

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА РОСТ ГИДРОБИОНТОВ

Барбин Н.М.¹, Алексеев К.С.¹, Вершинин В.Л.²

¹ Уральский государственный аграрный университет
ул. К.Либкнехта, 42, г. Екатеринбург, 620075, РФ

² Институт экологии растений и животных УрО РАН
ул. 8 Марта, 202, г. Екатеринбург, 620144, РФ; e-mail: NMBarbin@mail.ru

Поступила в редакцию: 20.05.2019

Аннотация. В работе рассмотрено воздействие воды после кавитации на золотых рыбок и шпорцевых лягушек. Описана установка для кавитационной обработки воды. Обнаружено, что после кавитационной обработки у воды происходит изменение pH и электропроводности. Показатели прироста массы тела у рыб опытной группы превышают аналогичные показатели у рыб контрольной группы. Разведение лягушек в кавитационно-обработанной воде ведет к приросту массы тела.

Ключевые слова: кавитация, обработка воды, золотые рыбки, шпорцевые лягушки.

В настоящее время представляет интерес метод кавитационного воздействия на воду. Использованию кавитационных технологий посвящены работы [1-4]. Предлагаются различные кавитационные устройства для водоподготовки, в коммунальных службах, при очистке бытовых и сточных вод [5, 6].

Кавитацией называется процесс образования в капельной жидкости пузырьков, заполненных газом или паром, выделившимся из жидкости при уменьшении статического давления до некоторого критического значения [7].

Критическое давление соответствует в реальных условиях давлению преобразования или давлению насыщения для растворенного в жидкости газа. Пульсации резонансных пузырьков которые происходят с большой амплитудой в определенных условиях, и разрушение кавитационных полостей могут привести к физико-химическим эффектам [8]. При схлопывании кавитационных пузырей, за очень короткое время (порядка нескольких микросекунд) развивается высокое давление (микроудар) до 400 МПа, а температурный градиент в месте схлопывания жидкости повышается до 500-800°C [8].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В ФГУП НИИ «Гермес» (Ракетно-космическое агентство, г. Златоуст) разработано оборудование для механической обработки жидкостей гидроударами и кавитацией [9].

Установка выполнена в настольном варианте. Его основными частями являются роторно-статорный узел с вертикальным расположением вала и электродвигатель. При работе роторно-статорный узел размещается в емкости с обрабатываемой жидкостью. Проходя через этот узел, жидкость подвергается гидроударно-кавитационному воздействию. Конструкция установки приведена на рисунке.

Роторно-статорный узел состоит из следующих частей: двигателя (1), вала (2), держателя (3), ротора (4) и статора (5).

На верхней плите (6), размещается кронштейн (7) с электродвигателем (1), конденсаторами (8), переключателем (9), шнуром питания (10) с вилкой для включения в электросеть. Снизу к верхней плите крепится держатель (3), на котором укреплен статор (5). На вал двигателя устанавливается вал (2) с ротором (4).

Ротор (4) и статор (5) имеют специальные пазы. Держатель, ротор, статор и вал изготавливаются из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. В процессе работы они находятся в емкости с водой. Вода к ротору (4) и статору (5) поступает через окна (11) держателя (3). Плита (6) закрепляется на стойке (12) вокруг которой она может поворачиваться на 50°. Стойка устанавливается на основании (13).

