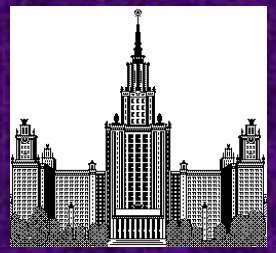
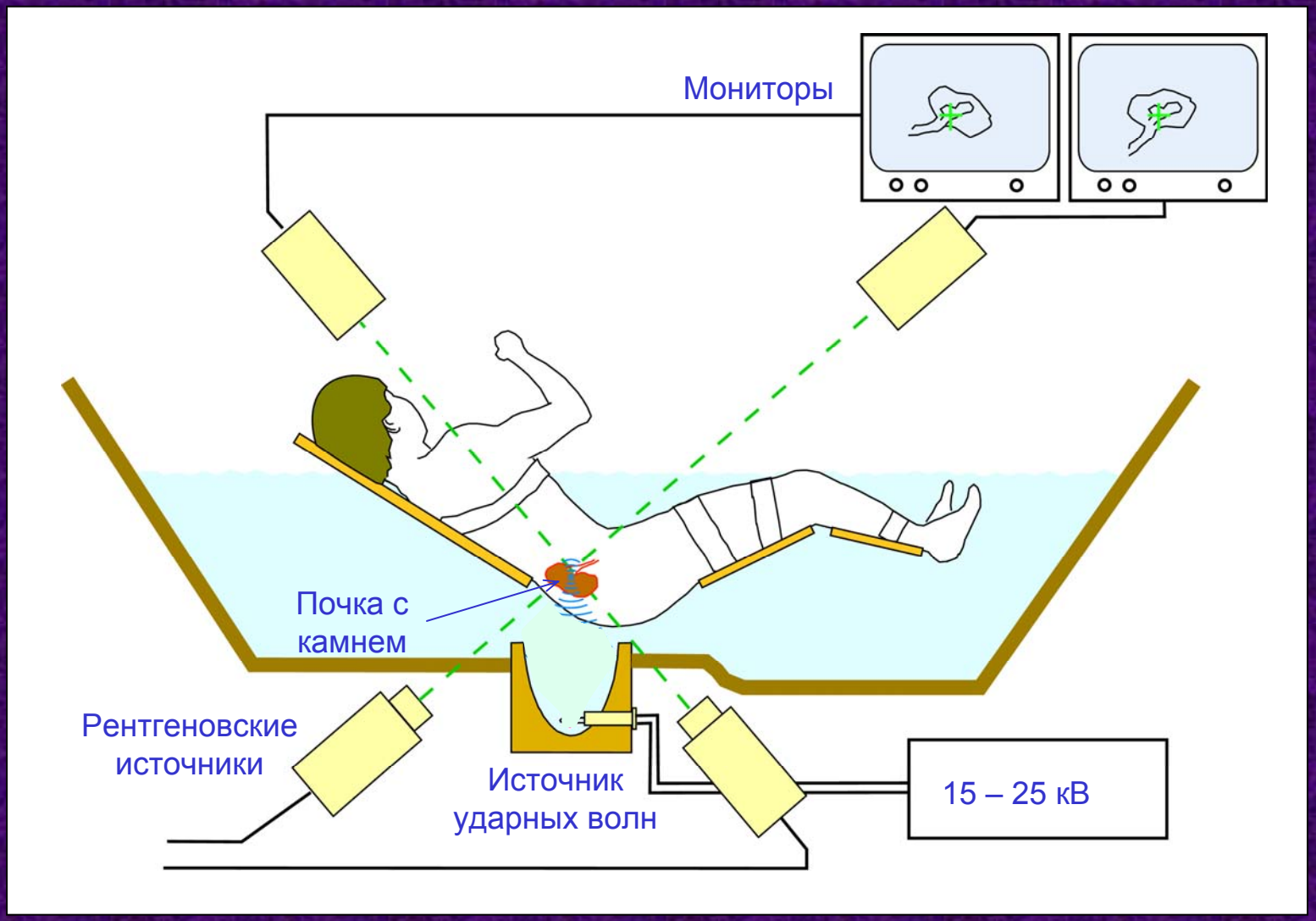
ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНАЯ УДАРНОВОЛНОВАЯ ЛИТОТРИПСИЯ И МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ БИОТКАНЕЙ И ПОЧЕЧНЫХ КАМНЕЙ УДАРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

