

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кучинский Михаил Олегович  
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЗЫРЬКОВ В  
ЖИДКОСТИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ», представленной на  
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Данная диссертационная работа посвящена экспериментальному исследованию физических процессов, возникающих в жидкостях с пузырьками при ультразвуковом воздействии. Одним из способов повышения эффективности метода флотации при разделении руд является добавление в раствор поверхностно активных веществ и реагентов. Влияние вибраций, в частности ультразвука, может обеспечить повышение выемки ценных компонентов руды из водных растворов солей, например NaCl или KCl. Это обстоятельство обуславливает актуальность изучения влияния ультразвука на водные растворы, содержащие эти добавки. Понимание механизмов воздействия ультразвука на флотационные процессы с учетом наличия в растворах химических добавок важно для оптимизации технологических процессов и повышения качества разделения компонентов.

Необходимо отметить наиболее важные результаты диссертации, обладающие научной новизной и практической значимостью. Автором разработан метод, обеспечивающий возможность пространственно-временного анализа кавитационных процессов в сонохимическом реакторе. Обнаружена корреляция между интенсивностью кавитационных процессов и полем акустического давления. Найдено, что увеличение концентрации NaCl в воде приводит к подавлению роста кавитационных пузырьков. Под действием ультразвука пузырек на гидрофобной твердой поверхности, совершает колебания с частотой близкой к частоте второй моды собственных колебаний. При воздействии ультразвука статический контактный угол пузырька уменьшается и остается неизменным в течение длительного времени даже после прекращения воздействия. Под влиянием ультразвуковых вибраций в водных растворах NaCl происходит увеличение среднего размера пузырьков, генерируемых мембранным методом, по сравнению с чистой водой. Зафиксирован эффект увеличения количества генерируемых пузырьков на порядок при одновременном добавлении в раствор NaCl и ПАВ SDS в ультразвуковом поле. При этом сохраняется распределение пузырьков по размеру характерное для чистой воды.

К автореферату и автору диссертации можно высказать следующие замечания и вопросы.

1. В автореферате присутствует ряд терминов, значение которых следует пояснить. Например, «кавитационная активность», «кавитационное событие», «относительно гидрофильная» и «относительно гидрофобная» поверхности. Автору следовало бы давать пояснения терминов сразу же при их первом употреблении.
2. В автореферате влияние ультразвука на систему как правило описывается термином «ультразвуковая обработка», что кажется не совсем корректным. Такой термин разумно использовать, если на объект (жидкость или пузырек) в течение какого-то времени воздействовали ультразвуком, потом воздействие прекратилось. При постоянном воздействии правильнее будет написать «ультразвуковое воздействие» или «влияние ультразвука».

3. На странице 8 написано, что «разрушение фольги являлось индикатором кавитационной активности». Не ясно, каковы причины разрушения фольги.
4. Как определялось распределение температуры? Каким образом экспериментально определялись тепловые карты? В схеме экспериментальной установки (рис. 1) и в описании эксперимента не указан инструмент для определения температуры. На рисунке 2 на шкале справа показано время или температура в градусах Цельсия? Если температура, то как она определялась? Если время, то причем здесь тепловые карты? Тот же вопрос про рис. 4 и 5. На рисунке 3 по горизонтальной оси отложено время, причем обозначение совпадает с обозначениями на рисунке 2 и 4, где демонстрируются тепловые карты.
5. На странице 7 автореферата акрил относится автором к гидрофильным поверхностям, а на странице 12 в третьем абзаце сверху к гидрофобным, но уже в четвертом абзаце страницы 12 написано, что акрил обладает промежуточными свойствами. Какими же свойствами, по мнению автора, обладает акрил?

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Они носят скорее методологический характер. Автору следует в дальнейшем более тщательно подходить к процессу написания научных работ.

На основании автореферата можно сделать вывод, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на хорошем научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Диссертационная работа «Экспериментальное исследование динамики пузырьков в жидкости при ультразвуковом воздействии» отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023), а ее автор, Кучинский Михаил Олегович, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Доктор физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики факультета Прикладной математики и механики ФГАОУ ВО «Пермский национально исследовательский политехнический университет». 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д.29, а. 251, [paw@pstu.ru](mailto:paw@pstu.ru), +7 (342) 2-198-025

Перминов Анатолий Викторович  
26.01.2026

Я, Перминов Анатолий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку



Подпись   
ЗАВЕРЯЮ  
Ученый секретарь  
Ученого совета ПНИПУ  
В.И. Макаревич  
26 января 2026 г.