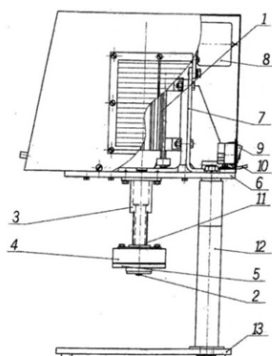


Рисунок 1. Настольная установка для кавитационной обработки воды

Обрабатываемый объем воды составлял 5 литров. При включении в сеть (220 В) ротор начинал вращение с частотой 2750 об./мин. Вода, поступающая в модуль через специальные окна, подвергалась кавитации. При этом в сосуде создавалась вихревая воронка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Воду следует рассматривать как способную к самоорганизации неравновесную динамическую систему, чувствительную к слабым воздействиям различной природы. В водных системах неразрывно сосуществуют химические и структурные превращения. Будучи первичной мишенью слабых, в том числе электромагнитных и механических воздействий, вода продуцирует активные формы кислорода и азота, непосредственно воздействующие на рецепторы клетки, а также образует единый водно-липидно-белковый комплекс биологической мембраны, преобразующий слабые внешние сигналы в изменение макроскопической упругости мембраны, сопровождающиеся модуляцией характеристик интегральных белков. Изменение свойств мембранных белков приводит к изменению функциональных свойств живой клетки [10].

Ранее было исследовано влияние воды, подвергнутой кавитации, на рост рыб [11], уничтожение дафний [12], на состав крови собак [13].

В данной работе объектами исследования были золотые рыбки и шпорцевые лягушки (*Xenopus laevis*).

1. Золотые рыбки.

Было создано две группы рыбок: опытная и контрольная по 10 рыбок в каждой. Были созданы идентичные условия содержания, кормления, температурного режима. Единственным отличием стало: в аквариуме с опытной группой была вода, подвергнутая гидродинамической обработке.

В процессе эксперимента производилась регулярная замена воды из аквариумов в объеме 30 % в каждом. В опытный аквариум добавлялась кавитационно-обработанная вода, а в контрольный добавлялась вода без обработки. Для обоих аквариумов забор воды производился из одного источника – городского водопровода. Периодичность замены воды составила 1 раз в 3 суток.

Кормление рыб производилось специальным кормом для золотых рыбок. Объем корма и периодичность кормления для контрольной и опытной групп были идентичны. Взвешивание производилось на лабораторных электронных весах MASSA-КВК-600 с периодичностью 1 раз в 7 дней.

В процессе эксперимента велась автоматическая безостановочная запись измерений pH и окислительно-восстановительного потенциала воды в каждом из аквариумов. Для измерений использовались: прибор серии АНИОН-4100, предназначенный для измерения ЭДС, pH (рХ), молярной, массовой концентрации ионов, удельной электрической проводимости и соленосодержания, а также синхронизированный с ним персональный компьютер для записи полученных результатов.

В процессе эксперимента происходило изменение физико-химических свойств воды, прошедшей кавитационную обработку в опытном аквариуме, в отличие от воды в контрольном аквариуме. В опытном аквариуме наблюдается растянутое во времени увеличение показаний pH и снижение окислительно-восстановительного потенциала воды. Водородный показатель оказывает существенное влияние на биологические и биохимические процессы и поэтому имеет очень важное значение в жизни рыб, особенно в период роста и развития.

Показатели по динамичности прироста живой массы тела у рыб опытной группы превышают аналогичные показатели у рыб контрольной группы (табл. 1). Набор массы в контрольной группе прекратился на 17 дней раньше, чем в опытной. Средняя длина рыб в опытной группе отличается на $10,5 \pm 2\%$ от контрольной [11].

2. Шпорцевые лягушки.

В данной работе объектом исследования были шпорцевые лягушки (*Xenopus laevis*).

Производилась регулярная замена воды в аквариумах, объемом 50% от емкости каждого. В опытном аквариуме добавлялась кавитационно-обработанная вода, а в контрольном добавлялась вода без обработки. Для всех аквариумов забор воды производился из одного источника – городского водопровода после отстаивания в течение 7 суток. Замена воды производилась 1 раз в семь суток.

Кормление лягушек производилось специализированным кормом для рыб. Количество корма и периодичность кормления для контрольной и опытной групп были идентичны.