О.А. Сапожников

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

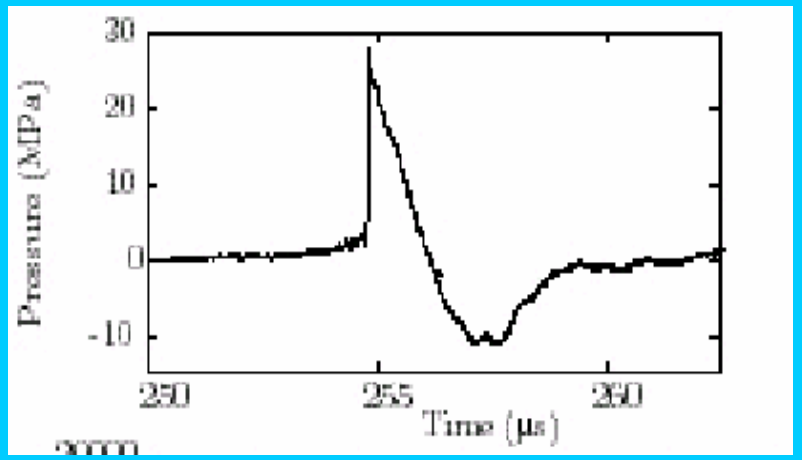


ПРИНЦИП ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ УДАРНОВОЛНОВОЙ ЛИТОТРИПСИИ

