Detection of bacteria in water by an acoustic slot-mode sensor

Alsowaidi A.K.M.¹, Guliy O.I.², Zaitsev B.D.³, Karavaeva O.A.², Khomyakova A.A.¹, Shavishvili I.Z.¹, Ksenofontova O.Yu.¹, Borodina I.A.³

¹Chernyshevsky National Research State University, Saratov, Russia; ²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia; ³Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia
E-mail: alialsoweide@gmail.com

Key message. A method has been developed for the determination of amoxicillin in an aqueous medium using an acoustic sensor system and bacteria sensitive to a defined antibiotic. The analysis time is 15 minutes.

Keywords: acoustic sensor, microbial cells, amoxicillin, determination

Relevance. Antibiotics are used in medicine, veterinary medicine, the food industry for canning, for processing food products during their transportation. In this regard, the development of methods for the determination of antibiotics in water, food, wastewater of pharmaceutical enterprises and other facilities is relevant. Goal. Development of a method for determining antibiotics in aqueous solutions using a non-contact acoustic sensor. Methods. We used a sensor based on a structure consisting of two piezoelectric plates of lithium niobate with a gap between them. Interdigital transducers were applied on one side of the plate to excite and receive an acoustic wave with shear horizontal polarization. A liquid container was placed on the opposite side of the plate with some clearance, the base of which was made of a lithium niobate plate $Z-X+30^\circ$ cut with a thickness of 500 μm . The gap between the bottom of the container and the surface of the piezoelectric plate was provided using strips of aluminum foil 16 μm thick. The velocity of an acoustic wave propagating in such a structure changes with a change in the conductivity of the liquid in the container. A change in the wave velocity leads to a change in the output parameters of the sensor (peaks of resonance absorption in the frequency dependence of the insertion loss of the acoustic delay line). Using the sensor, we studied the effect of different concentrations of amoxicillin on microbial cells sensitive to the antibiotic directly in the liquid phase. To do this, the sensor was connected to the S-parameters meter E5071C (Agilent, USA) in the mode of measuring the frequency dependence of the insertion loss of the output signal of the device. Results. The effect of amoxicillin on microbial cells was studied using the probe under study. It was established that the effect of amoxicillin (from 4 to 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$) leads to a change in the depth of the resonance peaks. A method has been developed for determining amoxicillin based on a non-contact acoustic sensor with a minimum detecting antibiotic concentration of 4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ with an analysis time of 15 minutes. The method is based on recording changes in the depth and frequency of the resonance absorption peaks on the output signal of the sensor before and after exposure of the antibiotic to microbial cells sensitive to the studied antibiotic. Control experiments were carried out to assess the effect of the antibiotic on microbial cells using an acoustic biological sensor and seeding cells on solid nutrient media after exposure to antibiotics. 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 the analysis of amoxicillin in aqueous solutions of water in a short time.

This work was partially supported by the RFBR grant No. 19-07-00300 and 19-07-00304.

Микробная сенсорная система для определения амоксициллина

Алсовэиди А.К.М.¹, Гулий О.И.², Зайцев Б.Д.³, Караваева О.А.², Хомякова А.А.¹, Шавишвили И.З.¹, Ксенофонтowa О.Ю.¹, Бородинa И.А.³

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов; ²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов; ³Институт радиотехники и электроники им В.А. Котельникова РАН, Саратовский филиал, Саратов

Аннотация. Разработан способ определения амоксициллина в водной среде с помощью акустической сенсорной системы и бактерий, чувствительных к определяемому антибиотику. Время анализа составляет 15 мин.

Ключевые слова. Акустический датчик, микробные клетки, амоксициллин, определение

Актуальность. Антибиотики применяются в медицине, ветеринарии, пищевой промышленности при консервировании, для обработки пищевых продуктов и при их транспортировке. В связи с этим актуальным является разработка методов для определения антибиотиков в воде, продуктах питания, сточных водах фармацевтических предприятий и других объектах. Цель. Развитие метода определения антибиотиков в водных растворах с помощью бесконтактного акустического датчика. Методы. В работе использовали датчик, основанный на структуре из двух пьезоэлектрических пластин ниобата лития с зазором между ними. На одной из сторон пластины были нанесены встречно-штыревые преобразователи для возбуждения и приема акустической волны с поперечно-горизонтальной поляризацией. На противоположной стороне пластины с некоторым зазором помещался жидкостный контейнер, основание которого было выполнено из пластины ниобата лития $Z-X+30^\circ$ среза толщиной 500 мкм. Зазор между дном контейнера и поверхностью пьезопластины обеспечивался с помощью полосок алюминиевой фольги толщиной 16 мкм. Скорость акустической волны, распространяющейся в такой структуре, изменяется при изменении проводимости жидкости, находящейся в контейнере. Изменение скорости волны приводит к изменению выходных параметров датчика (пики резонансного поглощения на частотной зависимости полных потерь акустической линии задержки). При помощи датчика исследовалось воздействие различных концентраций амоксициллина на микробные клетки, чувствительные к антибиотику непосредственно в жидкой фазе. Для этого датчик подключался к измерителю S-параметров E5071C («Agilent», США) в режиме измерения частотной зависимости полных потерь выходного сигнала устройства. Результаты. Исследовано влияние амоксициллина на микробные клетки с помощью исследуемого датчика. Установлено, что воздействие амоксициллина (от 4 до 50 мкг/мл) приводит к изменению глубины резонансных пиков. Разработан способ определения амоксициллина на основе бесконтактного акустического датчика при минимальной определяющей концентрации антибиотика 4 мкг/мл при времени анализа 15 мин. Способ основан на регистрации изменений глубины и частоты пиков резонансного поглощения на выходном сигнале датчика до и после воздействия антибиотика на микробные клетки, чувствительные к исследуемому антибиотику. Проведены контрольные эксперименты по оценке воздействия антибиотика на микробные клетки с помощью акустического биологического датчика и высева клеток на плотные питательные среды после воздействия на них антибиотиков. 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 анализ амоксициллина в водных растворах воды в краткие сроки.

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