

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-63

СРАВНЕНИЕ УДАЛЕНИЯ МАРГАНЦА ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА И ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА НЕМ КЛЕТОК *BACILLUS MEGATERIUM* 69.5**COMPARISON OF MANGANESE REMOVAL FROM AQUATIC ENVIRONMENTS USING QUARTZ SAND AND IMMOBILIZED *BACILLUS MEGATERIUM* 69.5 CELLS**

К. Ю. Варюхина, Е. В. Плешакова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

K. Yu. Variukhina, E. V. Pleshakova

Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky

✉ karina-karina2005@mail.ru

Аннотация

Загрязнение вод повышенными концентрациями марганца (II) является актуальной проблемой современности. Действенными считаются биологические методы деманганации природных и сточных вод. В работе произведена сравнительная оценка эффективности удаления Mn (II) из водной среды с использованием кварцевого песка и иммобилизованными на нем клетками марганцеоксилирующего микроорганизма *Bacillus megaterium* 69.5.

Abstract

Water pollution with elevated concentrations of manganese (II) is a pressing problem of our time. Biological methods of demanganization of natural and wastewaters are considered effective. The paper provides a comparative assessment of the efficiency of Mn (II) removal from the aquatic environment using quartz sand and immobilized cells of the manganese-oxidizing microorganism *Bacillus megaterium* 69.5.

Эффективным способом очистки природных и сточных вод от тяжелых металлов, в том числе марганца, является применение биофильтров — сооружений, в которых вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биопленкой из колоний микроорганизмов [1]. В качестве загрузочного материала может быть использован кварцевый песок, обладающий способностью к адсорбции ионов марганца [2]. Иммобилизация на таком носителе марганцеоксилирующих микроорганизмов может повысить качество очистки за счет биологического окисления соединений Mn (II).

Цель настоящих исследований состояла в сравнении эффективности удаления Mn (II) из водной среды с использованием кварцевого песка и иммобилизованных на нем клеток *Bacillus megaterium* 69.5. Микробный штамм *B. megaterium* 69.5 был выделен ранее из высокомагнитной почвы г. Медногорска (Оренбургская область, Россия). Последовательность 16S рПНК *B. megaterium* 69.5 зарегистрирована в GenBank NCBI под номером MK764687. Было установлено, что через 7 сут. периодического культивирования данного микроорганизма в жидкой среде с 2 ммоль/л Mn (II) вес его сырой биомассы увеличивался в 5,5 раза, содержание Mn (II) в среде культивирования снижалось на 50 % [3].

Настоящие исследования проводили в лабораторных условиях по модифицированной методике, описанной А. Piazza с соавт. [4]. На первом этапе подготавливали *B. megaterium* 69.5 для иммобилизации. 1. Получали суспензию суточной культуры микроорганизмов, отделяли клетки центрифугированием, определяли величину сырой биомассы гравиметрическим методом. 2. Осадок микробных клеток перерастворяли в LB-среде для достижения массы микроорганизмов 0,5 или 1 г/л по сырому весу, по 50 мл приготовленной суспензии помещали в 0,25-литровые колбы Эрленмейера с 80 г предварительно стерилизованного кварцевого песка (фракция 0,2–0,5 мм), инкубировали в настольном шейкере-инкубаторе PSU-10i (BioSan, Латвия) при 160 об/мин и температуре 22–24 °С в течение 5 сут. В качестве контроля использовали песок, не инокулированный микроорганизмами. Каждый вариант изучали в трех повторностях. На втором этапе удаляли культуральную среду из колб, промывали песок стерильной водой и вносили по 50 мл селективной среды с 2 ммоль/л Mn (II) [5], инкубировали в течение 7 сут. в настольном шейкере-инкубаторе. На третьем этапе определяли убыль Mn (II) в среде культивирования согласно ГОСТ 4974-2014 [6]. Исследования проводили: а) при pH 7 и исходной массе *B. megaterium* 69.5 1 г/л; б) при pH 3 и исходной массе 0,5 г/л.

В результате экспериментов было установлено, что при pH 7 убыль Mn (II) в среде с кварцевым песком составила 95,3 %. Убыль металла в среде после иммобилизации *B. megaterium* 69.5 на песке отличалась незначительно, составляя 96,2 %. При pH 3, несмотря на то что масса *B. megaterium* при иммобилизации была в 2 раза ниже, убыль Mn (II) была высокой. В среде с иммобилизованными микроорганизмами убыль составила 89,2 %, в контрольном образце с кварцевым песком без микроорганизмов была ниже — 85,8 %.

Полученные данные доказывают эффективность использования кварцевого песка в качестве фильтрующего материала для удаления марганца, в то же время иммобилизованные на кварцевом песке клетки *B. megaterium* 69.5 незначительно улучшали удаление Mn (II) из водной среды, в кислой среде эффект был более заметен. Планируются дальнейшие исследования возможных биофильтров и параметров их функционирования.

Литература

1. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учеб. пособие. Вологда: ВоГТУ, 2002. 127 с.
2. Велюго Е. С., Ермак А. А., Ющенко В. Д. Гидрохимические модели удаления железа и марганца на кварцевом песке и сорбенте АС // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. 2025. № 2. С. 23–30.
3. Касаткина М. А., Решетников М. В., Плешакова Е. В. Изучение биологических и функциональных свойств микроорганизмов с высокой устойчивостью к марганцу (II) // Изв. Саратов. ун-та. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, Вып. 3. С. 318–330.
4. Piazza A., Ciancio Casalini L., Pacini V.A. et al. Environmental bacteria involved in manganese (II) oxidation and removal from groundwater // Frontiers in Microbiology. 2019. Vol. 10. P. 119.
5. Захарова Ю. Р., Парфенова В. В. Метод культивирования микроорганизмов, окисляющих железо и марганец в донных осадках оз. Байкал // Изв. РАН. Сер. Биол. 2007. № 3. С. 290–295.
6. ГОСТ 4974-2014. Вода питьевая. Определение содержания марганца фотометрическими методами. М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.