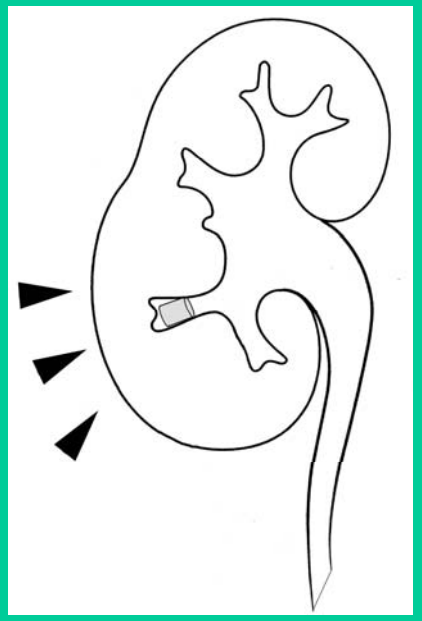


УДАРНЫЕ ВОЛНЫ РАЗРУШАЮТ ПОЧЕЧНЫЕ КАМНИ

Ударные волны с пиковым давлением до 1000 бар

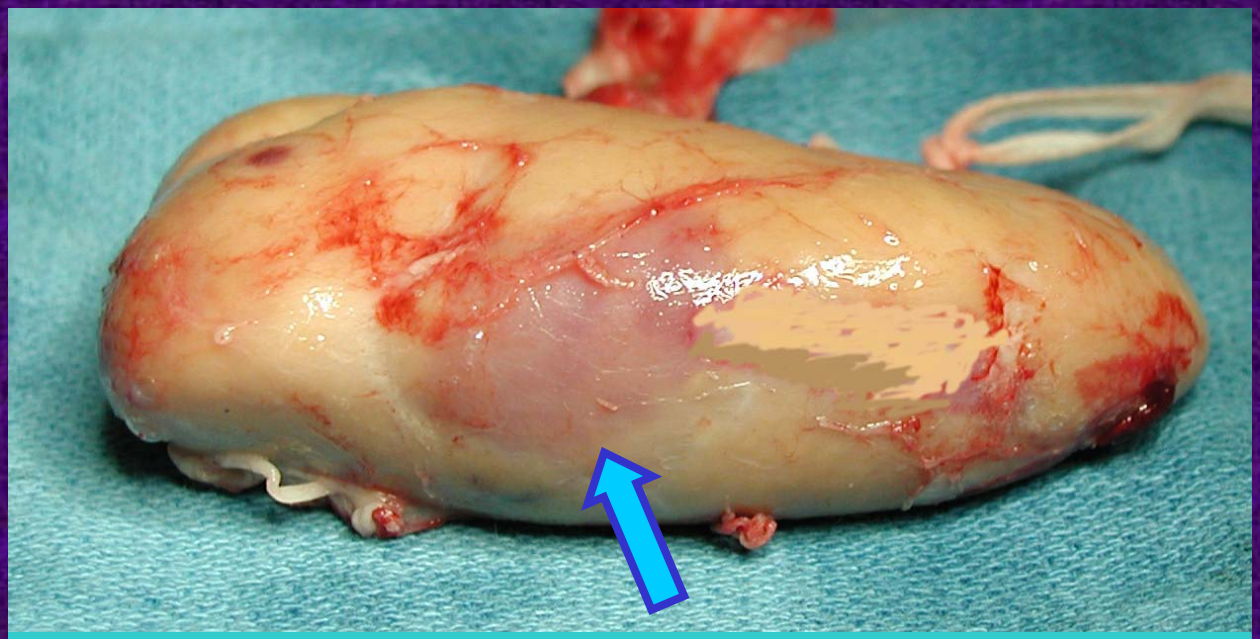


Камень в почке



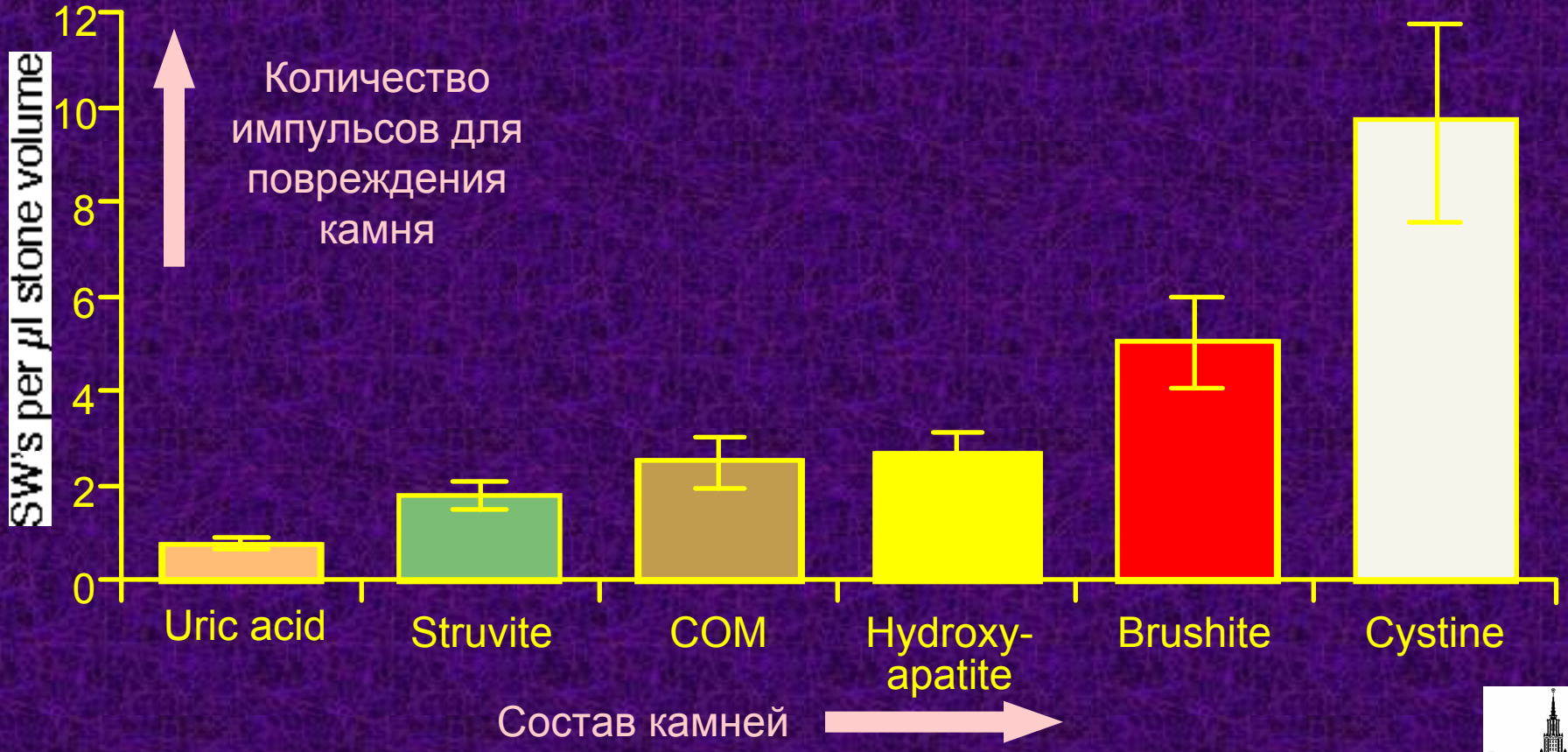
Фрагментация почечных камней

УДАРНЫЕ ВОЛНЫ МОГУТ ПОВРЕДИТЬ И САМУ ПОЧКУ



Гематома в почке свиньи после воздействия 2000 ударных волн

ПРОЧНОСТЬ КАМНЕЙ К УДАРНОВОЛНОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЗАВИСИТ ОТ ИХ СОСТАВА



