Detection of bacteria in water by a slot-mode sensor in an acoustic delay lineGuliy O.I.¹, Zaitsev B.D.², Karavaeva O.A.¹, Alsowaidi A.K.M.³, Shavishvili I.Z.², Borodina I.A.³¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia;²Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Saratov Branch, Saratov, Russia;³Chernyshevsky National Research State University, Saratov, 410005, Russia

E-mail: guliy_olga@mail.ru

Key message. A method has been developed for the rapid determination of bacteria with the help of an acoustic sensor using as example *E. coli* cells in water when they are infected with specific bacteriophages. The detection limit is $\sim 10^3$ cells / ml, with an analysis time of 5 min.

Keywords: microbial cells, bacteriophages, detection, acoustic sensor

Analysis of microbial contamination of water is one of the important tasks for the timely prevention of food poisoning and mass diseases. In this regard, acoustic biosensor systems are a unique solution for detecting bacteria in water. Goal. Developing the method of an analysis of bacteria during their infection by bacteriophages in water using an acoustic sensor. Methods. We used a sensor based on a structure consisting of two piezoelectric plates of lithium niobate with a gap between them. The upper plate serves as the bottom of the liquid container, which is filled with the studied cell suspension. When specific bacteriophages are added to the test suspension of cells, the velocity of the acoustic wave propagating in such a structure will change. A change in the wave velocity leads to a change in the output parameters of the sensor recorded in the experiments. By changing the output parameters of the sensor for a suspension of cells before and after biological interaction, we can draw conclusions about the presence (or absence) of the studied bacteria in the analyzed suspension. The possibility of determining bacterial cells in water with a high conductivity value (up to 990 $\mu\text{S}/\text{cm}$) by detecting a specific "bacterial cell – bacteriophage" interaction even in the presence of extraneous microflora using a sensor based on a slot mode in an acoustic delay line with a shear horizontal wave of zero order is shown. The cell detection limit was established, which turned out to be 10^3 cells/ml. The method is based on recording changes in the depth and frequency of resonance absorption peaks on the sensor output signal before and after microbial cell infection by specific bacteriophages. Control experiments were carried out, excluding non-specific interaction of microbial cells with bacteriophages. A distinctive feature of the sensor used is the presence of a removable liquid cell, which makes it possible to reuse it and facilitates the process of cleaning the cell from the sample, which is an important condition when working with microorganisms. The developed method allows screening a large number of water samples in a short time, to identify sources of microbiological hazards and to assess the risks of the disease. This work was partially supported by the RFBR grant No. 19-07-00300 and 19-07-00304.

Определение бактерий в воде датчиком на основе щелевой моды в акустической линии задержкиГулий О.И.¹, Зайцев Б.Д.², Караваева О.А.¹, Алсowaidи А.К.М.³, Шавишвили И.З.³, Бородин И.А.²¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов; ²Институт радиотехники и электроники им В.А. Котельникова РАН, Саратовский филиал, Саратов; ³Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

Аннотация. Разработан способ быстрого определения бактерий с помощью акустического датчика на примере клеток *E. coli* в воде при их инфекции специфичными бактериофагами. Предел детекции составляет $\sim 10^3$ кл/мл, при времени анализа 5 мин.

Ключевые слова: микробные клетки, бактериофаги, детекция, акустический датчик

Анализ микробного загрязнения воды является одной из важных задач для своевременного предотвращения пищевых отравлений и массовых заболеваний. В этом плане акустические биосенсорные системы являются уникальным решением для определения бактерий в воде. Цель. Развитие метода анализа бактерий при их инфекции бактериофагами в воде с помощью акустического датчика. Методы. В работе использовали датчик, основанный на структуре из двух пьезоэлектрических пластин ниобата лития с зазором между ними. Верхняя пластина служит дном жидкостного контейнера, который заполняется исследуемой суспензией клеток. После добавления к исследуемой суспензии клеток специфичных бактериофагов, скорость акустической волны, распространяющейся в такой структуре, изменяется. Изменение скорости волны приводит к изменению выходных параметров датчика, регистрируемых в экспериментах. По изменению выходных параметров датчика для суспензии клеток до и после биологического взаимодействия можно сделать заключения о наличии (или отсутствии) исследуемых бактерий в анализируемой суспензии. Показана возможность определения бактериальных клеток в воде с высоким значением проводимости (вплоть до 990 мкСм/см) путем регистрации специфического взаимодействия «бактериальные клетки – бактериофаг» даже в присутствии посторонней микрофлоры с помощью датчика на основе щелевой моды в акустической линии задержки с поперечно-горизонтальной волной нулевого порядка. Установлен предел детекции клеток, который оказался равным 10^3 кл/мл. Способ основан на регистрации изменений глубины и частоты пиков резонансного поглощения на выходном сигнале датчика до и после инфекции микробных клеток специфичными бактериофагами. Проведены контрольные эксперименты, исключающие неспецифичное взаимодействие микробных клеток с бактериофагами. Отличительной особенностью используемого датчика является наличие съемной жидкостной ячейки, что дает возможность ее многократного использования и облегчает процесс очистки ячейки от образца, что является важным условием при работе с микроорганизмами. Разработанный метод позволяет проводить скрининг большого количества образцов воды в краткие сроки, выявить источники микробиологических опасностей и оценить риски заболевания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №№ 19-07-00300 и 19-07-00304.