Из данных по изменению pH следует, что в опытном аквариуме с регулярной добавкой кавитационно-обработанной воды значение pH плавно повышалось или, другими словами, происходило защелачивание, в то время как окислительно-восстановительный потенциал плавно понижался. Водородный показатель

Таблица 1. Различия динамики прироста массы рыб

Время измерения, дни	Разница массы между опытной и контрольной группами, %
15	4,45
30	13,57
45	15,36
60	12,65

Таблица 2. Различие динамики прироста массы лягушек

Время измерения, дни	Разница массы между опытной и контрольной группами, %
7	5,21
15	8,13
22	15,17
29	18,10

оказывает существенное влияние на биологические и биохимические процессы, и поэтому имеет очень важное значение в жизни лягушек, особенно в период роста и развития.

В ходе эксперимента производилось взвешивание, частотой раз в неделю, на лабораторных электронных весах MASSA-KBK-600. Также велась автоматическая запись показателей pH и окислительно-восстановительного потенциала воды в каждом из аквариумов.

Разведение лягушек в кавитационно-обработанной воде ведет к изменению прироста массы тела (табл. 2). Показатели прироста живой массы тела у лягушек опытной группы превышают аналогичные показатели у лягушек контрольной группы. Набор массы в контрольной группе прекратился на 21 день раньше, чем в опытной.

Можно сделать вывод об эффективности применяемой методики содержания гидробионтов в воде, прошедшей кавитационную обработку.

Список литературы / References:

1. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. *Кавитационная технология*. Красноярск: изд-во КГУ, 1990, 170 с. [Ivchenko V.M., Kulagin V.A., Nemchin A.F. *Cavitation technology*. Krasnoyarsk: Izdatel'stvo KGU, 1990, 170 p. (In Russ.)]
2. Кулагин В.А. Перспективы развития кавитационных нанотехнологий. *Профессорское собрание Красноярского края: региональная общественная организация*. Режим доступа: http://www.professors.ru/A_Kulagin.html. [Kulagin V.A. Prospects for the development of cavitation nanotechnologies. *Professorskoe sobranie Krasnoyarskogo kraja: regional'naya obshchestvennaya organizatsiya*. Available at: http://www.professors.ru/A_Kulagin.html. (In Russ.)]
3. Федоткин И.М. *Интенсификация технологических процессов*. Киев: Вища шк., 1979, 205 с. [Fedotkin I.M. *Intensification of technological processes*. Kiev: Vishcha shkola, 1979, 205 p. (In Russ.)]
4. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. *Использование кавитации в технологических процессах*. Киев: Вища шк., 1984, 190 с. [Fedotkin I.M., Nemchin A.F. *The use of cavitation in technological processes*. Kiev: Vishcha shkola, 1984, 190 p. (In Russ.)]
5. Ивашченко А.Т., Рязанцев А.А., Усольцева Н.Б. *Генератор гидродинамических колебаний*: пат. 2269386 Рос. Федерация, МПК В06В 1/20; заявитель и патентообладатель Сибир. гос. ун-т путей сообщения (СГУПСО); заявл. № 2004113935/28, 05.05.2004; опубли. 10.02.2006, Бюл. № 4, 5 с. [Ivashchenko A.T., Ryazantsev A.A., Usol'tseva N.B. *Generator of hydrodynamic vibrations*: patent 2269386 Russian Federation, Int. Cl. B06B 1/20; patent applicant and proprietor Sibirskii gosudarstvennyi universitet putei soobshcheniya (SGUPS); application № 2004113935/28, 05.05.2004; date of publication: 10.02.2006, Bull. no. 4, 5 p. (In Russ.)]
6. Кривоулицкий А.С. Применение кавитационной технологии в бытовом водоснабжении. *Труды КГТУ*, вып. 2-3. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006, с. 148-154. [Krivoulitskii A.S. The use of cavitation technology in domestic water supply. *Trudy KGTU*, Iss. 2-3. Krasnoyarsk: Izdatel'sko-poligraficheskii tsentr KGTU, 2006, pp. 148-154. (In Russ.)]
7. Пирсол И. *Кавитация*. М.: Мир, 1975, 95 с. [Pearsall J. *Cavitation*. Moscow: Mir, 1975, 95 p. (In Russ.)]
8. Saksena T.K., Nyborg W.L. Sonoluminescence from stable cavitation. *J. Chem. Phys.*, 1970, vol. 53, no. 5, pp. 1722-1733.
9. Яхно Т.А., Уваров В.М., Санин А.К., Казаков В.В. Гидроударно-кавитационное воздействие на воду. *Матер. V съезда биофизиков России*, Ростов-на-Дону, 2015, т. 2, с. 339. [Yakhno T.A., Uvarov V.M., Sanin A.K., Kazakov V.V. Hydraulic-cavitation impact on water. *Proceedings of V Congress of Biophysicists of Russia*, Rostov-on-Don, 2015, vol. 2, p. 339. (In Russ.)]
10. Лобышев В.И., Дубровский А.А., Мухачев А.Я., Соловей А.Б. Вода – первичная мишень слабых воздействий на биологические системы. В сб. «Проблемы биологической физики», с. 245-263. Ред. В.А. Твердислов. М.: URSS, 2010, 320 с. [Lobyshev V.I., Dubrovskii A.A., Mukhachev A.Ya., Solovei A.B. Water – primary target of slight impacts on biosystems. Book of abstracts “*Problemy biologicheskoi fiziki*”, pp. 245-263. Edited by V.A. Tverdislov. Moscow: URSS, 2010, 320 p. (In Russ.)]
11. Барбин Н.М., Алексеев К.С., Чирков А.А. Особенности роста рыб в кавитационно-обработанной воде. *Научные труды VIII Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»*, СПб., 2018, т. 8, с. 6. [Barbin N.M., Alexeev K.S., Chirkov A.A. Characteristics of fish growth in cavitation-treated water. *Collection of research papers of VIII International Congress “Slabye i sverkhslabye polya i izlucheniya v biologii i meditsine”*, St. Petersburg, 2018, vol. 8, p. 6. (In Russ.)]
12. Барбин Н.М., Алексеев К.С., Чирков А.А. Воздействие кавитации на водные микроорганизмы. *Актуальные вопросы биологической физики и химии*, 2018, т. 3, № 4, с. 910-912. [Barbin N.M., Alexeev K.S., Chirkov A.A. Effect of cavitation on aquatic microorganisms. *Aktual'nye voprosy biologicheskoi fiziki i khimii*, 2018,