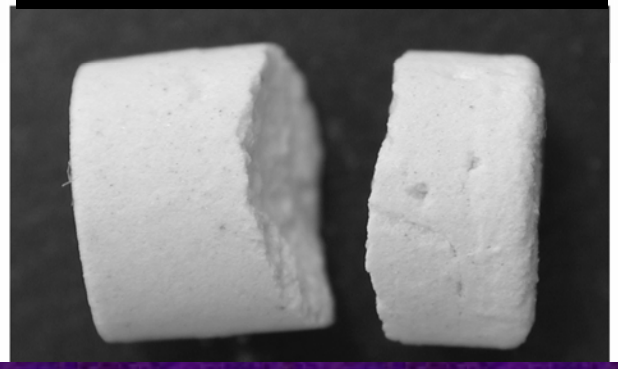
ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ КАМНЕЙ

300 ударных волн при атмосферном давлении

Вид спереди

Вид сзади

Вид сбоку

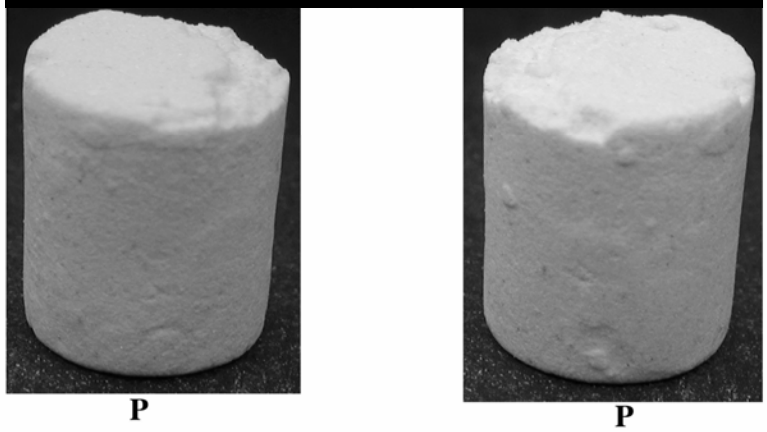


400 ударных волн под давлением 120 атм

Вид спереди

Вид сзади

Вид сбоку



МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ

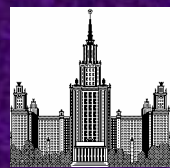
ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

ОТКОЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ

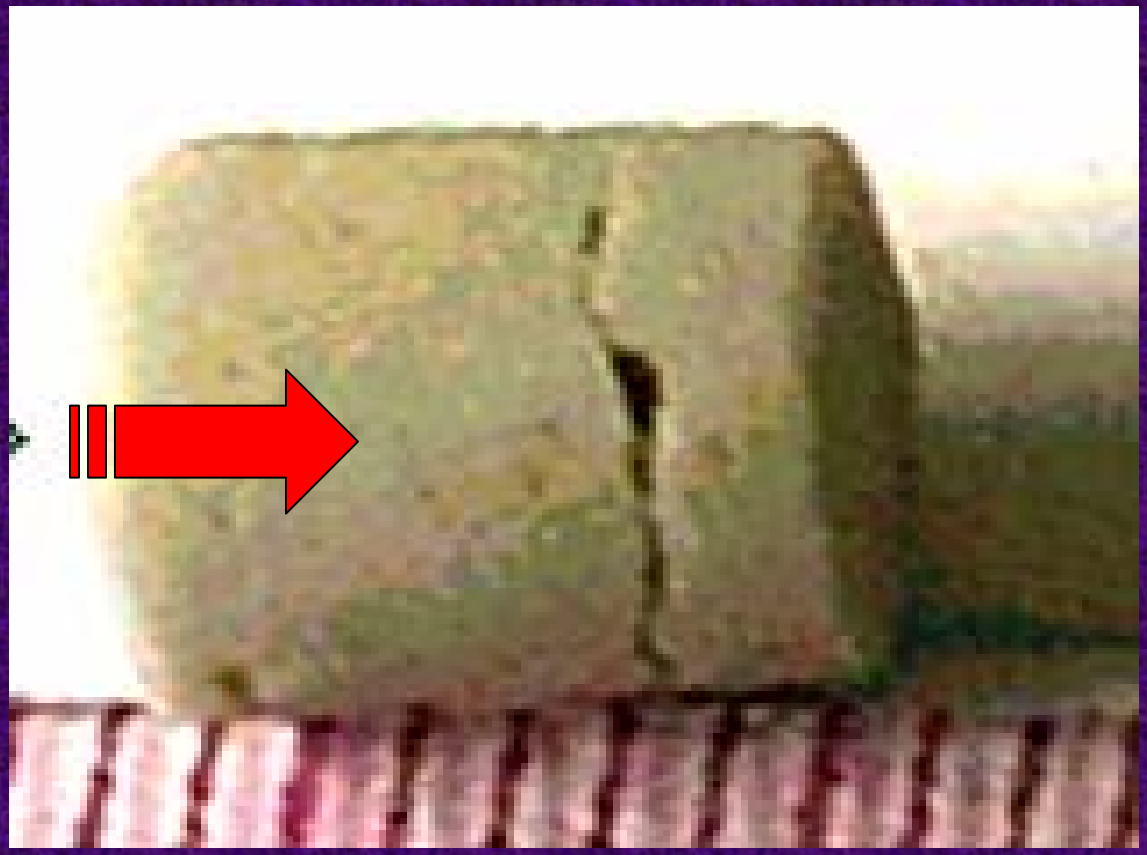
КАВИТАЦИЯ

Кумулятивные струйки при несимметричном схлопывании пузырей

Вторичные ударные волны при симметричном схлопывании пузырей

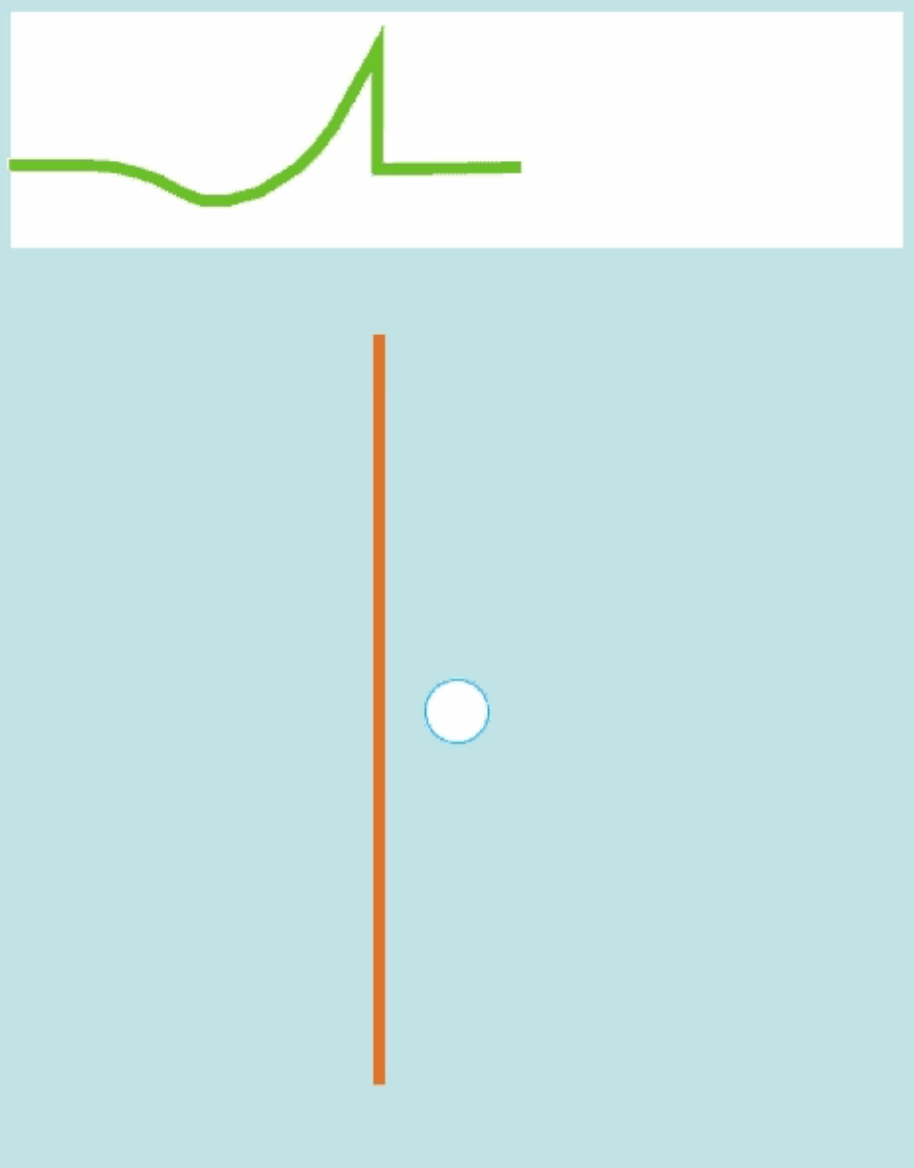


ОТКОЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ КАМНЕЙ

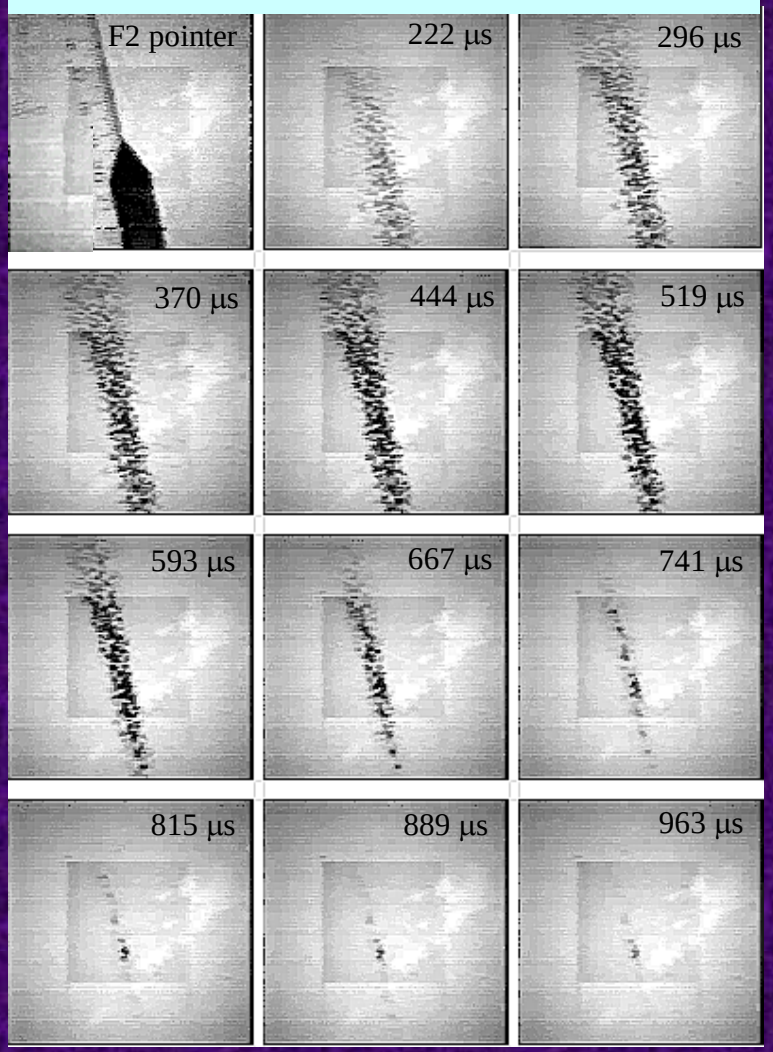


УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЧКИ В ПРОЦЕССЕ УДАРНОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

