

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 марганецокисляющего 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 марганецокисляющих 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 рРНК *B. megaterium 69.5* зарегистрирована в GenBank NCBI под номером МК764687. 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 °C 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 улучшили 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 F. Строительство. Прикладные науки. 2025. № 2. С. 23–30.
3. Касаткина М. А., Решетников М. В., Плещакова Е. В. Изучение биологических и функциональных свойств микроорганизмов с высокой устойчивостью к марганцу (II) // Изв. Сарат. 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.