из нашего анализа создаёт плотность потока $\sim 130\text{--}260\text{ мВт/см}^2$ на дистанции 200 м. Ткань с эффективностью 60 дБ ослабляет сигнал в 10^6 раз — до $0,00013\text{--}0,00026\text{ мВт/см}^2$. Это в 40 000 раз ниже порога эффекта Фрея (10 мВт/см^2). Даже ткань с 40 дБ (ослабление в 10^4 раз) снижает до $0,013\text{--}0,026\text{ мВт/см}^2$ — в 400 раз ниже порога.

Российский аналог. Компания КОМБРИГ уже поставляет в зону СВО защитные костюмы с покрытием из графена, меди, никеля и серебра — они скрывают тепловую сигнатуру и защищают от СВЧ и РЭБ-излучения. Российская газета сообщает: «Секрет в самих тканях, которые имеют различное покрытие с графеном, медью, никелем и серебром». Также разрабатываются балаклавы с серебряной нитью для защиты головы оператора от СВЧ. rg.ru

3. Радиопоглощающие материалы (RAM)

Вместо отражения СВЧ (как клетка Фарадея) — поглощение и преобразование в тепло. Это материалы с магнитными наполнителями (карбонильное железо, ферриты $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, наночастицы NiO) в полимерной матрице. [researchgate.net](https://www.researchgate.net)
[pmc.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)

Композит эпоксидной смолы с наночастицами оксида никеля (7% масс., толщина 4 мм) обеспечивает поглощение 67%

энергии в X-диапазоне (8–12,5 Гц). На отдельных частотах — до 84%. [pmc.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)

Применение для личной защиты: тонкие подслойные вставки в бронежилет или шлем — поглощают СВЧ, не отражая (что важно для скрытности — отражённый сигнал может быть обнаружен противником).

4. Многослойные комбинированные экраны

Самый эффективный подход — сочетание отражающего и поглощающего слоёв. Внешний слой — проводящая ткань (отражает большую часть СВЧ). Внутренний — поглощающий материал (ловит то, что прошло через отражающий).

Двухслойные структуры показывают значительно более высокую эффективность, чем однослойные. [researchgate.net](https://www.researchgate.net)

5. Обычная плотная одежда

Даже обычная плотная ткань снижает эффект СВЧ-оружия.

Испытания системы ADS (Active Denial System, 95 ГГц) показали: плотная одежда резко сокращает воздействие.

topwar.ru Это не полноценная защита от киловаттного «дискомбобулятора», но частичное ослабление — факт. Мокрая одежда работает ещё хуже для защиты (вода поглощает СВЧ), сухая — лучше.

6. Расстояние

Плотность потока падает обратно пропорционально квадрату расстояния. Удвоение дистанции — в 4 раза меньше мощность. Утроение — в 9 раз. Если оружие эффективно на 200 м, то на 600 м плотность потока падает в 9 раз — с 260 до ~ 29 мВт/см². Это уже близко к порогу, и простая металлизированная ткань добивает остаток.

7. Активное предупреждение и уклонение

СВЧ-детекторы (аналоги radar warning receiver на самолётах) — компактные приёмники, засекающие направленное СВЧ-излучение и подающие сигнал бойцу. Обнаружить луч «дискомбулятора» технически проще, чем создать сам луч: нужен только широкополосный СВЧ-детектор с пороговым триггером. securitylab.ru nanoworldorder.com

Уклонение: уход из луча (смена позиции, укрытие за металлическими или бетонными преградами). СВЧ 10 ГГц не проникает через бетонные стены и металлические конструкции.

8. Защита помещений

Для стационарных объектов — проводящая сетка в стенах, металлизированные плёнки на окнах, экранирование

кабельных вводов. Бункеры и защищённые КП уже строятся с учётом ЭМИ-защиты (от ядерного EMP) — это по умолчанию клетки Фарадея. emergencygearlab.com

Иерархия защиты

Уровень 1 — индивидуальный (боец в поле).

Металлизированная ткань (Cu/Ni/Ag) в составе формы: куртка, балаклава, перчатки. Ослабление 60–70 дБ — достаточно для

снижения плотности потока с 260 мВт/см² до 0,00026 мВт/см². Уже реализуется (КОМБРИГ). Добавка: RAM-вставки в шлем и бронежилет.

Уровень 2 — тактический (группа). СВЧ-детекторы на личном составе или на технике — предупреждение об облучении. Уход из луча, использование естественных и искусственных укрытий (бетон, металл). РЭБ-контрмеры: постановка помех в СВЧ-диапазоне для срыва наведения.

Уровень 3 — объектовый (здание, база). Полноценная клетка Фарадея: проводящая сетка в стенах, металлизированные окна, экранированные двери. Стандартная практика для защищённых объектов.

Уязвимости защиты

Щели и зазоры. Клетка Фарадея работает только при непрерывности экрана. Зазор в 3 см (длина волны 10 ГГц) пропускает излучение. Швы одежды должны быть перекрыты — либо проводящей лентой, либо внахлёст. en.wikipedia.org

Открытые участки тела. Лицо, шея, руки — если не закрыты металлизированной тканью, уязвимы. Балаклава закрывает голову, но нужны также перчатки и закрытый ворот.

Незаземлённый экран. Клетка Фарадея без заземления отражает, но не отводит энергию. В поле заземление невозможно — но отражения достаточно (60–70 дБ). Для стационарных объектов заземление обязательно.

Многократное облучение. Если противник знает о защите, он может увеличить мощность или приблизиться. Это гонка бронепробиваемости — но в отличие от кинетического оружия, стоимость «пробития» (увеличение мощности СВЧ-

генератора) растёт быстрее, чем стоимость защиты (добавить слой ткани).

Итог

Клетка Фарадея — база, но не единственный вариант. Самый перспективный путь для защиты личного состава — **металлизированные ткани** (Cu/Ni/Ag), интегрированные в боевую форму. Ослабление 60–70 дБ превращает lethal/incapacitating уровень облучения в пренебрежимо

малый. Это уже не концепт, а серийная продукция, и в России она уже поступает в войска. Дополнение — RAM-вставки (поглощение вместо отражения), СВЧ-детекторы (предупреждение) и защита помещений (сетка в стенах).