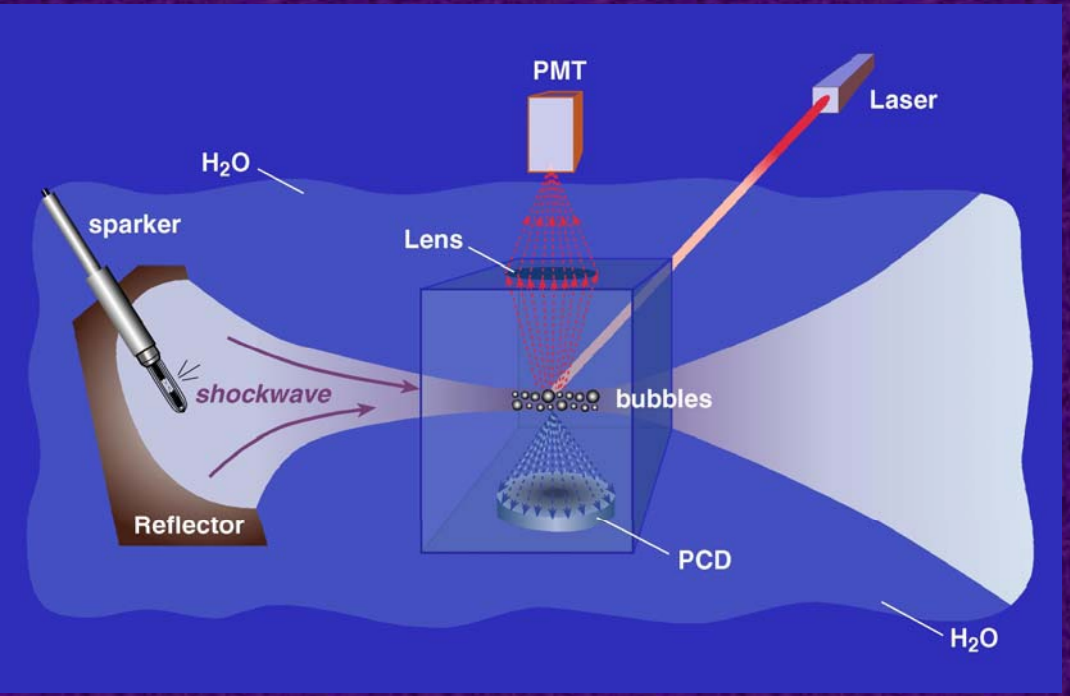
ИНЕРЦИОННАЯ КАВИТАЦИЯ, ВЫЗВАННАЯ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