vol. 3, no. 4, pp. 910-912. (In Russ.)]

13. Барбин Н.М., Чирков А.А. Изменение показателей крови собак при их поении водой, прошедшей гидродинамическую обработку. *Актуальные вопросы биологической физики и химии*, 2017, т. 2, № 1, с. 423-425. [Barbin N.M., Chirkov A.A. Changes in blood values of dogs which drink hydrodynamically treated water. *Russian Journal of Biological Physics and Chemistry*, 2017, vol. 2, no. 1, pp. 423-425. (In Russ.)]

EFFECT OF CAVITATION WATER TREATMENT ON THE GROWTH OF HYDROBIONTS

Barbin N.M.¹, Alexeev K.S.¹, Vershinin V.L.²

¹Ural State Agrarian University

Karla Libknekhta St., 42, Ekaterinburg, 620075, Russia

²Institute of Ecology of Animals and Plants, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

8 Marta St., 202, Ekaterinburg, 620144, Russia; e-mail: NMBarbin@mail.ru

Abstract. The work deals with the effect of cavitation-treated water on goldfish and clawed frogs. An installation for cavitation water treatment is described. It was found that after cavitation treatment, pH and electrical conductivity of water have changed. Indices of body weight gain of the fish in the experimental group exceed those of the fish in the control group. Rearing of frogs in cavitation-treated water leads to the body weight gain.

Key words: *cavitation, water treatment, goldfish, clawed frogs.*