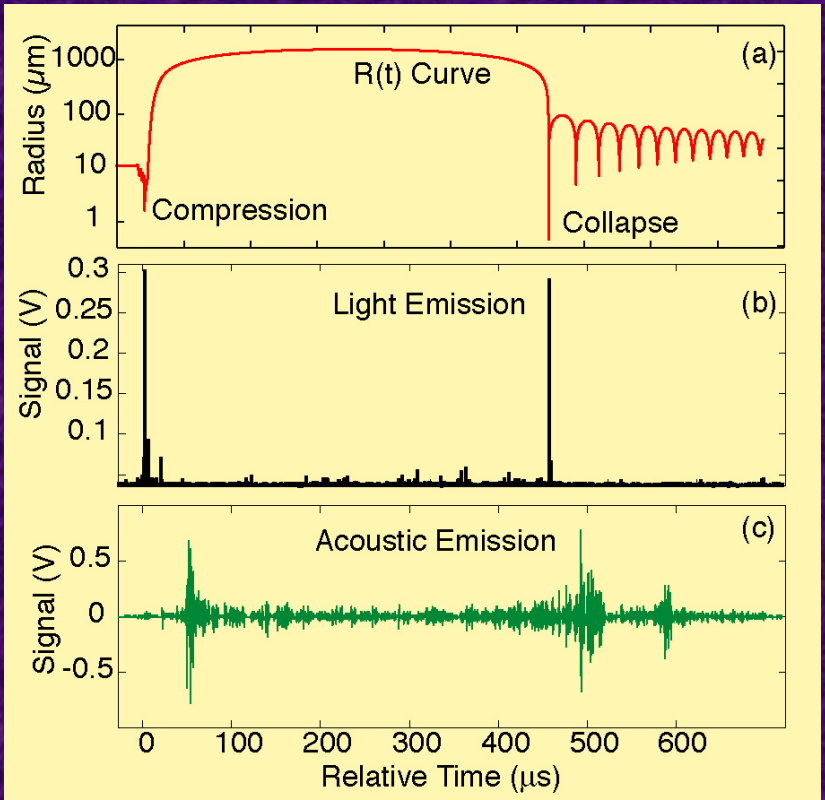


Скоростная съёмка кавитационного облака

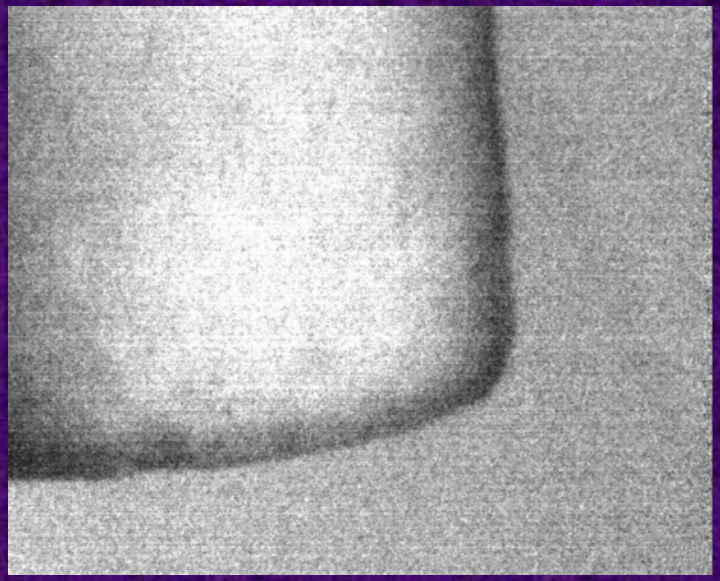


При инерционном коллапсе пузырьков излучаются вторичные ударные волны и свет

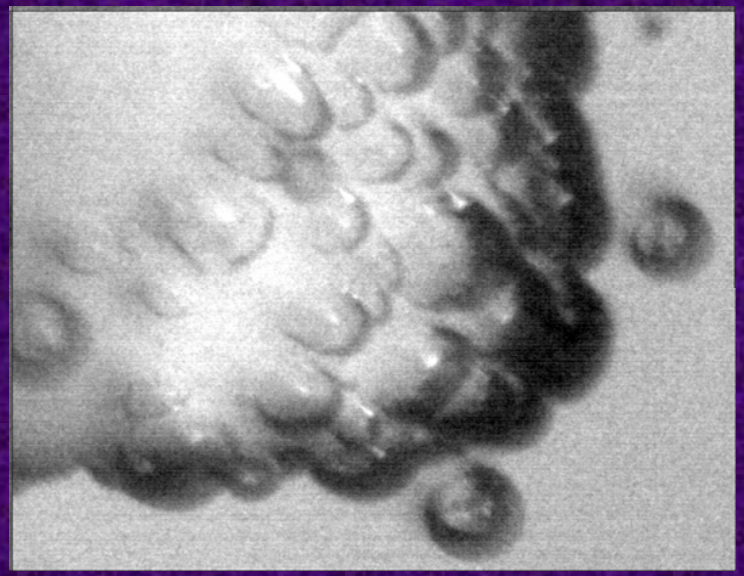




КАВИТАЦИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КАМНЯ



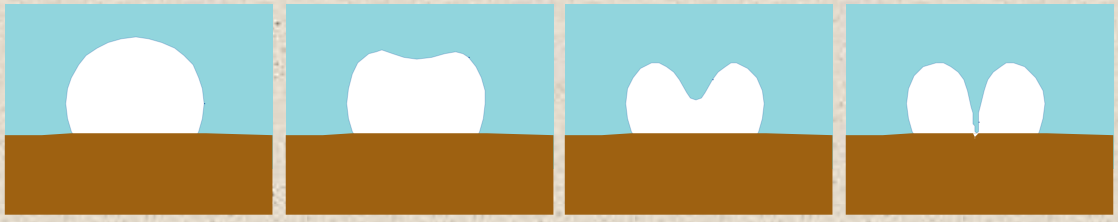
Movie: start@180μs, 11@40μs, 5@20μs



340 μs

7 mm

Несимметричное схлопывание и формирование струи



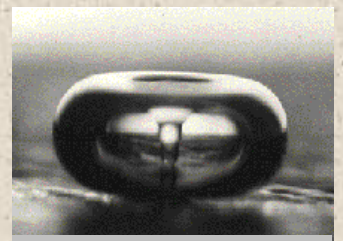


Photo by L.Crum

Эрозия камня

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Пути снижения кавитации в тканях при сохранении эффективности разрушения камней

- Снижение частоты повторения ударных волн
- Воздействие ударными волнами при повышенном статическом давлении
- Подбор оптимального временного профиля ударной волны
- Предварительное выявление структуры камня для выбора адекватного режима воздействия